

TEOLLISUUDEN YMPÄRISTÖTALOUS

Industrial Environmental Economics

IEE REPORTS
No 05/2000

KESTÄVÄN KEHITYKSEN JA INNOVAATIOITOIMINNAN INTEGRAATIO

Torsti Loikkanen
Mikko Hongisto

Espoo, joulukuu 2000

VTT Kemiantekniikka
Teollisuuden ympäristötalous

ESIPUHE

Teollisuuden ympäristötalouden tutkimusryhmän (Industrial Environmental Economics, IEE) toiminta perustuu teknologian, ekologian ja talouden välisten vuorovaikutusten monitieteelliseen tarkasteluun. Tutkimuksemme päämääränä on parantaa yhteiskunnan erilaisten toimijoiden edellytyksiä vastata globaaliin kestäväan kehityksen haasteeseen. Uskomme siihen, että geneeristen ympäristöasioiden hallintamenetelmien tutkimus ja niiden käytännön sovellutukset, yhdessä ympäristöä säästävien teknologiainnovaatioiden kanssa, lisäävät asiakkaidemme kilpailukykyä ja menestymismahdollisuuksia talous- ja ympäristöhaasteiden välisessä ristiaallokossa.

IEE REPORTS on vuonna 2000 aloitettu Teollisuuden ympäristötalouden tutkimusryhmän julkaisusarja, jossa julkaisemme tutkijoiden näkemyksiä ja aloitteita ryhmän tutkimuksen piiriin liittyvistä uusista ja merkittävistä aiheista. Julkaisut voivat käsitellä meneillään tai alkamassa olevia tutkimushankkeitamme tai muutoin relevanteiksi ja tärkeiksi arvioimiamme yksittäisiä aihepiirejä. Tarkoituksena ei ole näitä aiheita koskevien lopullisten tulosten tai näkemysten esittäminen, vaan niitä koskevan keskustelun viritäminen. Julkaisujen sisällöstä vastaavat tutkimusten tekijät.

Espoossa kesäkuussa 2000

Torsti Loikkanen


Ryhmäpäällikkö

VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka, Teollisuuden ympäristötalous.
Biologinkuja 7, PL 14031, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 7043

VTT Chemical Technology, Environmental Technology, Industrial Environmental Economics. Biologinkuja 7, P.O.Box 14031, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 7043

Tämä raportti (v 1.01) on saatavilla elektronisessa muodossa tutkimusryhmän kotisivuilta osoitteesta:
<http://www.vtt.fi/ket/ket3/iee>

VTT Kemiantekniikka, Espoo 2000

	VTT Kemianteekniikka Teollisuuden ympäristötalous Biologinkuja 7, PL 14031, 02044 VTT Puh. 09-4561 Fax 09-456 7043	Sarjan nimi ja numero IEE REPORTS 05/00	
Tekijä(t) Torsti Loikkanen ja Mikko Hongisto			
Otsikko Kestävän kehityksen ja innovaatiotoiminnan integraatio			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksen lähtökohtana on yhtäältä t&k- ja innovaatiotoiminnan ja toisaalta ympäristökysymysten yhteiskunnallisen ja taloudellisen merkityksen nopea kasvu viime vuosikymmeninä. Tutkimuksessa tarkastellaan alan kirjallisuuden perusteella innovaatiotoimintaa ja ympäristöasioiden hallintaa sekä erityisesti sitä, voidaanko näiden toimintojen tehokkaammalla yhdistämisellä sekä yrityksissä että yhteiskunnan politiikkatoimissa tehostaa ja luoda uusia edellytyksiä ympäristön tilaa ja luonnonvarojen käyttöä koskevan kehityksen kääntämiselle kestävämpään suuntaan. Innovaatio- ja ympäristötoimien vuorovaikutuksia analysoiva tutkimusalue on verrattain uusi ja työ on luonteeltaan alan kirjallisuutta kuvaava esitutkimus.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena on: (1) hahmotella lähestymistapaa, jossa teknologisten, taloudellisten ja sosiaalisten, mm. käyttäytymiseen liittyvien sekä organisatoristen ja johtamiseen liittyvien innovaatioiden avulla voitaisiin luoda perustaa ympäristön tilan ja luonnonvarojen käytön kannalta kestävämmälle kehitysuralle, (2) tarkastella niitä mahdollisuuksia, joita ympäristö- ja innovaatiotoiminnan integroiminen voisi antaa liiketoiminnan, viennin ja kilpailukyvyn edistämiseksi sekä kestävästä kehityksestä edistävien politiikkatoimien kehittämiseksi ja (3) hahmotella painopistealueita, metodologisia lähestymistapoja ja hypoteeseja aiheeseen liittyville jatkotutkimuksille.</p> <p>Johdantoluvussa kuvataan aihepiirin taustaa ja aiemman tutkimuksen näkökulmia sekä pohditaan aihepiirin tutkimusmetodologisia vaihtoehtoja. Luvussa 2 tarkastellaan kestävästä kehityksestä innovaatiotoimintaa tukevia teknologioita ja teknillistaloudellisia konsepteja, ajattelumalleja ja työkaluja. Luvussa 3 käsitellään innovaatio- ja ympäristötoimintaa sekä niiden integroimisen tilaa ja kehittämistä yritystasolla. Luvussa 4 tutkimusaihetta tarkastellaan erityisesti teknologiapolitiikan että ympäristöpolitiikan näkökulmasta unohtamatta muita politiikan lohkoja. Luku 5 sisältää maakohtaisia tarkasteluja tutkimus- ja teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan kestävästä kehityksestä mukaisesti integraatiosta. Kunkin luvun lopussa tehdään päätelmiä ympäristö- ja innovaatiotoiminnan integroimiseksi sekä yksilöidään jatkotutkimuksen kohteita. Näihin perustuen johtopäätösluvussa 6 hahmotellaan lähtökohtia, hypoteeseja sekä painopisteitä aihepiirin jatkotutkimuksille.</p> <p>Tutkimus kuuluu ympäristöklusterin tutkimusohjelmakokonaisuuteen. Hankkeen on rahoittanut kauppa- ja teollisuusministeriön teknologiaosasto, josta ylitarkastaja Mervi Salminen toimi hankkeen valvojana.</p>			
Avainsanat Kestävä kehitys, innovaatio, itsesääntely, regulaatio, ympäristöpolitiikka, tiede- ja teknologiapolitiikka			
Päiväys 21 December, 2000	Kieli Suomi	Sivuja 140	Diaarinumero
Projektin nimi ja numero		Rahoittajat KTM Teknologiaosasto	
Julkisuus Julkinen		Kontaktihenkilöt Mervi Salminen	
ISBN ISSN 1457-2494		Order number	
Espoo, 21 joulukuu, 2000 Torsti Loikkanen, Ryhmäpäällikkö Mikko Hongisto, Tutkija			

Keywords Sustainable development, research and development (R&D), innovation, self-regulation, regulation, environmental policy, science- and technology policy

Abstract

The point of departure for the present study is the increased social and economic importance of innovation activities and environmental issues in recent decades. The study explores opportunities for changing the development of the state of the environment and the use of natural resources towards a more sustainable development path by the more effective integration of innovation activities and sustainable development both on a company level as well as on a government policy level. The interactions and integration of innovation activities and sustainable development is a fairly new research topic, and consequently this study includes a survey on the existing literature.

This study has following primary objectives: (1) to outline the approach according to which innovations – technological, economic, social, behavioural, organisational or managerial – may create a basis for changing the ecological development towards a more sustainable path, (2) to consider the opportunities which the integration of innovation and sustainable development may offer for businesses, export and consequent national competitiveness, as well as for the development of needed policy instruments and (3) to consider themes, hypotheses and methodologies for further more detailed research in this research area.

Chapter 1 describes perspectives from previous studies in the field as well as methodological alternatives. Chapter 2 describes foreseeable strategic modes of thinking of sustainable development, innovative technological and techno-economic concepts and methodological tools supporting sustainable innovation activities. Chapter 3 surveys the state of the art and trends in the integration of innovation activities and sustainable development on a company level. Chapter 4 considers the research topic especially from the perspectives of both technology and environmental policies, but also from the perspectives of other government policies. Chapter 5 presents examples of national policies in the integration of innovation and sustainable development in selected industrialised countries. Chapter 6 draws conclusions from previous chapters on the integration of innovation activities and sustainable development, and presents research topics, methodological issues and hypotheses for further research.

This study is a part of the Finnish Environmental Cluster Research Program and has been funded by Technology Policy Department of the Ministry of Trade and Industry (KTM), with Senior Adviser Mervi Salminen as a supervisor of the project.

Alkusanat

Tämän tutkimuksen lähtöhypoteesiksi sopii Porterin ja van der Linden päätelmä: *se, miten tietty teollisuudenala vastaa ympäristöongelmiin, saattaa itse asiassa olla tärkein mittari sen kilpailukyvystä kokonaisuudessaan* (Porter ja van der Linde 1996). Päätelmä synnyttää kuitenkin syy-seuraussuhdetta koskevan ”muna-kana” –asetelman: myötävaikuttaako hyvä ympäristöasioiden hoito liiketaloudelliseen menestykseen vai onko menestyvä liiketoiminta edellytys yrityksen ympäristöasioiden hyvälle hoitamiselle?

Tämä työ ei pyri antamaan tähän kysymykseen lopullista vastausta - yrityskentästä löytynee esimerkkejä molemmista. Sen sijaan tarkastellaan sitä, miten yritysten ja yhteiskunnan innovaatio- ja ympäristötoimien integraatiota voitaisiin edistää niin, että tuloksena syntyisi kestävä kehityksen kannalta toivottavia ympäristöinnovaatioita.

Tarve integroida yritysten innovaatio- ja ympäristötoimintaa toisiinsa kestävä kehitystä edistävällä tavalla on tiedostettu jo kauan sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Vaikka tätä koskevia toimia on toteutettu ja aiheesta on keskusteltu monista näkökulmista, tehokkaassa integroimisessa on vielä runsaasti tehtävää. Tämä työ argumentoi aihepiiriä koskevan tutkimuksen laajentamisen puolesta. Esimerkiksi ilmastokysymykseen vastaaminen edellyttää uusien lähestymistapojen kehittämistä ja käyttöönottoa. On kysyttävä missä määrin innovaatiotoiminnan tehostamisen kautta löytyy vastauksia Kioton sopimuksen haasteeseen ja onko samalla löydettävissä keinoja kotimaisen teollisuuden viennin ja kilpailukyvyn kehittämiseksi?

Empiirinen tutkimus antaa jatkossa tukevimmän pohjan edetä. Tietoa tarvitaan niistä kokemuksista, joita ympäristöinnovaatioiden kehittämisestä ja käyttöönotosta yritystasolla on saatu, sekä siitä, miten yhteiskunnan ohjaus on vaikuttanut. Yritystasoinen tutkimus luo perustaa myös yhteiskunnan toimien kehittämiseksi niin teknologia- ja ympäristöpolitiikassa kuin muillakin hallinnonaloilla.

Tässä työssä on kartoitettu aiheesta tehtyä aiempaa tutkimusta sekä hahmotellaan aihepiirejä, kysymyksiä sekä hypoteeseja jatkotutkimukselle. Empiirisen tutkimuksen myötä saatetaan löytää vastauksia myös yllä olevaan Porterin ja van der Linden ”muna-kana” –ongelmaan.

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO.....	9
1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	9
1.2 NÄKÖKULMIA AIHEPIIRIN TUTKIMUKSEEN JA EDISTÄMISEEN	15
1.2.1 Kansainvälinen kehitys.....	15
1.2.2 Kotimainen kehitys	17
1.3 INNOVAATION JA INNOVAATIOPROSESSIN KÄSITTEET	19
1.4 YMPÄRISTÖONGELMIEN RATKAISEMISEN ERITYISPIIRTEET.....	23
1.5 TUTKIMUSMETODOLOGISIA KYSYMYKSIÄ JA VALINTOJA.....	25
2. KESTÄVÄN KEHITYKSEN TOTEUTTAMISTA TUKEVIA KONSEPTEJA.....	27
2.1 JOHDANTO	27
2.2 INNOVATIIVISIA NÄKÖKULMIA JA KONSEPTEJA.....	27
2.2.1 Tuoteajattelusta palveluajatteluun	27
2.2.2 Teollinen ekologia	30
2.2.3 Materiaalivirtojen hallinta ja dematerialisaatio	32
2.2.4 Tieto- ja kommunikaatioteknologia ja kestävä tietoyhteiskunta	33
2.2.5 Ympäristömyötäinen suunnittelu	35
2.2.6 Ennakoimattomat sivuvaikutukset ja lukkiutuminen.....	35
2.3 YMPÄRISTÖKYSYMYKSET JA TEKNOLOGIAN ENNAKOINTI	36
2.4 KESTÄVIÄ RATKAISUJA TUKEVAT MENETELMÄT JA TIETOPERUSTA.....	36
2.5 YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUS	38
3. INNOVAATIO- JA YMPÄRISTÖTOIMINNAN INTEGROINTI YRITYSTASOLLA	39
3.1 JOHDANTO	39
3.2 YRITYKSEN YMPÄRISTÖNSUOJELUTOIMET JA INNOVOINTI.....	42
3.2.1 Johdanto	42
3.2.2 Kestävä kehitys ja yrityksen toimintaympäristö.....	44
3.2.3 Ympäristöasiat, innovaatiot ja yritysten kilpailukyky.....	46
3.2.4 Ympäristönhallinta, laadunhallinta ja elinkaariajattelu	48
3.3 YRITYKSEN INNOVAATIOITOIMINTA JA KESTÄVÄ KEHITYS	50
3.3.1 Johdanto	50
3.3.2 Yrityksen ympäristöinnovaatioverkoston kehittäminen	52
3.4 MAHDOLLISIA TUTKIMUSKOhteITA JA –TASOJA.....	56
4. INNOVAATIO- JA YMPÄRISTÖTOIMIEN INTEGROINTI POLITIIKKATASOLLA.....	59
4.1 JOHDANTO	59
4.2 TEKNOLOGIAPOLITIIKKA JA KESTÄVÄ KEHITYS	59
4.2.1 Johdanto	59

4.2.2	<i>Kestävän kehityksen integrointi teknologiapolitiikassa</i>	61
4.2.3	<i>Kestävä kehitys Suomen teknologiapolitiikassa</i>	62
4.2.3.1	Ympäristöliiketoiminta ja ekovientitoimikunnan työ	63
4.2.3.2	Ympäristöteknologia Tekesin ja VTT:n toiminnassa	65
4.2.3.3	Suomi EU:n ympäristötutkimuksessa.....	65
4.2.3.4	Kestävä kehitys Suomen teknologiapolitiikassa - arviointeja.....	66
4.2.4	<i>Päätelmiä ja tutkimuskohteita</i>	68
4.2.4.1	Innovaatiopolitiikan ja kestävän kehityksen strategia.....	68
4.2.4.2	Innovaatioiden ja kestävän kehityksen vuorovaikutus.....	69
4.2.4.3	Hallinnolliset ja organisatoriset yhteydet.....	69
4.2.4.4	Teknologioiden ja teknillisten innovaatioiden tutkimus	69
4.2.4.5	Teknologian siirto ja leviäminen	70
4.2.4.6	Ohjauksen vaikutus innovointiin	70
4.2.4.7	Tietopohja ja indikaattorit	70
4.2.5	<i>Yhteenvedo</i>	71
4.3	YMPÄRISTÖPOLITIikka JA INNOVAATIOTOIMINTA	71
4.3.1	<i>Johdanto</i>	71
4.3.2	<i>Ympäristöintervention taloudellinen tausta</i>	71
4.3.3	<i>Ympäristöpolitiikan instrumenttien innovaatiovaikutuksia</i>	73
4.3.3.1	Tuotestandardit.....	77
4.3.3.2	Hyväksyntä ennen markkinoille pääsyä.....	78
4.3.3.3	Tuotekiellot	79
4.3.3.4	Suorituskykystandardit.....	80
4.3.3.5	Teknologiaspesifikaatiot.....	81
4.3.3.6	Laitosluvat.....	81
4.3.3.7	Päästömaksut.....	82
4.3.3.8	Päästökauppa.....	83
4.3.3.9	Tuottajavastuu	83
4.3.3.10	Avoin tiedottaminen ohjauskeinona.....	84
4.3.3.11	Vapaaehtoiset sopimukset	85
4.3.4	<i>Innovaatiotoiminta Suomen ympäristöpolitiikassa</i>	86
4.4	YMPÄRISTÖINNOVAATIOIDEN EDISTÄMINEN MUILLA POLITIIKKALOHKOILLA	87
4.5	MAHDOLLISIA TUTKIMUSKOhteITA JA –TASOJA	89
5.	INNOVAATIO- JA YMPÄRISTÖPOLITIikan INTEGROINTI ERI MAISSA	92
5.1	JOHDANTO	92
5.2	KESTÄVÄ KEHITYS JA INNOVAATIOTOIMINTA: YHDYSVALLAT	93
5.3	ALANKOMAIDEN KESTÄVÄN KEHITYKSEN TEKNOLOGIASTRATEGIA	102
5.4	KESTÄVÄ KEHITYS JA INNOVAATIOTOIMINTA: JAPANI	108
5.5	KESTÄVÄ KEHITYS JA INNOVAATIOTOIMINTA: RUOTSI	109
5.6	PÄÄTELMÄ ERI MAIDEN KOKEMUKSISTA	110

6.	EHDOTUKSIA JA HYPOTEESEJA JATKOTUTKIMUKSILLE.....	113
6.1	JOHDANTO	113
6.2	INNOVAATIOIDEN JA INNOVATIIVISTEN KONSEPTIEN TUTKIMUS	115
6.2.1	<i>Innovaatioprosessit ja innovaatioiden luonne</i>	115
6.2.2	<i>Innovatiivisten konseptien tutkimus</i>	116
6.3	TUTKIMUKSEN PAINOPISTEET JA HYPOTEEESIT YRITYSTASOLLA	118
6.3.1	<i>Innovaatiot ja ympäristöasiat yritysten liiketoimintastrategiassa</i>	118
6.3.2	<i>Johtaminen, organisaatio, ohjaussignaalit ja oppiminen</i>	119
6.3.3	<i>Rahoitus</i>	120
6.4	TUTKIMUKSEN PAINOPISTEET JA HYPOTEEESIT POLITIIKAN TASOLLA	121
6.4.1	<i>Strategia ja poliittiset tavoitteet</i>	121
6.4.2	<i>Politiikkainstrumentit</i>	122
7.	LOPPULAUSE.....	123
	LÄHDELUETTELO.....	124
	MUUTA HYÖDYLLISTÄ KIRJALLISUUTTA	135

1. Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tämän tutkimuksen lähtökohtana on taloudellisen hyvinvoinnin, teknologian ja ympäristön välinen suhde. Ihminen ottaa käyttöön ja kehittää teknologiaa hyvinvointinsa parantamiseksi. Hyvinvoinnin lisäämisen ohella teknologian käytöstä on aiheutunut myös kielteisiä yhteiskunnallisia ja ympäristöön liittyviä sivuvaikutuksia. Osa näistä vaikutuksista kohdistuu tuleviin sukupolviin tai kaukaisiin kohteisiin. Teknologisen ja taloudellisen kehityksen kääntäminen ympäristön kannalta kestävämmälle polulle näyttää säilyvän keskeisenä yhteiskunnallisena haasteena, vaikka merkittäviä tuloksia elinympäristön laadun parantamisessa onkin saavutettu.

Tutkimuksessa tarkastellaan kirjallisuuden perusteella innovaatiotoimintaa ja ympäristöasioiden hallintaa. Työssä tarkastellaan erityisesti sitä, voidaanko näiden toimintojen tehokkaammalla yhdistämisellä sekä yrityksissä että yhteiskunnan politiikkatoimissa parantaa ja luoda kokonaan uusia edellytyksiä kehityksen kääntämiselle kestävämpään suuntaan. Tämän työn keskeinen lähtökohta on innovaatiotoiminnan ja ympäristökysymysten yhteiskunnallisen merkityksen nopea kasvu viime vuosikymmeninä.

Innovaatiotoiminnoista (*innovation activities*) on tullut yhä merkittävämpi tekijä yritysten menestykselle ja kilpailukyvyille. Erityisesti tämä koskee niitä toimialoja, joiden markkinat on avattu kilpailulle. Suomessa muutokset ovat olleet nopeita tietoliikenteessä ja energian tuotannossa. Teknologia- ja innovaatiokysymykset ovat yhä tärkeämpiä myös yhteiskunnallisesti, ja niiden roolista keskustellaan Suomessakin jo lähes kaikilla yhteiskunnan aloilla. Innovaation käsitettä käytetäänkin nykyisin varsin laajana, jolloin sillä tarkoitetaan teknillisten innovaatioiden ohella esimerkiksi organisatorisia ja institutionaalisia innovatiivisia muutoksia tai myös käyttäytymisen muutoksiin liittyviä yhteiskunnallisia innovatiivisia muutoksia (*social innovations*).

Vaikka teknologia nähdään usein ympäristöongelmien aiheuttajana, se tarjoaa samanaikaisesti mahdollisuuksia niiden vähentämiseksi. Suomessa tästä on saatu hyviä kokemuksia mm. vesien- ja ilmansuojelussa. Ratkaisumallit voivat kuitenkin löytyä joskus varsin kaukaa. Esimerkiksi informaatio- ja kommunikaatioteknologian (*ICT, Information and Communication Technologies*) kehitys voi auttaa korvaamaan aineellista aineettomalla. Toisin sanoen luonnonvarojen käyttöön perustuvien aineellisten tuotteiden kulutuksen avulla tapahtuvaa tarpeiden tyydyttämistä voidaan osittain korvata aineettoa tietoon perustuvilla palveluilla. Tällainen ajattelumalli saattaa käytännön liiketoimintakonsepteiksi muuttuessaan mahdollistaa sen, että tarpeitamme voidaan tulevaisuudessa yhä useammin tyydyttää vähäisemmällä luonnonvarojen käytöllä ja ympäristövaikutuksilla.

Myönteisistä ympäristösaavutuksista huolimatta monia ympäristöongelmia ei ole kyetty ratkaisemaan. Esiin on noussut vakavia globaaleja ja paikallisia ympäristöhaasteita. Ajankohtaisia esimerkkejä näistä ovat kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama ilmastonmuutosriski, vesistöjen rehevöityminen ja saastuneet maa-alueet. Tämän tyyppisten vaikeiden ongelmakokonaisuuksien hallitseminen edellyttää uusien yhteiskunnallisten toimintamallien ja yhteistoimintamuotojen jatkuvaa kehittämistä.

Vaikka tietomme erilaisten ympäristöongelmien luonteesta ja syntyisistä ovat tutkimuksen myötä lisääntyneet, aiheuttavat maailmanlaajuiset markkinat ympäristövaikutusten hallinnalle mittavan haasteen. Omistusoikeudelliset ja vaihdettavissa olevat yksityiset hyödykkeet (*private goods*) ja niiden tuotantoon liittyvät julkiset haitat ("*non-tradable public bads*") eivät arvotu markkinoilla yhtäläisin periaattein. Tästä seuraa, ettei haittojen arvoa oteta välttämättä huomioon taloudellisiin kriteereihin perustuvissa päätöksentekoprosesseissa. Näin tapahtuu siitä huolimatta, että nämä hintamekanismin kannalta ulkoiset vaikutukset (*externalities*) vaikuttavat sekä ihmisten että luonnon hyvinvointiin, jossa tapahtuvien muutosten arvoa on erittäin vaikeaa tai mahdotonta mitata rahamääräisenä. Tätä ongelmakenttää, jossa markkinoiden epäonnistuminen (*market failure*) on ilmeistä, pyritään hallitsemaan yhteiskunnallisilla politiikkatoimin (*policy interventions*).

Yritysten liiketoimintaketjut kattava ja niitä yhdistävä sekä valtioiden rajat ylittävä elinkaariajattelu on omaksuttu yhä laajemmin yhdeksi modernin ympäristöhallinnan tärkeimmistä lähtökohdista. Se tukee ympäristöresurssien käyttöä koskevan ennaltaehkäisevän strategian muodostamista, jossa tuottamista ja kuluttamista koskevat ympäristövastuut ulottuvat elinkaaren kattavasti tuotteiden raaka-aine- ja energiapanosten hankinnasta valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistoon asti. Elinkaariajatteluun perustuva liiketoimintaketjujen toimijat yhdistävä ympäristövastuu (*shared product stewardship*) ymmärretään välttämättömäksi lähtökohdaksi luonnonvarojen käytön ja ympäristönsuojelutoimien kehittämisessä. Elinkaariajattelu parantaa mahdollisuuksia seurata, viestiä ja hallita tuotanto- ja palveluketjujen ympäristölaatua. Tämä ajattelutapa yhdistettynä informaatioteknologian kehityksen myötä parantuneisiin tiedonsaantimahdollisuuksiin (*information access*) voi edesauttaa hajautettuja päätöksentekoprosesseja tukevan tietoperustan luomista, jota ilman kestävä kehitys ei voine toteutua. Valinnan vapauten liittyy yhä konkreettisemmin vastuu myös seurauksista

Edellä kuvatun teknis-tiedollisen suuntauksen lisäksi on nähtävissä orastavia merkkejä sellaisesta kehityksestä, että yritysten erilaisten sidosryhmien - kuluttajien, kotitalouksien, yritysten omistajatahojen jne. - piirissä olisi tapahtumassa asennemuutoksia, jotka saattavat yhdessä tiedon lisääntymisen kanssa vaikuttaa tulevaisuudessa merkittävästikin tuotannon ja kulutuksen "vihertymiseen" markkinavetoisesti. Tällainen kehitystrendi voisi yhteiskunnan muun ympäristöohjauksen tukemana avata kokonaan uusia mah-

dollisuuksia ympäristöongelmien hallinnalle. Tämän kehityksen kannalta avainasemassa ovat erilaiset keinot viestiä asiakkaille tuotteiden ympäristölaadusta (elinkaariarvioinnit, ympäristömerkit- ja selosteet, ks. mm. Mälkki ym. 1999).

Merkittävä osa hyvinvointiin vaikuttavan teknologian kehittämisestä ja käytöstä tapahtuu yritystoiminnan piirissä. Yrityksille teknologian jatkuvalla kehittämisellä ja siihen liittyvillä innovaatioilla on keskeinen merkitys sekä tuottavuuden että kilpailukyvyn kasvattamisessa. Innovaatiotoimien keskeisenä tavoitteena on teknillis-taloudellisen kilpailukyvyn parantaminen. Kun sekä yritysten tuotantotoimintaan että markkinoille tuotettujen tuotteiden kuluttamiseen liittyy ympäristövaikutuksia, voidaan innovaatiotoiminnan ja ympäristöasioiden integraation edistämällä myötävaikuttaa haitallisten ulkoisvaikutusten vähentymiseen. Näin ollen on tarpeen selvittää yritysten toimintaperiaatteita ja käytäntöjä näissä kysymyksissä sekä etsiä mahdollisia kehittämiskohteita. Yritysten toiminnan tuntemus on olennaista myös vuorovaikutteisuuden tähtääviä politiikkatoimia kehitettäessä.

Yhteiskunnan toimien näkökulmasta tämän tutkimuksen aihepiiri koskettaa erityisesti teknologiapolitiikkaa ja ympäristöpolitiikka – ne ovat tämän työn aihepiirin kannalta keskeisimmät politiikkalohkot. Kansalaisten hyvinvointiin myötävaikuttaminen ympäristöhaittojen vähentämisen kautta on kuitenkin myös muiden yhteiskuntapolitiikan lohkojen tehtävänä ja myös niillä voidaan edistää innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen integraatiota.

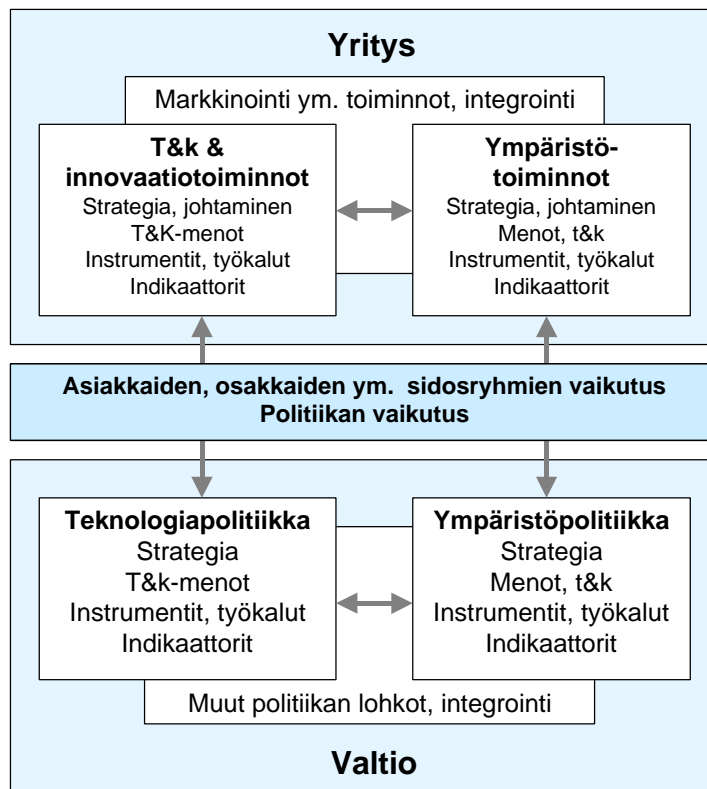
Teknologiapolitiikan toimilla voidaan vaikuttaa hyvinvoinnin edistämiseen sekä taloudellisesti että laadullisesti. Politiikkatoimet myötävaikuttavat yritysten innovaatiotoimintaan, joka puolestaan voi edistää niiden kansainvälistä kilpailukykyä ja sen kautta luoda edellytyksiä taloudellisen hyvinvoinnin parantamiselle. Toisaalta uuden tekniikan kehittämisen ja soveltamisen avulla voidaan parantaa myös laadullista hyvinvointia. Tiede- ja teknologiapolitiikassa tehtävät tutkimusaloihin ja -aiheisiin liittyvät valinnat ja priorisoinnit ohjaavat tutkimustyötä ja vaikuttavat myöhemmin sen avulla saavutetun hyvinvoinnin laatuun. Näin tapahtuu, jos tutkimuksen tuloksia onnistutaan siirtämään tuotantoon, kulutukseen, palveluihin, kotitalouksiin, tai vaikkapa terveydenhuoltoon. Ympäristöpolitiikan tehtävänä on puolestaan nykyisten ja tulevien sukupolvien hyvinvoinnin edistäminen ympäristön tilan parantamisen, lajien elinympäristöjen säilyttämisen ja luonnonvarojen käytön tehostamisen avulla. Tähän pyritään kestävä kehityksen periaatteita noudattaen.

Sekä teknologiaa ja innovaatiotoimia että ympäristön ja luonnonvarojen tilaa ja muuttamista koskevia päätöksiä tehdään useiden politiikkalohkojen piirissä. Näin ollen teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan integroiminen ei välttämättä riitä kestävämmälle kehitysuralle pääsemiseksi. Keskeisiä linjauksia tehdään talous- ja veropolitiikas-

sa, energiapolitiikassa, liikennepolitiikassa, teollisuus- ja elinkeinopolitiikassa, maa- ja metsätalouspolitiikassa sekä mm. sosiaalipolitiikassa ja ulkopolitiikassakin. Siten innovaatiolähtöisessä tarkastelussa ja kehittämisessä on tarkoituksenmukaisesti otettava huomioon myös muilla politiikanlohkoilla tapahtuva kehitys, muutostarpeet ja kehittämismahdollisuudet.

Politiikkanäkökulmasta on olennaista tarkastella myös yhteiskunnan säätelyyn ja markkinoiden ohjaukseen liittyviä institutionaalisia muutoksia. Esimerkki tällaisesta muutoksesta oli energiamarkkinoiden avaaminen kaikille asiakasryhmille vuonna 1997. Tällaiset radikaalit toimintaympäristön muutokset saattavat sekä muodostaa uusia reunaehtoja että avata mahdollisuuksia niin politiikoiden kuin yritystenkin toimintamahdollisuuksille kestävän kehityksen edistämiseksi.

Seuraavassa kuvassa on esitetty tämän tutkimuksen tarkastelukehys, sen keskeiset elementit sekä niiden vuorovaikutussuhteita.



Kuva 1. Tutkimuksen tarkastelukehys t&k- ja innovaatiotoimintojen sekä ympäristötoimintojen integroimiseksi sekä yritysten että hallinnon tasoilla että niiden vuorovaikutuksessa.

Tämän tutkimuksen keskeiset kohteet, yhtäältä teknologinen muutos ja innovaatiotoiminta vaikutuksineen, sekä toisaalta ympäristöön ja luonnonvarojen käyttöön liittyvät kysymykset, ovat luonteeltaan globaaleja ja liittyvät sekä teollistuneiden että teollisesti kehittyvien maiden kehitykseen. Globaalinen kestävä kehitys riippuu tulevaisuudessa yhä enemmän teollisesti kehittyneiden maiden lisäksi kehittyvien maiden taloudellisesta sekä teollisesta kehityksestä. Suuntatuvatko kehittyvät maat samantyyppisiin talouden ja teollisuuden kehitysmalleihin luonnonvarojen käytön ja ympäristöön liittyvien seikkojen osalta kuin teollisuusmaat aiemmin, vai onko mahdollista luoda ja toteuttaa sellaisia vaihtoehtoisia kehitys- ja teollistumismalleja, joissa ympäristön kannalta haitallisia vaihteita olisi mahdollista vähentää tai sivuuttaa? Taloudellisilla ja teknologisilla ratkaisuilla sekä tiedon, innovaatioiden ja teknologioiden kehittämällä ja siirtämällä on näissä kysymyksissä keskeinen asema.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan vuorovaikutuksen tehostamista. Erityisesti tarkastellaan sitä, voisiko näiden politiikkalohkojen ja niiden politiikkainstrumenttien yhä tehokkaampi integroiminen antaa mahdollisuuksia kestävämmälle teknistaloudelliselle kehitysuralle pääsemiseksi. Lisäksi tarkastellaan niitä mahdollisuuksia, mitä teknologia- ja ympäristöpolitiikan integraation parantaminen ja eri tahojen välisen yhteistyön tehostaminen voisivat tarjota ympäristömyötäiseen teknologiaan perustuvan liiketoiminnan ja kilpailukyvyn kehittämiseksi.

Tämän tutkimuksen yleisenä tavoitteena on selvittää alan kirjallisuuden perusteella innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen vuorovaikutuksia sekä erityisesti niiden integroimisen tilaa, tarpeita, esteitä sekä mahdollisuuksia erityisesti yritystoiminnan piirissä, mutta myös yhteiskunnan eri politiikanlohkojen tasolla, erityisesti teknologia- ja ympäristöpolitiikan välillä. Tällä tutkimuksella on seuraavat tavoitteet:

- ◆ hahmotella lähestymistapaa, jossa teknologisten, taloudellisten ja sosiaalisten, mm. käyttäytymiseen liittyvien sekä organisatoristen ja johtamiseen liittyvien innovaatioiden avulla voitaisiin luoda monipuolisesti perustaa ympäristön tilan ja luonnonvarojen käytön kannalta kestävämmälle kehitysuralle tulevaisuudessa
- ◆ tarkastella innovaatiotoimintaan ja kestävä kehitykseen liittyvien tutkimusten perusteella niitä tarpeita, mahdollisuuksia ja näkökulmia, mitä aihepiiri tarjoaa alan liiketoiminnan, viennin ja kilpailukyvyn kehittämiseksi, sekä tarvittavien politiikka-toimien kehittämiseksi
- ◆ hahmotella sekä metodologisia lähtökohtia että keskeisiä sisällöllisiä hypoteeseja ja painopisteitä aiheeseen liittyville tapaustutkimuksille.

Sekä kansainvälisesti että kotimaassa on tuotu esille tarve analysoida sitä, miten taloudellista kasvua voidaan edistää innovaatioiden avulla vähentäen samalla teollisen toiminnan ja kulutuksen ympäristökuormitusta. Onko innovaatiotoiminnan edesauttaminen juuri se keino, jolla tätä taloudellisen vaihdannan ja syntyvien ympäristöhaittojen irtikytkentää (*de-coupling*) voitaisiin tehokkaimmin edistää? Samoin kaivataan tietoa ympäristötekniikan merkityksestä yritysten kilpailukykyyn vaikuttavana tekijänä. Näistä lähtökohdista olisi tärkeää selvittää ympäristöön vaikuttavaa yritysten innovaatiotoimintaa ja yhteiskunnan sääntelytoimien vaikutuksia innovatiivisuuteen. Lisäksi tulisi pyrkiä ymmärtämään ympäristöpolitiikan instrumenttien ja innovaatioihin johtavien käyttäytymismallien välisiä vuorovaikutuksia. Innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen vuorovaikutuksia analysoiva tutkimusalue on uusi ja tämä työ on luonteeltaan alan kirjallisuutta kuvaava esiselvitys.

Tutkimuksen rakenne on seuraava. Johdantoluvussa 1 kuvataan aihepiirin taustaa, aiemman aiheita koskevan tutkimuksen näkökulmia sekä pohditaan aihepiirin tutkimusmetodologiaan liittyviä kysymyksiä, vaihtoehtoja ja valintoja. Luvussa 2 kuvaillaan nähtävissä olevia kestävä kehityksen innovaatiotoiminnan strategisia ajattelumalleja, innovatiivisia teknologisia ja teknillistaloudellisia konsepteja, sekä metodologisia kestävä kehityksen innovaatiotoimintaa tukevia työkaluja. Luvussa 3 käsitellään innovaatiotoimintaa ja kestävään kehitykseen liittyviä toimia sekä niiden integroimisen tilaa ja kehittämistä yritystasolla. Luvussa 4 tutkimusaihetta tarkastellaan ensin teknologiapolitiikan ja sitten ympäristöpolitiikan näkökulmasta. Ensin käsitellään sitä, miten kestävä kehityksen edistäminen on otettu huomioon teknologiapolitiikassa ja innovaatiojärjestelmässä. Sen jälkeen tarkastellaan sitä, miten innovaatiotoiminnan edistäminen on otettu huomioon ympäristöpolitiikassa ja miten ympäristöohjauksella voidaan myötävaikuttaa innovaatioiden syntymiseen. Luvussa tarkastellaan lisäksi lyhyesti myös sitä, miten innovaatio- ja ympäristöasioiden integroiminen on otettu huomioon muilla politiikan lohkoilla. Luku 5 sisältää maakohtaisia tarkasteluja tutkimus- ja teknologiapolitiikan ja kestävä kehityksen integraatiosta.

Kunkin luvun lopussa tuodaan esille niiden sisällöstä nousevia johtopäätöksiä kestävä kehityksen ja innovaatiotoiminnan integroimiseksi sekä mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita ja –tasoja. Näihin perustuen johtopäätösluvussa 6 hahmotellaan metodologisia lähtökohtia, keskeisiä sisällöllisiä hypoteeseja sekä painopisteitä aiheeseen liittyville jatkotutkimuksille.

1.2 Näkökulmia aihepiirin tutkimukseen ja sen edistämiseen

Innovaatiotoiminnan ja kestävän kehityksen integroitu tutkimus on yhtäältä verrattain uusi tutkimusalue, mutta toisaalta eräistä näkökulmista aihepiiriä on tutkittu jo useiden vuosikymmenien ajan sekä kansainvälisesti että kotimaassa. Sekä innovaatiotoimintaa, että kestävästä kehitystä koskevaa kirjallisuutta on julkaistu erittäin runsaasti.

1.2.1 Kansainvälinen kehitys

Ympäristöasioiden sekä teknologian kehityksen ja innovaatiotoiminnan integroidun tarkastelun etappeja on nähtävissä ainakin jo 1970-luvun alkupuolelta alkaen. Ympäristöasioihin kansainvälisen heräämisen alkutapahtumana pidetään Tukholman ympäristökonferenssia vuonna 1972. Pian sen jälkeen tapahtunut ns. ensimmäinen öljykriisi herätti teollistuneissa maissa laajan keskustelun erityisesti energiansäästön ja sitä edistävän teknologian kehittämiseksi. Vuonna 1975 YK:n alaisen Euroopan Talouskomission (ECE) puitteissa pidettiin ensimmäinen kansainvälinen ns. säästävän ja vähän pilaavan teknologian (*Low and Non-Waste Technology*) konferenssi Tashkentissa. Säästävän teknologia määriteltiin ”tiedon, menetelmien ja keinojen soveltamiseksi käytäntöön siten, että ihmisen tarpeiden puitteissa käytetään luonnonvaroja ja energiaa sekä suojellaan ympäristöä mahdollisimman rationaalisesti” (ks. esim. KTM 1980). Säästävän teknologian työssä korostettiin ja pyrittiin kehittämään erityisesti ennaltaehkäisevän ympäristönsuojelun konseptia.

1980-luvun alkupuolelta alkaen innovaatiotoiminnan ja kestävän kehityksen integroitu tarkastelutapa nousi esille Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n työssä, erityisesti sen ympäristöosaston ympäristötalouden asiantuntijaryhmässä. Tätä näkökulmaa korostettiin yhtenä painopisteenä sekä vuoden 1984 Ympäristö- ja talous -konferenssissa että sen työhön perustuneessa OECD:n ympäristöministerikokouksessa seuraavana vuonna. Tuolloin painotettiin vahvasti myös ympäristökysymysten integroimisen tarvetta kaikkeen taloudelliseen toimintaan mukaan lukien teknologian kehitys ja innovaatiotoiminta.

OECD:n aiheita käsitelleen konferenssin jälkeen toteutettiin OECD:n koordinoimana säästävän teknologian ja innovaatiotoiminnan tilaa ja edistämistoimia koskevia tapaus-tutkimuksia mm. Saksassa, Suomessa, Japanissa ja Alankomaissa. Suomessa toteutetussa tutkimuksessa selvitettiin niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat suomalaisten teollisuusyritysten tekemiin säästävän ja vähän pilaavan teknologian investointipäätöksiin (YM 1986).

Yhdysvalloissa teknologisen kehityksen ja ympäristökysymysten aihepiiri oli vahvasti esillä jo 1970-luvulta alkaen, mutta hieman erilaisesta näkökulmasta. Taloudelliseen kasvunopeuteen ja ns. tuottavuusparadoksiin liittyen tarkastelun näkökulmana tai nimenomaan huolenaiheena Yhdysvalloissa oli 1970-luvulta alkaen, muun regulaation ohella, ympäristöregulaation kielteinen vaikutus tuottavuuden kasvunopeuteen (ks. esim. Christainsenin ja Havemanin, sekä Denisonin tutkimukset). Tämän keskustelun kontekstina oli havainto ns. tuottavuusparadoksista: vastoin odotettua kasvua tuottavuuden kasvu hidastui tilastollisesti niin USA:ssa kuin muissakin teollisesti kehittyneissä maissa. Näin tapahtui huolimatta mm. tietotekniikan ja muun uuden tekniikan kasva-
neesta käyttöönotosta (ks. esim. Nelson 1981).

1980-luvun kuluessa, erityisesti Japanin nopean talouskehityksen takia, länsimaissa alettiin kasvavasti tiedostaa ja tutkia teknologian ja innovaatiotoiminnan merkitystä yritysten taloudelliselle menestymiselle ja kansainväliselle kilpailukyvyille. Tätä lähestymistapaa kehittivät mm. Freeman, Dosi ja Nelson ns. kansallisen innovaatiojärjestelmän kontekstissa, joka sittemmin on vakiintunut Suomen ja useiden muiden maiden teknologiapoliittiseen sanastoon. Samansuuntaisia painotuksia teknologian ja innovaatiotoiminnan merkityksestä oli myös yhdysvaltalaisella Michael Porterilla hänen kansainvälistä kilpailukykyä koskevissa tutkimuksissaan. Porterin ”timantteihin” ja teollisiin klustereihin perustuvaa tutkimustapaa on sovellettu sittemmin useissa muissa maissa, mm. Alankomaissa ja Suomessa (esim. Rouvinen 1994, Hernesniemi ym. 1995, Hernesniemi ja Viitamo 1999).

Viimeaikaisessa innovaatiojärjestelmätutkimuksessa on kasvavasti ollut mukana ympäristöön liittyviä erityyppisiä yritystason tapaustutkimuksia (ks. esim. Leone ja Hemmelskamp 1998). Myös yritysten ympäristöjohtamiseen ja –hallintaan liittyvässä ”management”-kirjallisuudessa on esitelty kasvavasti t&k- ja innovaatiotoimintaan liittyviä tutkimuksia (ks. esim. Foster and Green 1999; Welford and Starkey Eds 1996, Part III). Vähitellen kestävä kehitys ja innovaatiotoiminnan aihepiirin ympärille on muodostumassa oma kansainvälinen tutkijaverkostonsa.

OECD on ollut aktiivinen innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen integroimiseen liittyvässä tutkimustoiminnassa myös aivan viime aikoina. Kesäkuussa 2000 OECD:n innovaatioiden ja teknologiapolitiikan työryhmä järjesti aiheesta koskevan seminaarin ”Workshop on Innovation and the Environment” (19.6.2000). Tilaisuuden tarkoituksena oli selvittää ympäristöpolitiikan roolia ympäristöinnovaatioiden edistämässä sekä innovaatiopolitiikan roolia ekotehokkuuden kehittämässä päämääränä kestävä taloudellinen kasvu ja kehitys. OECD:n tilaisuuden lähtökohdaksi otettiin ympäristötaloudellinen argumentointi. Sen mukaisesti markkina- että systeemiperusteisten häiriöiden (*market and systemic failures*) takia yksityiset investoinnit ympäristöön liittyvään t&k-toimintaan eivät ympäristön tilan heikkenemiseen nähden ole optimaalisia, jolloin kuulu

innovaatioiden leviämisestä syntyvien positiivisten ulkoisvaikutusten sekä talouskasvusta aiheutuvien negatiivisten ulkoisvaikutusten välillä syvenee entisestään. Yhteiskunnan politiikkatoimilla on OECD:n mukaan avainrooli näiden markkina- ja systeemi-perusteisten häiriöiden korjaamiseksi, ja syntymässä oleva osaamiseen perustuva talous antaa uusia innovatiivisia mahdollisuuksia kestäväen kehityksen edistämiseksi (OECD 2000, 2)¹. Seminaari oli osa OECD:n horisontaalista kestäväen kehityksen ohjelmaa ja sen tuloksia käytetään hyväksi tämän ohjelman loppuraportin laatimisessa.

1.2.2 Kotimainen kehitys

Suomalaiset asiantuntijat ovat osallistuneet aktiivisesti edellä mainittuihin teknologiaa ja ympäristökysymyksiä koskevaan kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön Euroopan Unionin ohella mm. YK:n alaisen Euroopan Talouskomission (ECE) hankkeissa, YK:n ympäristöohjelman (UNEP) työssä sekä OECD:ssa. Teknologian ja ympäristökysymysten yhteys oli yhtenä seikkana esillä myös teknologiapoliittisen toimikunnan työssä vuosina 1983-84, joka teki suosituksia alan edistämiseksi. Toimikunnan ehdotuksen mukaan ”vain tuomalla ympäristönsuojelu läpäisevästi teknologian kehittämisen tavoitteeksi päästään parhaisiin tuloksiin, joissa ympäristönsuojelu on osa tuotantoa tai tuotetta eikä jälkeempään toteutettu korjaava toimi” (VN 1984). Aihetta koskevia linjauksia tehtiin myös 1.7.1983 toimintansa aloittaneen Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) osalta (mm. linjavalinta siitä, että ympäristökysymykset ovat integroidusti mukana Tekesin kaikessa teknologian edistämisessä). Samoin asia on ollut esillä vuonna 1996 perustetun Tiede- ja teknologianeuvoston ohjelmissa.

Suomessa sekä teknologiapoliittisen toimikunnan että kansainvälisten järjestöjen OECD:n, ECE:n sekä UNEP:n työn siivittämänä tutkittiin ja kehiteltiin konsepteja, joissa ympäristön, teknologian ja talouden kehitys pyritään ohjaamaan yhä kestävämpään toisiaan tukevaan suuntaan. Ympäristötekniikan vienti ja sen edistäminen nähtiin tässä kehityksessä yhtenä olennaisena komponenttina. Lähtöoletuksena oli, että ympäristövaatimusten tiukentuessa useimmissa maissa ja vähitellen globaalistikin, alan kansainvälinen kauppa laajennee ja siten vientimahdollisuudet myös vähitellen voivat parantua. Oletus perustui eri maissa tehtyihin tutkimuksiin ympäristömarkkinoiden nykytilasta ja visioihin niiden tulevasta kehityksestä.

Tältä pohjalta toteutettiin Suomessa samanaikaisesti vastaavien hankkeiden tapaan mm. Saksassa ja Ranskassa kotimaisen ympäristötekniikan ensimmäiset käsikirjahankkeet (Säästävä ja vähän pilaava teknologia 1985; Environmental High-Technology from

¹ Tämän tutkimuksen julkaisemiseen mennessä OECD:n workshopista oli käytettävissä vain joidenkin alustusten tiivistelmiä ja kalvoja, joihin on muutamia viittauksia myöhemmässä tekstissä.

Finland 1987; Advanced Environmental Technology From Finland 1993). Ympäristöteknologian viennin edistämisen näkökulman kehityttyä aihetta alkoi 1980-luvun aikana edistää aktiivisesti Ulkomaankauppaliitto (nykyisin Finnpro).

Suomalaisen ympäristöteknologian viennin ja edistämisen konseptia kehitti yhä systemaattisemmaksi ekovientitoimikunta 1990-luvun alkupuolella, jonka suositukset ovat ajankohtaisia edelleen. (Ekovientitoimikunnan työtä käsitellään luvussa 4.2.3.) Toimikunnan työn jälkeen valmistui Teollisuuden ja Työnantajien (TT) ympäristöpoliittinen linjaus, jossa ekokilpailukyky nostettiin kilpailutekijänä samalle tärkeystasolle kuin hinta ja laatu. Eri toimialat, erityisesti elintarvike- ja metalliteollisuus sekä maatalous ja matkailu, ovat kiitettävästi käynnistäneet omia jatkohankkeitaan. Ympäristöministeriössä valmistettiin ympäristöteknologian kehittämisohjelma vuonna 1994.

1990-luvun alkupuolelta lähtien Suomessa on toteutettu yhä systemaattisempaa innovaatio- ja teknologiapoliittista tutkimusta (ks. Lemola ym. 1990). Samoin Michael Porterin kehittämää klusteriajattelua alettiin soveltaa Suomessa lähinnä ETLA:n toimesta. ETLA:n klusteritutkimuksessa tehtiin alkuvaiheessa erillinen tutkimuksensa myös suomalaisesta ympäristöteollisesta klusterista (ks. Hernesniemi ym. 1995). Ympäristöklusterin määrittely osoittautui kuitenkin vaikeaksi, koska siihen kuuluvat yritykset olivat ”päällekkäisiä” muiden teollisten klustereiden kanssa. Tästä syystä klusterihankkeen myöhemmissä vaiheissa luovuttiin ympäristöklusteria koskevista erillisistä jatkotarkasteluista. Klusterilähestymistapaa on hyödynnetty myös Vuoren teknologian kilpailukykyvaikutuksia (1997) selvittäneessä tutkimuksessa. Tähän kokonaisuuteen liittyvät myös tahattomia teknologiavirtoja (*technology spillovers*, Vuori 1993) sekä teknologian leviämistä (*technology diffusion*, Vuori 1994a, b) selvittäneet tutkimukset.

Teknologian kehittämiskeskus (Tekes) on perustamisestaan lähtien rahoittanut ympäristöteknologian tutkimusta läpäisyperiaatteen mukaisesti eli ympäristönäkökulma otetaan huomioon integroidusti kaikessa teknologian kehittämisessä. Esimerkiksi vuonna 1999 Tekes sijoitti 239 miljoonaa markkaa 308 energia- ja ympäristöteknologian hankkeen rahoitukseen (TEKES 2000, 26).

Yhteenvetona aiempien tutkimusten ja lähestymistapojen luonteesta voidaan todeta seuraavat seikat. Ympäristöteknologian liiketoiminnan, viennin ja kilpailukykyyn edistämisen näkökulma eli ekonominen ja ekologian ”yhteen puhaltamisen” tarve tästä näkökulmasta on ymmärretty niin Suomessa kuin useissa teollisuusmaissa hyvin jo verrattain varhain. Innovaatiotoiminnan ja -politiikan näkökulma on vahvistunut 1980- ja 1990-luvuilla ja t&k:n ja innovaatiotoiminnan kilpailukykyä vahvistavat vaikutukset ovat tulleet yhä ilmeisemmiksi. Toisaalta yhteiskunnan ympäristöpoliittisen ohjauksen ohella markkinoiden ohjaava vaikutus ympäristöasioissa on samaan aikaan lisääntynyt.

Ympäristöpolitiikan hallinnon ja ohjauksen näkökulma (*regulation*) korostui 1980-luvun alusta asti innovaatiotoiminnan ja ympäristöasioiden integroimisessa. 1990-luvun alkupuolelta lähtien esiin on noussut yhä vahvemmin yritysten ”itseohjauksen” näkökulma (*self-regulation*). Euroopan Unionin jäsenyys on ehkä osaltaan vaikuttanut tämän aihepiiriin yleiseen kehitykseen Suomessa. Systemaattinen yritysten innovaatiotoiminnan ja kestäväen kehityksen integroiva tutkimus on kuitenkin vielä alkuvaiheessa. Tässä suhteessa yksi merkittävä edistysaskel on vuonna 1997 käynnistetty ympäristöklusterin tutkimusohjelma (YM 1999), jonka yhdeksi painopistealueeksi on nostettu innovaatioiden merkitys kestäväen kehityksen edistäjänä sekä tätä koskevien politiikkatoimien kehittäminen.

Samoin kuin kansainvälisessä, myös kotimaisessa yritysten ympäristöjohtamiseen ja –hallintaan liittyvässä ”management” -kirjallisuudessa on jo esimerkkejä t&k- ja innovaatiotoimintaan liittyvistä tutkimuksista (ks. esim. Kivisaari and Lovio 1996a, Kivisaari, Lovio and Pesonen 1996).

1.3 Innovaation ja innovaatioprosessin käsitteet

”Innovaatio” ymmärretään tavallisesti teknillisenä käsitteenä, uutena tai aikaisempaan verrattuna joiltakin ominaisuuksiltaan parannettuna tuotteena, -prosessina tai -järjestelmänä. Teknologisella innovaatiolla tarkoitetaan uuden teknologian käyttämistä, uutta prosessia tai järjestelmää ensimmäisessä käytössä kaupallisessa ympäristössä. Teknologinen innovaatio tapahtuu lähes aina yksityisen sektorin yrityksissä reaktion ulkoisiin signaaleihin eräänlaisena vuorovaikutteisena kaupallisena ja sosiaalisena ilmiönä. Se eroaa keksinnöstä siten, että innovaatio on jo kaupallisessa vaiheessa oleva tuote tai prosessi. Radikaali-innovaatiot (*radical innovation*) ja eriaisteiset parannus-innovaatiot (*incremental innovation*) kuvaavat teknologisen muutoksen erilaisia tasoja. Edellisellä tarkoitetaan suurta muutosta teknisessä ”status-quo” tilanteessa ja jälkimmäisellä pienempiä muutoksia teknologian kehitysuralla. Teknologian leviäminen (*technology diffusion*) kuvaa innovaation leviämistä ja sitä menestystä, jonka kuluessa käyttäjät omaksuvat muualla kehitetyn teknologian omakseen (OECD 1999a, 6).

Tässä tutkimuksessa innovaatio käsitetään laajana. Teknologisten innovaatioiden kehittämiseen ja niiden soveltamiseen liittyy lisäksi sekä sosiaalisia että institutionaalisia innovatiivisia toimia ja innovaatioita, joita teknillisten innovaatioiden syntyminen saattaa edellyttää. Tällaisia voivat olla esimerkiksi yritysten organisaatioissa ja johtamisessa tarvittavat innovatiiviset toimet teknologisten innovaatioiden kehittämiseksi ja kaupallistamiseksi. Innovaatioiden leviäminen ja soveltaminen voi edellyttää innovatiivisia muutoksia kuluttajien, kotitalouksien yms. sosiaalisessa käyttäytymisessä, heille tarjotun tiedon esittämistavoissa sekä erilaisissa teknillisissä ja taloudellisissa instituutioissa ja infrastruktuureissa.

Teknologisia innovaatioprosesseja on kuvattu ja niiden selittämiseksi on esitetty erilaisia malleja teoreettisessa ja akateemisessa kirjallisuudessa. Vaikka vain pienessä osassa tästä työstä on kiinnitetty huomiota politiikkatason kysymyksiin, ovat kuvaukset olosuhteista ja motiiveista relevantteja julkisten toimintaohjelmien laatimisen kannalta. Varhaisin ja yksinkertaisin innovaation kehitysmalli on vaiheittainen, ”lineaarinen” ja tiedeperustainen. Teknologinen innovaatio nähdään tällöin tieteellisessä tutkimuksessa tehdyn löydöksen (*science push*) synnyttämänä, jota seuraavat sen kehitystyö ja kaupallistaminen. Mallin mukaan uuden teknologian syntymistä edeltää tieteellinen tutkimus. Tällöin yhteiskunnalliset ja taloudelliset teknologisen muutoksen motiivit sekä markkinoilla oleva innovaatioiden kysyntä (*market and demand pull*) jäävät innovaation syntyprosessissa vähemmälle huomiolle. Tieteen ja teknologian tarjonta ja markkinoiden kysynnän vuorovaikutteisuus on olennainen osa nykyaikaista innovaatioprosessiajattelua. Nykyaikaiset tiede- ja innovaatiopoliittiset toimet ja toimintaohjelmat perustuvat tieteellisen infrastruktuurin ja systemaattisen tutkimuksen välttämättömyyteen lähes kaikissa maissa. Tämä näkyy esimerkiksi ympäristöön liittyvän perustutkimuksen laajana kannatuksena ympäristöongelmien ratkaisujen lähteenä.

Innovaatioprosessia on kuvattu myös malleilla, jotka perustuvat teollisten sektoreiden ja teknologioiden ominaisuuksissa tapahtuviin muutoksiin (Utterback 1994). Tällaisessa *evolutionaarisessa* mallissa oletetaan, että innovaatioita voidaan ainakin jossain määrin ennakoida, kun jokin teknologia ja sen teollinen konteksti siirtyvät ”epävakaasta” (*fluid phase*) tilasta ”vakaaseen” tilaan (*rigid phase*). Epävakaata tilaa luonnehtivat nopeat muutokset tuotekonsepteissa ja teollisuuden rakenteissa ja vakaata tilaa puolestaan luonnehtivat suuren mittakaavan tuotanto sekä vähäinen, mutta vahvasti juurtuneiden yritysten määrä. Kehittelijöidensä mukaan näihin innovaatiotoimintaa koskeviin yleistyksiin liittyvää mallia nimitetään *Abernathy-Utterback -malliksi*². Yhteiskunnan politiikkatoimien kannalta havainto evolutionaarisesta innovaatiomallista on tärkeä, koska sen avulla voidaan ainakin jossain määrin ennakoida niitä seurauksia, joita yritysten ulkoa tulevat politiikka- yms. signaalit (ml. ympäristöohjaus) voivat eri teollisuus- ja teknologia-aloilla synnyttää.

Myös sellaisia dynaamisia innovaatiomalleja on kehitetty, jotka kiinnittävät erityistä huomiota yritysten sisäisiin ja ulkoisiin olosuhteisiin, jotka voivat kannustaa innovaatioihin ja yrittäjyyteen (Roberts 1991). Innovaatioihin liittyy toimintoja ’häiritseviä’ vai-

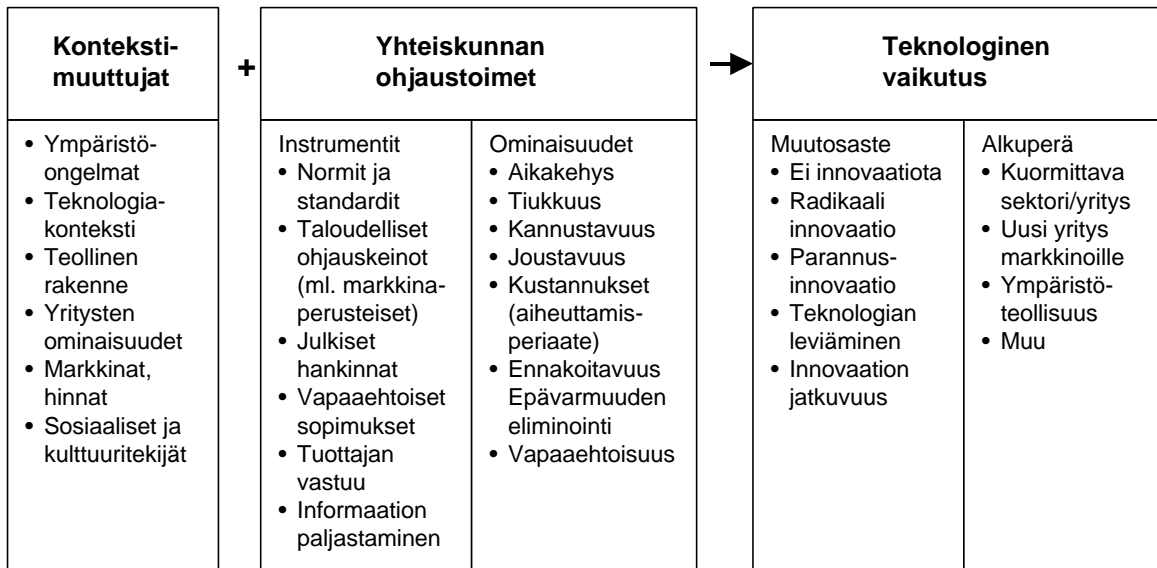
² Utterback käyttää esimerkkinä varhaista autoteollisuutta, jossa aluksi lukuisat yrittäjät valmistivat ”epävakaassa tilassa” (*fluid period*) useita varsin erilaisia autoja - tuoteinnovaatioita. Vähitellen, ”siirtymäkaudella” (*transitional period*) tuoteinnovaatioiden kasvu hidastui ja prosessi-innovaatioiden (liukuhihnatteknologia jne.) kasvu kiihtyi. Edellisiä seuraavaa innovaatioiden kehitysvaihetta Utterback (ja Abernathy) nimittävät erikoistumisen vaiheeksi (*specific phase*), jolloin sekä tuote- että prosessi-innovaatiot etenevät pienin parannusaskelin. Kaikilla teollisuudenaloilla ei kuitenkaan ilmene kaikkia yllä mainittuja vaihteita ja niiden ominaisuudet voivat vaihdella eri aloilla olennaisestikin (ks. esim. Utterback 1994, xvii-xix).

kutuksia. Nämä vaikutukset tunnistava malli sisältää niitä organisatorisia, taloudellisia ja sosiaalisia tekijöitä, jotka synnyttävät dynaamisen muutoksia jouduttavan ympäristön. Uudet yritykset nähdään jo vakiintuneilla markkinoilla hedelmällisinä innovaatioiden lähteinä. Julkiset ympäristö- yms. toimintaohjelmat voidaan nähdä tällöin yhtäältä innovaatioiden kannustimina siinä mielessä, että ne haastavat vallitsevan ”status-*quon*”, tai toisaalta innovaatioita ehkäisevinä siinä mielessä, että ne voivat haitata yrittäjyyttä.

Viime aikoina on myös hahmoteltu useista toisiinsa nähden vuorovaikutteisista osista koostuvaa innovaatiojärjestelmän mallia. Tästä on myös käytetty nimitystä *innovaatio-ekosysteemi*. Tämän mallin mukaan menestyneimmät ”innovaattorit” kykenevät ongelmiensa ratkaisemiseksi parhaiten hyödyntämään erilaisia asiantuntemuksen ja osaamisen lähteitä sekä toteuttamaan tavoitteensa tiiviissä vuorovaikutuksessa ja yhteistyössä muiden yritysten kanssa. Tällaisia asiantuntemuksen ja osaamisen lähteitä ovat muiden yritysten ohella mm. yliopistot ja valtion tutkimuslaitokset. Innovaatiotoiminta ylittää maiden rajat.

Innovaatio-ekosysteemi -malli näyttäisi toimivan hyvin ympäristöpolitiikastakin saatuja kokemuksia ajatellen sikäli, kun ne liittyvät julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyöhön sekä teollisuudenalojen laajuisten yhteisten ongelmien ratkaisemiseen (OECD 1999a). Malli korostaa viimeaikaisia yritysstrategisia oppeja yhteistyön välttämättömyydestä kilpailijoiden kesken (ks. esim. Hamel and Prahalad 1994) ja toisaalta se muistuttaa myös Schotin ”*kvasi-evolutionaarista*” mallia. Sen mukaisesti sekä politiikkatoimien että yritysten omin toimin tulisi rohkaista ympäristötekniikan kohtaamispaikkojen (*technological nexus*) luomista tai sellaisten käytön tehostamista. Tällaisia kohtaamispaikkoja voivat olla esimerkiksi yritysten markkinointiosastot, ympäristöosastot tai laadunvarmistusyksiköt. Niiden piiriin voitaisiin tehokkaasti koota ongelman ratkaisemiseen eri tavoin osallistuvia toimijoita (asiakkaita, kuluttajatahoja, ympäristöjärjestöjä, jne.), jotka yhteistyössä voisivat hakea innovatiivisia ja tehokkaita ratkaisuja ympäristöongelmiin (Schot, 1992, 193-196).

Käyttäen hyväkseen useimpia edellä mainittuja innovaatiomalleja Heaton on kehittänyt ympäristöpolitiikan ja teknologisen muutoksen välistä vuorovaikutusta kuvaavan kehikon (Kuva 2, Heaton 1997). Kehikolla pyritään kuvaamaan yritysten ja yhteiskunnan politiikkatoimien välistä vuorovaikutusta haettaessa teknologisia ratkaisuja ympäristöongelmiin. Kehikon komponentit pyrkivät kuvaamaan sitä, että ympäristöpoliittisista toimista aiheutuvat teknologiset seuraukset määräytyvät sekä lähtötilanteessa olevan yhteiskunnallisen ja taloudellisen kontekstin sekä yhteiskunnan ympäristöpoliittisten toimien perusteella. Kehikon pääelementtejä ovat teknilliset, organisatoriset ja taloudelliset muuttujat, jotka kohtaavat teknologian käyttäjät ja kehittäjät, sekä ympäristöpolitiikan eri instrumenttien ominaisuudet.



Kuva 2. Heatonin ympäristöpolitiikan ja teknologisen muutoksen välistä vuorovaikutusta kuvaava kehys muodostuu (a) olemassa olevista teknillisistä, organisatorisista ja taloudellisista muuttujista, jotka kohtaavat teknologioiden kehittäjät ja käyttäjät, (b) ympäristöpoliittisten toimien kannustavasta vaikutuksesta, sekä (c) teknologisista vaikutuksista (yllä Heatonin 1997 kehys hieman täydennettynä).

Heatonin ympäristöpolitiikan ja teknologisen muutoksen välistä vuorovaikutusta kuvaavan kehyksen kontekstimuuttajat muodostuvat reunaehdoista, jotka rajoittavat teknologisia seurausvaikutuksia ja vaikuttavat ilmapiiriin, jossa innovaatiot syntyvät. Yhtäältä tarkasteltava ympäristöongelma vaikuttaa ratkaisujen luonteeseen, sillä esimerkiksi ilman- tai vesiensuojeluongelmien kohdalla ratkaisut poikkeavat toisistaan. Toisaalta ympäristöongelman määrittämistapa vaikuttaa siihen, millaiseen teknologiseen vaikutukseen pyritään. Jos tavoitteena on esimerkiksi vain joidenkin päästökomponenttien rajoittaminen, saattavat ”piipunpääratkaisut” olla riittäviä. Jos sen sijaan pyritään rajoittamaan pitkällä ajanjaksolla yhtäaikaaisesti useita erilaisia ympäristöongelmia (ilma, vesi, jätteet), ovat merkittävät muutokset tekniikoiden suunnittelussa todennäköisimpiä ratkaisuja (OECD 1999a, 8).

Innovaatiomallien soveltamisessa tulisi ottaa huomioon eri teknologioiden, teollisen rakenteen sekä yrityksen ja toimialojen erityispiirteet. Esimerkiksi teknologisen järjestelmän epävakaus, joustavuus tai kypsyyssaste määrittävät sen muutosalttiutta ja muutoksenopeutta. Samoin niihin vaikuttaa se, koskeeko ympäristöongelma esimerkiksi vain muutamia suuryrityksiä vaiko laajempaa ja heterogeenisempaa yritysjoukkoa. Ensimmäisessä tapauksessa monimuotoisten radikaalien innovaatioiden tuottaminen voi jäädä vaatimattomaksi, mutta viimeksimainitussa tapauksessa ja yrittäjähenkisemmässä ja joustavammassa toimintaympäristössä niiden tuottaminen voi tulla mahdolliseksi. Yritysten

innovaatiopotentiaali vaihtelee merkittävästi teollisuudenalojen sisälläkin ja se voi vaihdella yrityksen arvomuutosten kanssa, joka voi vaihdella samansuuntaisesti tai vastakkaisesti yhteiskunnan ohjaustrendien kanssa. Teknologiset innovaatiot ovat lopulta riippuvia sellaisista sosiaalisista ja taloudellisista tekijöistä, jotka ennakoivat tai syrjäyttävätkin yhteiskunnan ohjaustoimia. Hintajärjestelmän kehittämistä ”oikeiden hintojen” suuntaan sekä resurssien että muiden teknologisten muuttujien suhteen pidetään tehokkaimpana tapana kannustaa pitkän ajanjakson ympäristöinnovaatioita (OECD 1999a, 9).

Kestävää kehitystä palvelevien innovaatioiden tavoitteena on vähentää luonnonvarojen käyttöä ja saastumista sekä korvata ympäristöön perustuvaa pääomavarantoa ihmisen tuottamalla pääomalla. Kestävän kehityksen päämäärän saavuttamista palvelevat strategiat voidaan jakaa ”riittävyysstrategioihin” (*sufficiency strategies*) ja ”tehokkuusstrategioihin” (*efficiency strategies*). Edelliset viittaavat käyttäytymisessä ja kulutuksessa tapahtuviin muutoksiin kun taas viimeksimainitut korostavat laajan teknologisen muutoksen tarvetta. Innovaatiotermin käyttäminen käyttäytymisessä tapahtuvien muutosten kuvaamiseen voi toisaalta olla harhaanjohtavaa, koska niitä ei voida hallita samalla tavoin kuin teknologisia tai organisatorisia innovaatioita. Siitä huolimatta käyttäytymismuutoksia voidaan usein helpottaa teknisillä ja organisatorisilla innovaatioilla (Blazejczak et al. 1999).

1.4 Ympäristöongelmien ratkaisemisen erityispiirteet

Ympäristöongelmien ratkaisemiseen yhtäältä, sekä merkittäviin teknologisiin muutoksiin toisaalta liittyy mm. seuraavia erityispiirteitä, joilla on sekä analogioita että olennaista merkitystä kestävän kehityksen tavoitetta palvelevan tutkimuksen ja innovaatio toiminnan kannalta (ks. esim. Freeman and Soete 1999; Noci ja Verganti, 1999; Loikkanen 1999).

Pitkä ajanjakso on sekä mittavien ympäristöongelmien hoitamisen kuin laaja-alaisen teknologian kehittämisen ja soveltamisen kannalta keskeinen tekijä. Muutokset niin tuotantoon ja kulutukseen liittyvissä teknologioissa kuin niitä soveltavissa infrastruktuureissa (esim. energia, liikenne, jne.), yhteiskunnallisissa instituutioissa sekä myös tuotantoon ja kuluttamiseen liittyvässä käyttäytymisessä saattavat kestää kahdestakymmenestä jopa viiteenkymmeneen vuoteen. Ajankohtainen globaali esimerkki pitkäjänteistä tutkimusta, teknologian kehittämistä sekä muita toimenpiteitä vaativasta ongelmakokonaisuudesta on kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista koskevan Kioton sopimuksen toteuttaminen. Sen tavoitteiden aikajänne alkuvaiheessa ulottuu vuoteen 2010, jonka jälkeen tavoitteet muuttunevat vielä haasteellisemmiksi.

Pitkän tarkasteluajanjakson ohella *kompleksisuus* ja *moniulotteisuus* leimaavat niin ympäristöasioiden hoitamista kuin teknologian muutoksen hallintaa ja innovaatioiden ke-

hittämistä. Molemmat alueet ovat esimerkiksi teollisen toiminnan, eri hallinnon- ja poliikanalojen sekä erilaisten tutkimusalojenkin näkökulmasta hyvin geneerisiä. Siksi niitä integroivia toimia ja ratkaisumalleja tutkittaessa, suunniteltaessa ja toteutettaessa on välttämätöntä ottaa huomioon laaja-alaisesti monia tekijöitä. Tällaisia ovat eri teollisuudenaloja, politiikan lohkoja, toimijoita (tuottajat, kuluttajat, kauppa, viranomaiset, kansalaistoiminta) sekä yritysten välisiä liiketoimintaketjuja koskevat ym. taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuri-instituutioita koskevat seikat.

Kompleksisuus ja moniulotteisuus liittyvät myös *luonnonvarojen ja ympäristön monimutkaisiin vuorovaikutuksiin*, joiden ymmärtäminen mm. niitä koskevan tiedon epävarmuuteen, tiedon saamiseen ja sen arvottamiseen liittyvien vaikeuksien takia ei ole helpoa. Luonnontieteellinen tietämys ympäristöongelmista on välttämätön, mutta ei yksinään riittävä ehto ympäristöä koskevien politiikkatoimien ja muiden päätösten toteuttamiseksi sekä tuotantoa ja kulutusta koskevan käyttäytymisen muuttamiseksi kestävämmälle pohjalle. Koska päätökset riippuvat sekä tiedosta että niille annetusta arvosta, on yhtenä haasteena luonnontieteellisen tietämyksen saattaminen tehokkaasti kansalaisten ulottuville ja heidän arvotettavakseen, jolloin on myös todennäköisempää saada heidät sitoutumaan ja ottamaan osavastuuta ympäristöä koskevissa ratkaisuissa.

Yksi ympäristöä koskeviin ongelmaratkaisuihin liittyvä erityispiirre on se, että ne edellyttävät *julkisen ja yksityisen sektorin välttämätöntä vuorovaikutusta*. Kestävä kehitys on luonteeltaan koko yhteiskuntaa ja erityisesti tulevien sukupolvien elämisen edellytyksiä koskeva tavoite. Sitä on kuitenkin mahdotonta saavuttaa *yhtäältä* ilman yksityisten kansalaisten toimintaa ja sitoutumista, sekä *toisaalta* ilman yritysten toimia sekä niiden asiakkaiden, omistajatahojen sekä viranomaisten ja muiden olennaisten sidosryhmien toimintaa ja vaikutusta.

Teknologian muutoksen ja innovaatiotoiminnan näkökulmasta sekä kestävä kehityksen yhtäaikaaisessa tarkastelussa on tärkeä muistaa seuraava näkökohta: ympäristöön liittyvien kysymysten ja hyvinvoinnin kehittämisen osalta ei ole aina tarpeen kehittää uutta teknologiaa, vaan monet paikalliset ja laajemmatkin ympäristöongelmat voidaan ratkaista olemassa olevien teknologioiden sovellusten avulla ja niitä kehittämällä. Olennaiseksi kysymykseksi nousee tällöin se, *miksi olemassa olevia teknologioita ei kyetä soveltamaan ja ottamaan käyttöön*. Toisin sanoen on tutkittava niiden soveltamisen esteitä, jotka voivat olla sekä asenteellisia, taloudellisia tai sosiaalisia tahi ne voivat liittyä mm. infrastruktuurin puutteeseen tai jäykkyykseen, teknologian siirron ongelmiin ym. vastaaviin kysymyksiin. Tällaisten seikkojen selvittäminen on erityisen tärkeää teollistumisen varhaisessa vaiheessa olevien valtioiden kohdalla.

1.5 Tutkimusmetodologisia kysymyksiä ja valintoja

Tämän työn kohteena ovat innovaatiotoiminta, kestävä kehitys ja niiden integraation mahdollisuudet sekä yritystasolla että yhteiskunnan innovaatio- ja ympäristöpolitiikkojen tasolla. Innovaatiotoiminta ja kestävä kehitys ovat erillisinäkin erittäin laajoja tutkimusalueita ja molemmilla on lisäksi lukuisia tutkimustraditioita sisällänsä. Siten metodologisiksi sekä vaihtoehtoisia tarkastelutapoja ja -polkuja koskeviksi haasteiksi nousevat ne tavat, joilla näitä toisistaan poikkeavia tutkimustraditiota voitaisiin parhaiten yhdistää hyödyllisten tutkimustulosten aikaansaamiseksi – molemmilla traditioilla on mitä ilmeisimmin runsaasti annettavaa toisilleen. Metodologisilla valinnoilla on vaikutuksensa sekä tutkimuksen sisällölliseen luonteeseen ja painotuksiin että lopulta tutkimusten tuloksiin ja johtopäätöksiin. Seuraavassa käydään läpi joitakin tähän integroimiseen liittyviä tutkimusmetodologisia vaihtoehtoja.

Innovaatiotutkimuksessa tutkimuskohteeksi valitaan se, miten innovaatiot syntyvät ja kehittyvät sekä yritysten sisällä että niiden, tutkimustahojen sekä muiden toimijaverkostojen vuorovaikutuksessa. Yritysten innovaatiotoimintaa tutkitaan sekä liiketaloustieteen piirissä että yleisemmästä näkökulmasta taloustieteen piirissä. Taloustieteellisen tutkimuksen metodologisina vaihtoehtoina ovat esimerkiksi ekonometrinen tutkimustraditio sekä institutionaalinen innovaatiotutkimus. Ekonometrisessa tutkimustraditiossa tutkimuksen liiketaloudellisia ja yhteiskunnallisia hyötyjä on selvitetty vertaamalla havaittavia t&k-investointien tuotoksia tehtyihin t&k-investointeihin. Empiirisestä näkökulmasta ongelmaksi muodostuu innovaatioprosessin kompleksi luonne. Empiiristen tutkimusten mukaan innovaatio ei synny ”lineaarisenä” prosessina, vaan siihen vaikuttaa tutkimusmenojen ohella useita muitakin seikkoja ja taloudellisia panoksia. Tällaisia ovat esimerkiksi teknillis-taloudellisen tiedon hankintamahdollisuudet, ympäröivät institutionaaliset olosuhteet, innovaatioiden markkinointiin käytetyt panostukset, jne. Institutionaalisessa innovaatiotutkimuksessa pyrkimyksenä on avata tätä innovaatioprosessin ”mustaa laatikkoa”.

Teknillistä muutosta koskevien näkökohtien ja sen luonteenpiirteiden tuntemus on tärkeä myös politiikkatoimien kehittämisessä. Esimerkiksi Kempin mukaan ei ole riittävää, että viranomaiset tarkastelevat teknillistä muutosta ainoastaan implisiittisenä taloudellisia reunaehtoja koskevien muutosten puitteissa, vaan on tarpeellista kantaa huolta ja käsitellä teknillistä muutosta myös eksplisiittisesti (Kemp 2000).

Kestävän kehityksen ja innovaatiotoiminnan integraation tutkimusalueella on joka tapauksessa tärkeitä perehtyä tapaustutkimusten avulla ympäristömyötäisten innovaatioiden syntyyn, siihen vaikuttaviin mekanismeihin ja kausaalisuhteisiin. Tapaustutkimuksilla voidaan selvittää, miten yritysten johto näkee ja kokee innovaatio- ja ympäristötoimintansa, miten erillään tai integroituna nämä toiminnot ovat yritysorganisaatioissa, millai-

sia ”kestävän kehityksen innovaatioita” yritysten sisäisissä ja ulkoisissa vuorovaikutuksissa ja verkostoissa syntyy, miten innovaatioita voidaan testata ja ”hioa” ennen kaupallistamista sekä miten näihin eri vaiheisiin voidaan myötävaikuttaa politiikkatoimilla.

Empiirisen tutkimuksen metodologisia lähestymistapoja voidaan hakea myös ympäristötalouden tutkimustraditiosta ja tarkastella, miten siinä on käsitelty yrityksen innovaatiotoimintaa ja teknologista muutosta. Mahdollisia tutkimusaiheita ympäristötaloustutkimuksen piirissä voivat olla esimerkiksi ulkoisvaikutusten ja niihin liittyvien kustannusten sisäistämisen vaikutukset teknologian kehittämiseen. Voidaan tarkastella myös sitä, missä määrin ”vajavainen” kustannuskate vaikuttaa teknologian kehittämiseen ympäristön kannalta kielteiseen suuntaan. Ympäristönsuojelun hallinnolliset ja taloudelliset ohjausinstrumentit on ympäristötalouden yksi perinteinen tutkimusalue ja se on tärkeä aihepiiri myös innovaatiotoiminnan kannalta. Tässä suhteessa mm. Porterin ja van der Linden (1996) johtopäätökset antavat kiintoisia hypoteeseja myös suomalaiselle ohjauskeinojen tutkimukselle. Myös aiheuttamisperiaatteesta ja sen soveltamisesta voi teknologian kehittämistä ajatellen nousta tärkeitä tutkimuskohteita. Vastuukysymyksillä, kuten esimerkiksi elinkaarivastuulla yritysten liiketoiminta- ja alihankintaketjuissa, voi olla vaikutuksensa ketjun eri toimijoiden innovaatiotoimintaan.

Kuluttajien ja kotitalouksien vaikutus yritysten innovaatiotoimintaan on yksi tärkeä tutkimusaihe tulevaisuudessa. Tässä suhteessa innovaatiotutkimuksen konseptit voivat antaa uusia ideoita ja mahdollisuuksia kestävän kehityksen edistämistä koskeville tutkimuksille. Esimerkiksi von Hippelin (1988) ja Lundvallin (1992) tutkimukset käyttäjien ja käyttäjä-tuottaja –suhteiden (*user-producer relationship*) merkityksestä innovaatioiden synnyssä saattavat antaa ideoita ympäristöinnovaatioita koskevien tapaustutkimusten tarkastelulle ja politiikkatoimienkin kehittämislle.

Tässä työssä käydään läpi myös aiemmin alueelta tehtyjä tutkimuksia ja pyritään hakemaan metodologisia vaihtoehtoja tapaustutkimuksia varten. Tehdyt innovaatiotoimintaa koskevat tutkimukset menetelmineen saattavat tarjota hyviä kehikoita ja metodologisia vaihtoehtoja ympäristöasioiden ja innovaatiotoiminnan integroiduille tarkasteluille. Sekä innovaatiotoiminnalla että ympäristökysymysten hallinnalla on molemmille erityispiirteensä, jotka tulee ottaa huomioon tutkimusmetodisissa valinnoissa. Osa näistä erityispiirteistä on myös yhteisiä (esimerkiksi pitkä aikajänne, ulkoisvaikutukset ja niihin liittyvät vaikeasti arvioitavissa olevat kustannuselementit). Tapaustutkimusten lähestymistavaksi voitaneen myös ottaa eri tutkimustraditioita syntetisoiva lähestymistapa, jossa hyödynnetään sekä innovaatiotoimintaa että ympäristötaloutta koskevia tutkimustraditioita.

2. Kestävän kehityksen toteuttamista tukevia konsepteja

2.1 Johdanto

Tässä luvussa tarkastellaan ensin olemassa olevia ja nähtävissä olevia kestävästä kehityksestä tukevia innovatiivisia teknologisia, teknillistaloudellisia ja ajattelutapoihinkin liittyviä konsepteja ja käsitteitä sekä niihin liittyviä mahdollisuuksia. Lisäksi tarkastellaan kestävästä kehityksestä liittyvää teknologian ennakoimista sekä kestävästä kehityksestä valintojen operationalisointia tukevia metodeja.

Viime vuosina on kehitelty useita sellaisia uusia konsepteja ja ajattelutapoja, joita voidaan käyttää hyväksi kestävästä kehityksestä tukevien ratkaisujen hakemisessa ja joiden käyttöönottoa voidaan kenties edesauttaa sekä teknologiapoliittisten että ympäristöpolitiittisten toimien avulla. Tällaisia konsepteja ovat ajattelutavan painopisteen muuttaminen tuotokeskeisyydestä tuotteiden antamiin palveluihin ja funktioihin, ”teollinen ekologia” tai ”teollinen metabolia”, taloudellisen toiminnan energia- ja ainevirtojen hallinta ja dematerialisaatio, ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu, sekä tieto- ja kommunikatiotekniikan soveltamismahdollisuudet kestävästä kehityksestä hyväksi. Ongelmallisia seikkoja, jotka tulisi ratkaisuja haettaessa ennakoivasti tiedostaa, ovat ympäristönsuojelutoimien ennakoimattomat sivuvaikutukset (*rebound effects*) sekä lukkiutumisen ongelma (*lock-in*). Näiden erilaisten konseptien ja näkökulmien kehittäminen ja vieminen käytäntöön saattaa edellyttää myös perinteisten ajattelutapojen muuttamista ja niiden tarkoituksena on palvella ekotehokkaiden ratkaisujen kehittäminen ja toteuttamista³.

2.2 Innovatiivisia näkökulmia ja konsepteja

2.2.1 Tuoteajattelusta palveluajatteluun

Kestävästä kehityksestä innovaatiokonseptit ovat teknillisiä siten, että viime kädessä kysymys on konkreettisesta vaikuttamisesta ympäristön ja luonnonvarojen tilaan teknolo-

³ World Business Council for Sustainable Development Environmental (WBCSD) määrittelee ekotehokkuuden seuraavasti “Eco-efficiency means creating value for society and business by doing more with less over the full life-cycle by: reducing the energy inputs to, and requirements of, goods and services, reducing toxic dispersion, enhancing material recyclability, maximizing sustainable use of renewable resources, extending product durability, and enhancing the functionality of goods and services” (ks. Blumberg, Blum and Korsvold, 1996, 11).

gian välityksellä. Kun teknologian käytöllä pyritään parantamaan hyvinvointia, olennaiseksi kysymykseksi nousee se, millaista hyvinvointitarvettamme teknologinen luontoon ja ympäristöön vaikuttava ratkaisu tyydyttää ja palvelee, ja jatkokysymykseksi se, olisiko tuo palvelu toteutettavissa jollakin vaihtoehtoisella tavalla, joka kuormittaisi ympäristöä vähemmän tai mahdollisesti ei lainkaan. Tässä suhteessa hyvinvointitarpeitamme tyydyttävien tuotteiden antamat palvelut (funktiot) voivat poiketa toisistaan olennaisestikin. Esimerkiksi elintarvikkeiden antama peruspalvelu, vaikka tuotteiden laatu ja hinta voivat vaihdella olennaisestikin, on ravintotarpeen tyydyttäminen, eikä tässä ole ilmeisesti nähtävissä ainakaan merkittävää materian vähenemistä ainakaan toistaiseksi. Joka tapauksessa monien muiden tarpeiden kohdalla fokuksen siirtäminen tuotteesta sen antamaan palveluun ja funkioon on näkökulman muutos, joka voi tukea kestävästä kehityksen mukaisten uusien palvelu- ja tuoteinnovaatioiden kehittämistä ja edesauttaa niitä hyödyntävien kokonaan uusien liiketoimintakonseptien ja -alueiden löytämistä.

Painopisteen siirtymisestä tuotantoteknologia- ja tuoteorientoituneesta lähestymistavasta kohti asiakas- ja palveluorientoitunutta lähestymistapaa on keskusteltu jo jonkin verran kestävästä kehityksestä ja innovaatio toimintaa käsittelevässä kirjallisuudessa (esim. Meyer-Krahmer ym. 1998). Mont (2000) on tiivis yleiskatsaus palvelukeskeisen ajattelutavan käsitteisiin, periaatteisiin ja ongelmiin. Raportti sisältää myös katsauksen aihepiiriin tutkimukseen sekä yritys esimerkkejä palvelukeskeisestä konseptista.

Elinkeinotoiminnassa on useita erityyppisiä esimerkkejä siirtymisestä palvelukeskeiseen liiketoimintaan. Tunnettu esimerkki on tuotteiden vuokraus tai ”liisaus” niiden myynnin sijaan. Liisauksella on pitkä perinne esimerkiksi autobisneksessä, liiketilojen, niiden sisustuksen ja huonekalujen sekä mm. mattojen vuokrauksessa, rakentamisessa, ja sillä on kasvavasti sovelluksia myös toimistotekniikan alalla. Periaatetta voidaan laajentaa moniin muihin tuoteryhmiin. Ympäristön kannalta liisaus voi olla edistysaskel. Kun tuote pysyy tuottajan omistuksessa, tuottajalla on vastuu tuotteen koko elinkaaren ajalta valmistuksesta käyttöön ja käytön jälkeiseen huolenpitoon, uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen (*extended product responsibility*). Siten liisaus voi kannustaa yritystä kehittämään tuotetta yhä kestävämmäksi. Joillakin aloilla, kuten hissiteollisuudessa, tuotteiden huollon ja ylläpidon palvelut ovat muodostuneet varsinaisen investoinnin ohella kannattavaksi osaksi liiketoimintaa.

Tunnettuja kotimaisia yritys esimerkkejä palvelukeskeisestä ajattelutavasta ovat mm. hissiteollisuus, joka pelkän hissilaitteiston ohella myy kuljetuspalvelua ja siihen liittyviä ylläpito- ja huoltopalveluja, tai telekommunikaatioyritykset, jotka puhelinkojeen ohella myyvät tehokasta vuorovaikutteista kommunikaatiota. Mont (2000) esittelee mm. seuraavia muita esimerkkejä palvelukeskeisestä konseptista yrityksissä. Pelkän energiantuotannon lisäksi energia-alan yritykset myyvät tehokkaita energian käyttö- ja valaistuspaketteja sekä näihin liittyvää osaamista ja koulutusta. Pelkän kemikaalimyynnin sijaan

kemianyritykset huolehtivat siitä, että kemikaaleja tarvitsevat toiminnot tulevat hoidettua tehokkaasti niin resurssien, kustannusten kuin ympäristönkin kannalta. Yksi esimerkki palvelukeskeisestä konseptista ovat pesula- ja silitysliikkeet, joista jotkut ovat laajentaneet tuotevalikoimaansa mm. vaatteiden kunnostukseen, kirjasto- ja lukusaleiksi sekä kahviloiksi. Autoliisauksen rinnalle on kehittynyt lyhytaikaista autovuokrausta, jossa useat vuokraajat jakavat autonkäytön (*car-sharing*). Esimerkiksi liikenteeseen ja asumiseen liittyvien palvelukonseptien toteuttamista voidaan edistää yhdyskuntasuunnitteluun liittyvillä ratkaisuilla.

Jo edellä olevien esimerkkien valossa tuotteiden palvelunäkökulma eli niiden antamien tarpeiden pohdinta ja tarpeiden vaihtoehtoisten tyydyttämistapojen selvittäminen on kestävä ja innovatiivisen teknillis-taloudellisen lähestymistavan yksi keskeinen kehittämiskohde. Tämä liiketoimintakonsepteja koskeva periaate käytännön sovelluksineen saattaa tehdä mahdolliseksi mm. tuotteen käyttövaiheen kunnossapito-, korjaus- ja päivitustoiminnan, ”kaskadimaisen” materiaalien uudelleenikäytön ja kierrätyksen, yms. resurssien käyttöön liittyvien ympäristö- ja laatuksymysten tehokkaan integroimisen osaksi tavanomaista liiketoimintaa ja tuotesuunnittelua (ks. esim. Meyer-Krahmer ym. 1998). Tämä mahdollistaisi myös räätälöidyistä tuotejärjestelmistä koottujen palvelupakettien sopeuttamisen kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin. Näin monet aiemmin asiakkaan vastuulle jäävät (ja usein hoitamatta jääneet) ongelmalliset kysymykset voitaisiin sisäistää palveluntarjoajan liiketoiminnan ja vastuun piiriin ja luoda samalla riittävästi lisäarvoa palvelulle, jotta toiminnan kannattavuuskriteerit täyttyvät. Joidenkin tuoter ryhmien kohdalla kuvattujen ajattelumallien toteuttamista voidaan edistää kehittämällä laaja-alaisia ja räätälöityjä takuujärjestelmiä. Näiden avulla on mahdollista varmistaa asiakastyytyväisyys ja joustava palvelu niissäkin tilanteissa, joissa laitteet sisältävät esimerkiksi kierrätettyjä tai päivitystä vaativia komponentteja.

Tuotteesta palveluun -näkökulma vaikuttaa myös kestävä kehityksen indikaattorien kehittämiseen. Esimerkiksi päästöjä tarkastellaan usein suhteessa lopputuotteiden painoon ja tällä ominaiskuormituksen mittaamisella pyritään indikoimaan päästöjen kehitystä aikasarjana (esimerkiksi päästöt teräs- tai paperitonnia kohti). Kuitenkin, kun huomio siirretään tuotteista niiden antamaan palveluun ja funktioon, painoon perustuva ominaiskuormituksen mittaaminen voi useiden tuotteiden kohdalla osoittautua ongelmalliseksi tai antaa jopa virheellisen kuvan kehityksestä. Esimerkiksi paperi tai teräslevy ovat vuosien mittaan ohentuneet, keventyneet ja vahvistuneet hyvinkin olennaisesti teknologisten parannusten myötä. Siten painoltaan sama määrä paperia tai teräslevyä tänään on pinta-alaltaan huomattavasti suurempi kuin joitakin vuosia sitten ja niiden antaman palvelun arvo vaikkapa aikakauslehtipaperina tai kattopeltinä voi olla vastavasti huomattavasti aiempaa suurempi. Tässä esimerkissä painoa kattavampi ympäristöindikaattori voisi olla siten kuormitus paperin tai teräslevyn pinta-alaa kohti. On jopa esitetty, että terästuotteiden lujuuden merkittävä parantuminen olisi yksi selitys teräksen

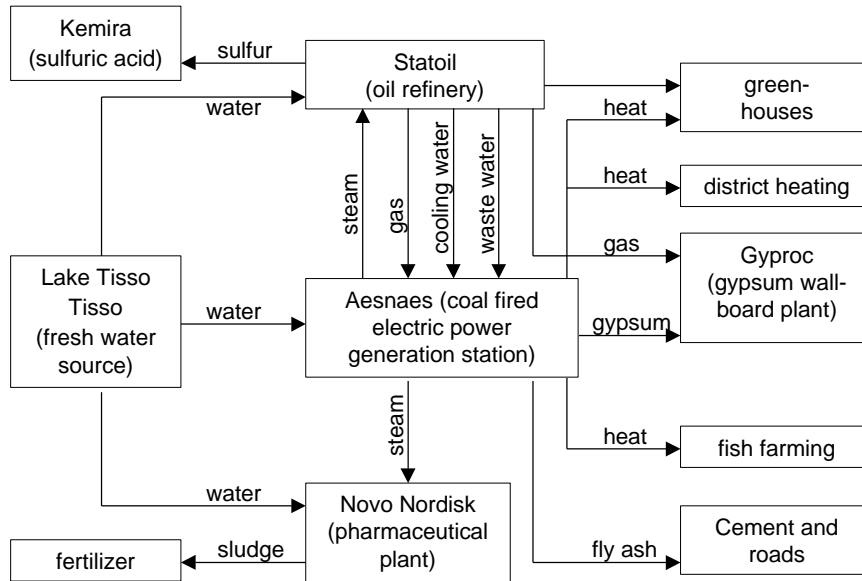
tuotantomäärien tasaantumiseen Länsi-Euroopassa (Gielen ja Van Dril 1997, 24). Loppupalvelun ekotehokkuuden mittaamista kuvaavien funktionaalisten yksiköiden ja niihin perustuvien indikaattorien määrittely ovat riippuvaisia viime kädessä kuluttajien preferensseistä ja arvoista (ks. esim. Mont, 41).

2.2.2 Teollinen ekologia

Teollinen ekologia (*industrial ecology*) on yksi viime vuosina yleistynyt käsite ympäristöteknologiaa koskevissa keskusteluissa ja alan kirjallisuudessa. Tälle läheisiä ovat myös käsitteet teollinen metabolismi tai "aineenvaihdunta" (*industrial and environmental metabolism*). Teollisen ekologian käsitteellä kuvataan tavallisesti paikallisesti tai alueellisesti toisiaan lähellä olevaa tuotantolaitosten kokonaisuutta tai –kompleksia, jossa energian tuotannon ja teollisuuden laitokset asiakkaineen ja alihankkijoineen on suunnitelmallisesti organisoitu toimimaan keskenään tiiviissä ja verkostomaisessa tuotannollis-teknologisessa yhteistyössä. Teollisuus- ja energialaitokset asiakkaineen ja alihankkijoineen hyödyntävät toinen toisensa sivutuotteita, ylijäämäenergiaa tai raaka-aineita ja siten viime kädessä, muiden synergiaetujen ohella, säästävät "teollisen ekologiaverkoston" puitteissa mahdollisimman paljon ympäristöä, raaka-aineita ja energiaa⁴. Teollisen ekologian malliesimerkkinä käytetään usein tanskalaisen Kalundborgin kaupungin piiriin muodostunutta "integroitua teknistä ekosysteemiä" (Kuva 3).

Kalundborgin teollisen ekologian esimerkissä eri tahojen välinen yhteistyö ja verkostot ovat syntyneet vapaaehtoisesti mm. jättekustannusten välttämiseksi. Kalundborg antaa hyvän teollisen ekologian mallin erityisesti sellaisilla alueilla, joilla erilaiset, toisiaan hyödyntämään kykenevät teollisuuslaitokset sijaitsevat lähellä toisiaan.

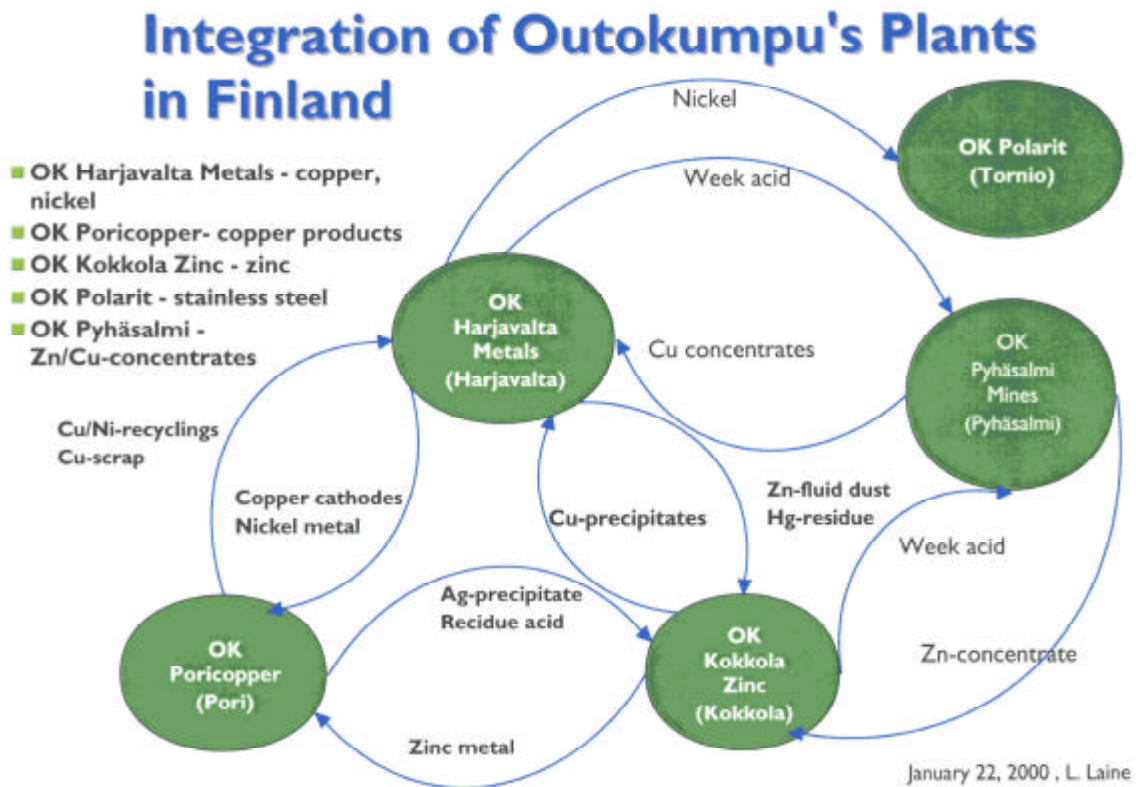
⁴ "Industrial ecology is the means by which humanity can deliberately and rationally approach and maintain a desirable carrying capacity, given continued economic, cultural, and technological evolution. The concept requires that an industrial system be viewed not in isolation from its surroundings, but in concert with them. It is a systems view in which one seeks to optimize the total materials cycle from virgin material, to finished material, to component, to product, and to ultimate disposal. Factors to be optimized include resources, energy, and capital" (Graedel and Allenby 1995, 9).



Kuva 3. Kalundborgin teollisen ekosysteemin prototyypin (ks. esim. Graedel and Allenby, 1995).

Yksi esimerkki kotimaisesta teollisen ekosysteemin periaatetta toteuttavasta ratkaisusta on Outokummun ja Kemiran yhteistyö Harjavallassa. Outokummun tehtaan sivutuotteena syntyvä rikkidioksidi käytetään hyväksi raaka-aineena vieressä olevalla Kemiran Harjavallan tehtaalla. Outokumpu kierrättää ”teollisen ekologian keinoin” runsaasti konsernin eri toimipaikoilla syntyviä sivutuotteita (mm. happoja, metallisakkoja ja –pölyjä). Tunnettu ja jo laajasti sovellettu teollisen ekosysteemin mukainen ratkaisu on myös sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP).

Teollisen toiminnan verkostomaisen luonteen ymmärtämisen kautta voi löytyä merkittäviä kestävästä kehityksestä tukevia tehostamismahdollisuuksia. Tällaisia mahdollisuuksia tulisi selvittää ennakoivasti esimerkiksi teollisen toiminnan sijoittumista koskevissa suunnitelmista. Eräs keskeinen havainto on, että tuotteet ja palvelut eivät lopultakaan ole toisistaan riippumattomia, vaan niistä muodostuu monimutkaisia järjestelmiä. Tästä systeemiluonteesta voi seurata se, että markkinoilta tulevat ohjaussignaalit eivät välttämättä kykene muuttamaan järjestelmää joustavasti, vaan muutokset voivat olla hyppäyksellisiä.



Kuva 4. Outokumpu Oyj:n Suomen tuotantolaitosten välisiä materiavirtoja.

2.2.3 Materiaalivirtojen hallinta ja dematerialisaatio

Kestävän kehityksen edellyttämät innovaatiot ovat usein viime kädessä teknologisia ja liittyvät materiaalien, tuotantoprosessien sekä valmistettujen tuotteiden fyysisiin tai kemiallisiin ominaisuuksiin. Keskeisiä seikkoja materiaalien käytön, tuotantoprosessien ja tuotteiden kehittämisessä ovat tällöin materiaalmäärän ohella niiden laadulliset ominaisuudet, kuten kestävyys, paino, materia- ja energiasisältö, kierrätysmahdollisuudet sekä joustavuus erilaisissa käyttötarkoituksissa (ks. esim. Kuusi 1994). Muita materiaaleihin liittyviä kestävästä kehitystä tukevia periaatteita ovat mm. luonnonvarojen käytön tuottavuuden kehittäminen sekä pyrkimys veden ja muiden materiaalien suljettuihin kiertoihin.

Materiaalivirtojen tarkastelu kestävästä kehityksen kontekstissa on noussut esille viime vuosina käsitteiden Factor 4 tai Factor 20 yhteydessä. ”Factor-ajattelun” pioneerityötä on tehty erityisesti saksalaisessa Wuppertal Instituutissa ja vähitellen ajattelutapa ja metodologia (materiavirta-analyysi, *Material Flow Analysis, MFA*) on levinnyt laajem-

malle (ks. esim. Weizsäcker, ym. 1998). Suomessa alan tutkimusta tehdään mm. Oulun yliopiston yhteydessä toimivassa Thule-instituutissa (ks. esim. Mäenpää ja Juutinen 2000). Materiavirta-analyysia ja siihen liittyviä indikaattoreita on toistaiseksi sovellettu lähinnä alueellisissa tai valtakunnallisissa tarkasteluissa, mutta yritystason työkalujen kehittäminen on vielä alkuvaiheessa.

Luonnonvaroihin perustuvan aineen ja energian käytön vähentäminen tuotteissa ja tuotannossa (*dematerialisaatio*) on tapa operationalisoida tai ”materialisoida” kestävää kehitystä (ks. esim. Spangenberg ym. 1997, Weizsäcker ym. 1998, Gielen 1999). Dematerialisointia voidaan toteuttaa myös esimerkiksi korvaamalla raaka-aineena käytettäviä uusiutumattomia luonnonvaroja ympäristöön liittyviltä kokonaisvaikutuksiltaan edullisimmilla synteettisillä materiaaleilla.

Monien tuotteiden materiaintensiteetin vähentämistä rajoittaa erityisesti se, että niiden koko on ainakin jossain määrin sidottu niitä käyttävän ihmisen fyysiseen kokoon. Tietokone ja käsipuhelin ovat tässä suhteessa hyviä esimerkkejä. Vaikka niiden koko ja paino ovat vähentyneet, tietokoneen näppäimistön tai hiiren, tahi samoin käsipuhelimen kokoa ei voida loputtomasti pienentää nykytyyppisen käytön kärsimättä. Lisäksi dematerialisaatio ei ole mahdollista kaikkien tuotteiden kohdalla. Esimerkiksi toimeentulollemme välttämättömien elintarvikkeiden dematerialisoimisen mahdollisuudet ainakin näillä näkymin tuntuvat vaatimattomilta.

2.2.4 Tieto- ja kommunikaatioteknologia ja kestävä tietoyhteiskunta

Tieto- ja kommunikaatioteknologia (Information and Communication Technologies, ICT) vaikuttaa nykyisin läpäisevästi liki kaikilla yhteiskunnan ja talouden aloilla. Tämän tekniikan läpäisevään vaikutukseen perustuen nykyajan yhteiskuntaa nimitetään tietoyhteiskunnaksi. Teknillisen kehityksen ja innovaatiotoiminnan taloustieteen tutkijat luonnehtivat tieto- ja kommunikaatioteknologiaa aikakauttamme leimaavaksi teknillis-taloudelliseksi paradigmaksi (*Techno-Economic Paradigm, TEP*) (Dosi 1988, 225; Freeman 1992b, 196; Freeman ja Soete 1999). Teknillis-taloudellisella paradigmalla pyritään kuvaamaan sellaisia laajavaikutteisia teknologioita tai teknologioita järjestelmiä, jotka vaikuttavat koko talouteen, muuttavat tuotannon ja johtamisen tapoja sekä vaikuttavat yritysten ja teollisuudenalojen käyttäytymiseen koko taloudellisessa systeemissä. Tieto- ja kommunikaatioteknologiaa edeltäneet teknillis-taloudelliset paradigmat olivat höyryvoiman käyttöönotto, sähkövoiman käyttöönotto sekä liukuhihnateknologiaan perustuva massatuotantojärjestelmä. Nämä paradigmaattiset muutokset ovat vaikuttaneet sekä välittömästi että välillisesti talouden useimpiin sektoreihin.

Nykyistä aikakautta leimaavan keskeisen teknillis-taloudellisen paradigman muodostaa mikroelektroniikka sekä tieto- ja kommunikaatioteknologia. Freemanin mukaan ei ole liian varhaista alkaa sekä ajatella että myös hahmotella ja kehittää instituutioita ja teknologioita, joista todennäköisesti vähitellen yhdistyisi ja muotoutuisi seuraava TEP, ympäristöä koskeva teknillis-taloudellinen paradigma (*Environmental TEP*) (Freeman 1992b, 207).

Vaikka tieto- ja kommunikaatioteknologian taloudellisia ja yhteiskunnallisia näkökohtia on tutkittu laajalti, on sen ja kestäväen kehityksen yhteyksien ja vuorovaikutusten tutkimus vielä melko vähäistä. Esimerkki tällaisesta tutkimushankkeesta on EU:n ACTS - tutkimusohjelman Alliance for Sustainable Information Society –projekti (ASIS), jossa selvitettiin mahdollisuuksia hyödyntää tieto- ja kommunikaatioteknologiaa kestäväen kehityksen hyväksi sekä pyritään luomaan aiheetta koskevaa verkostoa. Suomessa kestäväen kehityksen näkökulma on ollut esillä Sitran tietoyhteiskuntahankkeiden yhteydessä ja vuonna 2000 aihepiiri nostettiin esiin ympäristöklusterin tutkimusohjelmassa.

Yhtenä esimerkkinä muutoksesta luonnonvara- ja energiaintensiivisistä teknillis-taloudellisesta rakenteesta tieto- ja kommunikaatioteknologiavetoiseen rakenteeseen on käytetty Japanin talouskehitystä 1970– ja 1980-luvulla (ks. esim. Watanabe ym. 1991). Teknologis-teollinen kehitys siirtyi tieto- ja kommunikaatioteknologiavetoiseen suuntaan Japanissa 1970-luvun öljykriisin vauhdittamana. Kuten Watanabe toteaa, japanilaiset yritykset selvittivät mahdollisuuksiaan energian kulutuksen vähentämiseksi valmistusprosesseissaan ja jakelussa käyttäen hyväksi mikroelektroniikkaa ja tietotekniikkaa ja tätä prosessia kutsuttiin "*informatisaatioksi*" (1991). Tämä kehitys on nähtävissä myös Suomessa mm. prosessien ohjauksen piirissä ja energian käytön hallintajärjestelmissä. Vastaavia "on-line sovelluksia" kehitetään myös ympäristöhallintajärjestelmien osiksi.

Tieto- ja kommunikaatioteknologiaa voidaan hyödyntää kestäväen kehityksen hyväksi monin tavoin (ks. esim. Freeman 1992b). Se luo mahdollisuuksia yhä tarkemmalle teollisuusprosessien sekä energian- ja raaka-aineiden käytön valvonnalle ja seurannalle (mm. anturit, monitorit, polttoaineen kulutuksen säätö, jne.) sekä muun ohessa myös yhä tarkemmalle viranomaisvalvonnalle. Lisäksi tietotekniikka luo mahdollisuuksia paremmalle laatukontrollille sekä huonolaatuisten tuotteiden ja prosessihäiriöiden eliminoinnille. Samoin se luo edellytyksiä demateriaalisaatiolle ja tuotteiden ja niiden osien koon pienentämiselle eli "miniatyrisaatiolle". Tietotekniikka perustuu puolijohteisiin ja tämän teknologian avulla voidaan korvata ainetta tiedolla sekä vähentää materian ja energian käyttöä. Tällaisia konkreettisia tapoja edistää kestäväen kehitystä tieto- ja kommunikaatioteknologian avulla tulisi jatkossa selvittää yksityiskohtaisesti.

2.2.5 Ympäristömyötäinen suunnittelu

Ympäristömyötäinen suunnittelulla (*Design for the Environment*, DfE) tarkoitetaan teknillistä näkökulmaa, jossa tuotteiden, prosessien tai laitteistojen suunnittelussa pyritään optimoimaan ympäristönäkökohdat (esim. Gradel ja Allenby, 1995, 398). Ympäristömyötäinen suunnittelu on vähitellen vakiintunut konsepti erityisesti kulutushyödykkeiden kokoamisvaiheessa.

DfE:lle läheisiä konsepteja ovat DfA ja DfD. DfA (*Design for Assembly*) viittaa kestokulutushyödykkeiden kokoamiseen ja DfD (*Design for Disassembly*) niiden purkamiseen. Ajatuksena on, että tuotteiden suunnitteluvaiheeseen kytketään kokonaisvaltaisesti myös niiden purkamis- ja hajottamisvaiheet ja hyödynnetään kokoamisprosessiin käytetty tieto päinvastaisessa järjestyksessä purkuvaiheessa (ks. esim. Knight 1998). Täytäntöönajatteluun perustuvat myös ”käänteistehtaan” konseptit (Johansson 1997).

2.2.6 Ennakoimattomat sivuvaikutukset ja lukkiutuminen

Ympäristöön ja luonnonvaroihin vaikuttavilla toimenpiteillä saattaa olla tavoiteltujen myönteisten vaikutusten ohella ei-tavoiteltuja ennakoimattomia sivuvaikutuksia (*rebound effects*, ”bumerangivaikutukset”). Esimerkkinä voi olla teknologinen ratkaisu, jossa näennäisesti ympäristömyönteinen ratkaisu vesiensuojelussa voi siirtää ongelmia ilmansuojeluun. Ennakoimattomien sivuvaikutusten välttämiseksi ympäristöongelmia tulisi eri ratkaisujen yhteydessä selvittää kokonaisvaltaisesti ja elinkaariajattelun kattavasti. EU:n ympäristökuormituksen integroitua ehkäisemistä koskevassa IPPC-direktiivissä⁵ ilma-, vesi- ja jäteongelmia ei tarkastella ympäristöohjauksessa erillisinä sektoreina, vaan kokonaisvaltaisesti, pyrkien ”optimaalisiin” kuormitusten vähentämISRatkaisuihin sekä ympäristökysymysten että taloudellisten seikkojen kannalta.

Olemassa oleviin teknologioihin, infrastruktuureihin, normeihin ja standardeihin voidaan myös ”lukkiutua” siten, että ne voivat muodostua myös esteiksi uusien teknologioiden kehittämiseksi. Esimerkiksi kuljetus- tai energiainfrastruktuurit, mikäli ne on rakennettu joustamattomiksi ja hankaliksi muuttaa, voivat muodostua esteeksi innovatiivisille ja ympäristön kannalta kestäville muutoksille teknologisissa systeemeissä tai suurempien systeemien alasysteemeissä. Lukkiutuminen ei aina ole välttämättä vain teknologista, vaan se voi olla myös asenteellista eli ajattelumme asioiden muuttamiseksi voi lukkiutua vain nähtävissä oleviin aiemmin koettuihin perinteisiin vaihtoehtoihin.

⁵ Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996, Concerning Integrated Pollution Prevention and Control.

Lukkiutumista voidaan pyrkiä välttämään kohteena olevan ongelmaratkaisumallin kokonaisvaltaisella, monipuolisella ja perinteiset ratkaisut ja ajattelutavan ylittävillä analyyseillä.

2.3 Ympäristökysymykset ja teknologian ennakointi

Teknologian ennakointia koskevissa tutkimuksissa ja selvityksissä (*technology foresight*) pyritään hakemaan ja kartoittamaan sekä tieteellisen tutkimuksen piiristä (*“science push”*) että markkinoiden rakenteesta ja kysyntänäkymistä (*“market demand”*) tulevia mahdollisuuksia ja kehittämiskohteita eri tekniikan aloilla ml. ympäristöön liittyvä ja vaikuttava teknologia (ks. mm. Lievonen, 1996; Progress Through Partnership, 1995).

Useissa teollisuuden ja kaupan visioissa sekä teknologian ennakointia koskevissa selvityksissä ympäristöteknologia on arvioitu merkitykseltään kasvavaksi teknologiaksi tulevaisuudessa. Suomessa ympäristöteknologian kehitysnäkymiä ennakoitiin ekovientitoimikunnan työssä ja ekoviennin osuuden ennakoitiin kasvavan vuoteen 2010 mennessä vuoden 1995 kokonaisviennin tasolle (130 miljardia mk). Iso-Britannian mittavan teknologian ennakointihankkeen yhteydessä globaalien ympäristömarkkinoiden arveltiin puolestaan kasvavan nykyisestä 210 miljardista punnasta 570 miljardiin puntaan vuoteen 2010 mennessä (Progress Through Partnership 1995).

2.4 Kestäviä ratkaisuja tukevat menetelmät ja tietoperusta

Edellä tarkasteltiin joitakin olemassa olevia ja nähtävissä olevia kestävästä kehitystä tukevia innovatiivisia teknologisia ja teknillistaloudellisia näkökulmia ja konsepteja. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti näiden näkökulmien ja konseptien muuttamista kestäviksi innovatiivisiksi ongelmanratkaisuiksi, tarvittavia päätöksentekoa tukevia metodologisia työkaluja, sekä lyhyesti tietopohjan kehittämistarvetta.

Taulukkoon 1 on koottu ympäristöhallinnan menettely- ja johtamistapoja sekä näitä tukevia päätöksenteon tukimenetelmiä ja työkaluja.

Taulukko 1. Ympäristöhallinnan menettely- ja johtamistapoja sekä niitä tukevia päätöksenteon tukimenetelmiä (Loikkanen ym. 1999d).

<u>Ympäristöhallinnan menettely- ja johtamistavat mm.</u>	<u>Ympäristöhallintaa ja -johtamista tukevia päätöksenteon tukimenetelmiä mm.</u>
Ympäristöjohtaminen ja –politiikka (Environmental Management and Policy)	Ympäristövaikutusten arviointi, YVA (Environmental Impact Assessment, EIA)
Ympäristöhallintajärjestelmä (Environmental Management System, EMS)	Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, LCA)
Ympäristöauditointi (Environmental Audit)	Ympäristöriskien arviointi (Environmental Risk Assessment, ERA)
Ympäristöraportointi (Environmental Reporting)	Ympäristölaskentatoimi (Environmental Accounting, EA)
Ympäristömerkintä (Environmental Labeling)	Kokonaiskustannusten arviointi (Total Cost Assessment, TCA)
Jaettu tai laaja ympäristövastuu (Shared Product Stewardship)	Kustannushyötylaskenta (Cost Benefit Analysis, CBA)
Ekotehokkuus (Eco-Efficiency)	Ympäristöindikaattorit (Environmental Performance Indicators, EPIs)
Ympäristöä koskeva suorituskyky (Environmental performance)	

Yrityksen ympäristöpolitiikassa määritetään ympäristökysymyksiä koskevat tavoitteet ja yrityksen ”tahtotila”. Se on siten perustus kaikille muille ympäristöjohtamisen elementeille, joita ovat esimerkiksi erilaisten ympäristönsuojelutoimien toteuttaminen ja niitä tukevien menettelytapojen kehittäminen. Ympäristöhallinnan merkityksen kasvun myötä parannetaan ja kehitetään ympäristöhallinnan johtamista, organisointia, menettelytapoja ja menetelmiä, sekä tietoperustaa ja myös arvoperustaa. Riittävä tietopohja, keskeisten sidosryhmien arvostusten tunteminen ja kehittyneet työkalut ovat välttämättömiä sekä ympäristöhallintaan että innovaatioihin perustuvan kilpailukyvyyn kehittämässä.

Taulukon 1 työkaluista esimerkiksi elinkaariarviointia voidaan käyttää parannus- ja kehittämiskohteiden identifioimisessa sekä kehityksen seurannassa yrityksen sisällä, sen alihankintaketjussa samoin kuin koko liiketoimintaketjussa (ks. Loikkanen ym. 1999d). Friedrich Schmidt-Bleek Wuppertal Instituutista kehitti MIPS-konseptin (*Material Inputs Per Service Unit*), jonka avulla voidaan arvioida minkä tahansa hyvin määritellyn tuotantopanoksen osalta siihen käytettävä materiapanos (ks. myös Schmidt-Bleek 2000). On kehitetty myös erilaisia matemaattisia työkaluja, matriiseja ja muita monitorointi- ja visualisointitekniikoita tukemaan ympäristömyötäisiä ratkaisuja.

Laatutoiminnan yksi perusajatus ”sitä mitä ei voi mitata, ei voida parantaa” koskee myös sekä ympäristöön että innovaatiotoimintaan liittyviä parannustoimia. Tämän mukaisesti niin yritykset kuin hallintokin ovat kehittäneet ympäristön ja luonnonvarojen käyttöä kuvaavia kriteereitä ja indikaattoreita ympäristön tilan ja parantamisen sekä

luonnonvarojen käyttöä koskevien muutosten perustaksi. Kriteerit ja indikaattorit ovat myös ympäristömyötäisen innovaatiotoiminnan tärkeä perusta.

2.5 Yhteenveto ja jatkotutkimus

Tässä esiteltyjen kestävän kehityksen konseptien jatkokehittely edesauttaa teknillistä-loudellisesti toteuttavien ja ympäristön kannalta kestävien ratkaisujen löytämistä moniin erilaisiin ongelmiin tulevaisuudessa. Esimerkkikonseptit antavat suuntaa tuleville käytännön ratkaisuille. Konsepteja tulisi kytkeä ajankohtaistenkin ympäristökysymysten (kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen) ratkaisu- ja keinovalikoimaan. Konseptien läpikäyminen vaikkapa vain ”check list” tyyppisesti erilaisilla liiketoimintasektoreilla ja ohjausta kehitettäessä saattaa auttaa räätälöityjen ratkaisumallien löytämistä.

Yksi edellä kuvattuja konsepteja ja ajattelutapoja yhdistävä piirre on kokonaisvaltaisuus ja kokonaisvaltaisen tarkastelun tarve. Kestäviin ratkaisuihin pääseminen edellyttää, että ympäristöongelmien ohella samanaikaisesti tarkastellaan niiden ratkaisemisen teknologisia mahdollisuuksia, niihin liittyviä taloudellisia kysymyksiä, sosiaalisia mm. käyttäytymiseen ja etiikkaan liittyviä seikkoja, paikallisia, alueellisia ja globaaleja kysymyksiä, sekä politiikkatason kysymyksiä. Ongelmanratkaisujen hakeminen korostaa siten integroidun, systemisen ja monitieteisen ja monia ’perspektiivejä yhdistävän’ tarkastelun tarvetta, mikä tulee ottaa huomioon jatkossa myös innovaatiotoimintaa ja kestävän kehityksen toimia integroivien tutkimushankkeiden suunnittelussa (ks. esim. Loikkanen ja Thun 1999). Kokonaisvaltaisen osaamisen tarve ulottuu myös kaupalliseen ympäristöä koskevaan liiketoimintaan. Esimerkiksi teollistuvien maiden ympäristöhankkeissa ollaan siirtymässä järjestelmien yksittäisten osien toimituksista kohti integroitua kokonaisvaltaisia liiketoimintakonsepteja ja järjestelmätoimituksia, jotka kattavat erilaisia palveluja hankkeen rahoituksesta tuotantovaiheeseen, käyttöön ja kunnossapitoon, uudelleenkäyttöön, materiaalien kierrätykseen sekä sosiaalsiinkin näkökohtiin.

Edellä kuvattujen konseptien toteutumista ja käyttöönottoa voidaan edistää sekä yritysten yhteistoimin että yhteiskunnan teknologiapoliittisten että ympäristöpoliittisten toimien avulla. Konseptien toteuttamisen edistämiseksi voidaan käyttää hyväksi elinkaarivaiheita sekä muita luonnonvarojen käyttöä sekä ympäristökuormituksia ja vaikutuksia selvittäviä työkaluja sekä luoda yhteisiä foorumeita keskinäisten kokemusten vaihtamiseksi, dokumentoimiseksi ja kokemuksista oppimiseksi. Tulevia suuntaviivoja voidaan tukea myös teknologian ennakoituvilla tutkimuksilla. Parantumisen mittaamiseksi ja sen viestimiseksi on kehitettävä kestävän kehityksen ympäristökysymyksiä sekä taloudellisia ja sosiaalisia näkökohtia koskevia indikaattoreita.

3. Innovaatio- ja ympäristötoiminnan integrointi yritystasolla

3.1 Johdanto

Ympäristöongelmia alettiin tiedostaa länsimaissa kasvavasti sodanjälkeisen nopean kasvun kaudella 1960-luvulla ja erityisesti 1970-luvun alussa. Noista ajoista alkaen teollisuusmaiden ympäristöhallintoa on organisoitu ja ympäristönsuojelutoimia suunniteltu ja toteutettu yhä systemaattisemmin ja kattavammin. Ympäristönsuojelun pääpaino oli aluksi ympäristönormien ja standardien säätämisessä ja muissa viranomaisohjauksen muodoissa. Alan hallintoa kehitettiin sektorikohtaisesti luomalla vesiensuojelulle, ilma-suojelulle ja jätehuollolle erityislakinsa ja toimenpideohjelmansa. Suomessa vesiensuojelua kehitettiin vesilainsäädännön osana (vesilaki 1962), ja jätehuollon ja ilmansuojelun lait säädettiin 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa (jätehuoltolaki 1978, ilmansuojelulaki 1982). Ympäristökysymykset nähdään nykyisin niin Suomessa kuin muissakin kehittyneissä teollisuusmaissa olennaisina taloudellisen toiminnan reunaehtoina, mutta kasvavasti myös kilpailutekijänä. Suojelutoimien painopistevalinnoista käydään kuitenkin jatkuvaa poliittisluonteista keskustelua.

Reunaehtojen asettamiseen liittyvän viranomaisohjauksen ohella markkinoiden kautta tapahtuva ohjaus ja sen myötä yritysten ja kuluttajien oma-aloitteisuuteen perustuva ympäristönsuojelun ”itseohjaus” on kasvanut. Ympäristökysymyksestä on siten tullut yksi yritysten laadullisista kilpailutekijöistä. Laajennetulla laadun käsitteellä ei tarkoiteta tällöin ainoastaan itse tuotteeseen liittyviä ominaisuuksia, vaan myös sellaisia tuotteen tuottamiseen liittyvien prosessien laadullisia ominaisuuksia, jotka saattavat vaikuttaa tuotteen arvoon asiakkaalle. Tällaisen *laajan laatu käsitteen* omaksuminen kilpailuolosuhteissa voi kannustaa yrityksiä ympäristösuorituskyvyn jatkuvaan parantamiseen ja yritykset ovatkin omaehtoisesti käynnistäneet runsaasti yhteiskunnan ympäristöohjausta täydentäviä toimia. Uskottavat instrumentit ja toimintamallit, joiden avulla yritys, sen alihankkijat ja koko liiketoimintaketju voivat osoittaa ja viestiä laatunsa asiakkaille, ovat keskeisessä asemassa yrityksen ja asiakkaan välisen, kaupanteolle välttämättömän luottamuksen rakentamisessa.

Ympäristönsuojelua toteutettiin alkuvaiheessa siirtämällä ongelmia ”kauemmaksi” esimerkiksi piippuja pidentämällä, millä kuviteltiin voitavan myös laimentaa päästöt ympäristön kannalta haitattomalle tasolle. Piipunpidennystä ja tuotannon keskittämistä pidettiin riittävinä parannustoimina myös minimoitaessa tuotannolle aiheutuvia haittoja. Konkreettisten ympäristönsuojelutoimien ja -ohjelmienkin pääpaino oli aluksi haitallimmiksi koettujen päästöjen rajoittamisessa prosessien kannalta ulkoisten parannustoimien avulla (*add-on technology, joskus myös end of pipe technology*). Kun merkittä-

vimmiksi koettuja päästöongelmia saatiin vähitellen hallintaan, painopistettä siirrettiin ulkoisten toimien ohella ennaltaehkäiseviin ratkaisuihin tuotantoprosessien sisällä (*process changes*). Usein motivaatio tähän on ollut taloudellinenkin ja johtunut siitä, että erilaiset ulkoiset ”piipunpääteknikat” ovat kalliita ja resursseja kuluttavia. Seuraavassa vaiheessa, ympäristössä tapahtuvien muutosten syiden ja mekanismien paremman tuntemuksen myötä, huomiota on alettu kiinnittää yhä enemmän suoraan tuotteisiin ja tuotejärjestelmiin (mm. *NORD* 1995). Kuten edellisessä luvussa kuvattiin, mielenkiinto on laajenemassa edelleen tuotteiden antamiin palveluihin sekä niitä käyttävien kuluttajien käyttäytymiseen, tottumuksiin sekä uusien toimintatapojen ja tarpeiden tyydyttämisen muotojen hakemiseen (mm. Heiskasen käynnissä olevat tutkimukset sekä viitteet vuosilta 1995 ja 1996 ja Niva ym. 1996). Edelläkävijöinä tuotelähtöisessä ajattelussa olivat pakkaukset, mutta sittemmin tuotelähtöinen ympäristöajattelu on laajentunut tai laajentumassa monille muille tuotealueille, esimerkiksi paperiin, jonka kierrätyksestä on EU:ssa käyty pitkään vilkasta keskustelua. Ajattelutavan muutosta tuotteista niiden antamaan lopulliseen palveluun ja funktioon on jouduttanut osaltaan ”faktoriajatteluun” liittyvä ajattelutapa tarkastella materian käyttöä tuotteen antamaa palvelua kohti (*MIPS*).

Vähitellen on ymmärretty, että tuotteet, valmistusprosessit, eri energianmuotojen käyttö, palvelujen tuottaminen ym. toiminnot voidaan saattaa ekologisesti kestävämmälle pohjalle vain tarkastelemalla ja vertailemalla vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia niiden elinkaaret kattavasti ja ottamalla huomioon erilaisten vaikutusten moniulotteisuus. Tapahtunut ajattelutavan kehitys heijastelee sitä, että ympäristöongelmia ja niiden syitä on opittu tarkastelemaan moniulotteisesti. Huolellinen eri näkökulmien ja ulottuvuuksien huomioiminen edesauttaa kestävien ongelmaratkaisujen löytymistä. Näitä ulottuvuuksia ovat esimerkiksi: tekninen toteutettavuus, taloudelliset ja ympäristövaikutukset, vaikutukset käyttäytymiseen ja muut sosiaaliset seikat, eettiset kysymykset, alueelliset ja ajalliset näkökohdat ja globaalit kysymykset. Näitä kaikkia pyritään ottamaan huomioon mm. elinkaariajattelussa ja liiketoimintaketjujen hallinnassa.

Yritysten asiakasryhmien, osakkeenomistajien ja muiden sidosryhmien asenteiden muutokset ja niiden kautta yrityksiin kohdistuvat vaatimukset tuotannossa, liiketoimintaketjuissa ja kulutuksessa eivät tulevaisuudessa näytä rajoittuvan vain ympäristökysymyksiin, vaan myös sosiaalisiin ja eettisiin periaatteisiin. Esimerkkejä tästä ovat esimerkiksi lapsityövoiman käyttöön liittyvät paljastukset. Yritysten osakearvoja ”reitataan” nykyisin ympäristöasioiden ohella myös eettisten periaatteiden mukaan. Eettisiä investointirahastoja toimii jo Yhdysvaltojen ja Iso-Britannian ohella myös Suomessa ja eettistä reittoausta varten toimii siihen erikoistuneita yrityksiä. Vaikka tämän alueen kehitysnäkymiä on vaikea ennustaa, sen merkityksen vähittäinen kasvu näyttää ilmeiseltä. Siten erityisesti informaatioteknologian maailmanlaajuinen käyttöönotto ja sen tukemana tapahtunut ”globaalin tietoisuuden” voimistuminen ovat muuttaneet liiketoimintaympäristöä tavalla, jossa arvokonfliktien tai muiden ympäris-

töjohtamisjärjestelmän epäonnistumisten (*”EMS-breakdown”*) vuoksi yritys voi joutua jopa ostoboikotin kohteeksi.

Joidenkin viimeaikaisten tutkimusten mukaan kannattavuutta, markkinoita ja ympäristömyötäisyyttä koskevat tavoitteet korreloivat keskenään positiivisesti ja ympäristöasioista on siten tullut yritysten ja markkinoilla olevien tuotteiden välisen kilpailukyvyn arviointiin uusi merkittävä komponentti. Yritystoiminnan *”vihreän haasteen”* lähtökohdahanvointia voidaan ottaa Porterin ja van der Linden seuraava päätelmä.

”Se, miten tietty teollisuudenala vastaa ympäristöongelmiin, saattaa itse asiassa olla tärkein mittari sen kilpailukyvästä kokonaisuudessaan. Sitä paitsi todella kilpailuhenkinen teollisuus suhtautuu uuteen standardiin haasteena ja vastaa siihen innovaatioilla (Porter ja van der Linde 1996).”

Arvaamattomat toimintaympäristössä tapahtuvat muutokset vaikuttavat eri yrityksiin ja toimialoihin eri tavoin. Investointipainotteisilla *”kypsillä”* teollisuuden aloilla arvaamattomat toimintaympäristömuutokset saattavat rapauttaa kilpailukyvyn, jos sopeutumiseen ei ole varattu riittävästi resursseja. Muutoksiin varautuminen vähentää riskejä, mutta lisää vääjäämättä kustannuksia. Yritykset joutuvat asemoimaan itsensä strategisissa kysymyksissä, joista ympäristökysymykset muodostavat yhden merkitykseltään kasvavan dimension. Toimintaympäristön muutosvoimien seuraaminen ja tunnistaminen on keskeinen osa yritysten strategista suunnitteluprosessia ja samalla avain yritysten tekemien valintojen ymmärtämiselle.

Tässä luvussa tarkastellaan yrityksen ympäristötoiminnan ja innovaatiotoiminnan vuorovaikutukseen ja integrointiin liittyviä kysymyksiä. Johdantoluvussa esitettiin tälle kirjallisuustutkimukselle tarkastelukehikko t&k- ja innovaatiotoimintojen sekä ympäristötoimintojen integroimiseksi yritysten ja hallinnon tasoilla (Kuva 1). Tähän perustuen tässä luvussa tarkastellaan ensin yritysten ympäristötoiminnan lähtökohtia, sitä ohjaavia tekijöitä ja kehitystrendejä, ympäristöasioiden hallintaa kilpailukykytekijänä, sekä t&k:n ja innovaatiotoiminnan roolia ympäristötoiminnan näkökulmasta. Tämän jälkeen aihepiiriä tarkastellaan yritysten t&k- ja innovaatiotoiminnan lähtökohdista, ensin t&k:n, innovaation ja teknologisen kilpailukyvyn merkitystä, kehitysnäkymiä ja haasteita sekä sitten ympäristönsuojeluun ja kestävään kehitykseen liittyviä seikkoja tästä näkökulmasta. Lopuksi esitetään joitakin tästä aihepiiristä nousevia tutkimuskoh-teita, -tasoja ja hypoteeseja.

3.2 Yrityksen ympäristönsuojelutoimet ja innovointi

3.2.1 Johdanto

Yhteiskunnan ohjaus on aiempina vuosikymmeninä toiminut myös yritysten ympäristönsuojelun tärkeänä moottorina ja sillä on teollisuuden ympäristökysymyksissä roolinsa jatkossakin. Ympäristökysymysten monimutkaisuus ja nivoutuminen läpäisevästi inhimillisen toiminnan eri muotoihin tekee kuitenkin niiden keskitetyn hallinnan sekä kestävän kehityksen edellyttämien muutosten koordinoimisen yhteiskunnalle vaikeaksi. Kestävää kehitystä koskevien tavoitteiden saavuttamiseksi ympäristöajattelu tulisikin pyrkiä yhdistämään osaksi kaikkea taloudellista toimintaa ja sen piirissä tehtäviä päätöksiä.

Ympäristöasioiden kehitys yrityksissä on vähitellen edennyt suppeista asiantuntijatoiminnoista koko liiketoiminnan läpäiseväksi. Yritysten toiminnot liittyvät monin tavoin ympäristö- ja luonnonvarakysymyksiin. Aluksi yhteiskunnan sääntelemät ympäristöä koskevat reunaehdot ovat vähitellen laajenneet yritysten asiakkaiden ja erilaisten sidosryhmien määrittelemiksi kilpailutekijöiksi (mm. Pänkäläinen ym.). Yhteiskunnan välittömän ohjauksen lisäksi on nähtävissä merkkejä yritysten, järjestöjen ja kuluttajien oma-aloitteisen ympäristöhallinnan aktivoitumisesta. Niistä päätellen ympäristönsuojelua toteutetaan tulevaisuudessa kasvavasti markkinoiden, osakkaiden, kuluttajien ja erilaisten sidos- ja intressiryhmien arvojen ja asenteiden sekä niissä tapahtuvien muutosten mukaisesti. Enää ei välttämättä riitä, että yritys suoriutuu ympäristönormeista, vaan sen on esiinnyttävä edukseen kaikkien, usein ristiriitaistenkin ominaisuuksien suhteen, joita asiakkaat ja eri sidosryhmät vaativat. Jos näiden vaatimusten täyttämistä ollaan hylkymään maksamaan, tarjoutuu yrityksille mahdollisuus erottua toisistaan. Tätä kehitystä ovat siivittäneet mm. yleisen ympäristötietoisuuden kasvu, tietotekniikan kehitys sekä tieteen uudet löydökset. Tuotteiden erilaistaminen mahdollistaa valinnat ja samalla asiakkaiden toiveista kertovan informaation kulun taloudelliseen päätöksentekoon. Ympäristökysymysten hallinta on vakiintumassa yrityksissä liiketoiminnan tärkeäksi osa-alueeksi.

Yrityksen keskeiset ympäristökysymyksiä koskevat linjanvedot tiivistetään yrityksen ympäristöpolitiikaksi. Se on perusta yrityksen ympäristöjohtamiselle ja erilaisten ympäristönsuojelutoimien ja niitä tukevien menetelmien ja menettelytapojen soveltamiselle. Ympäristöhallinnan merkityksen kasvun myötä parannetaan, kehitetään ja uudistetaan ympäristöasioiden johtamista, organisointia, ympäristöhallinnan menetelmiä ja menettelytapoja sekä tietoperustaa. Riittävä tietopohja ja kehittyneet työkalut ovat välttämät-

tömiä niin ympäristöhallinnan kuin siihen perustuvan kilpailukyvyyn kehittämisessä. Keskeisiä yrityksen ympäristöhallinnan menettely- ja johtamistapoja sekä päätöksenteon tukimenetelmiä ja työkaluja on listattu seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 2. Ympäristöhallinnan mahdollisia elementtejä. Käytännössä jokainen yritys valitsee omista lähtökohdistaan sopivimmat elementit.

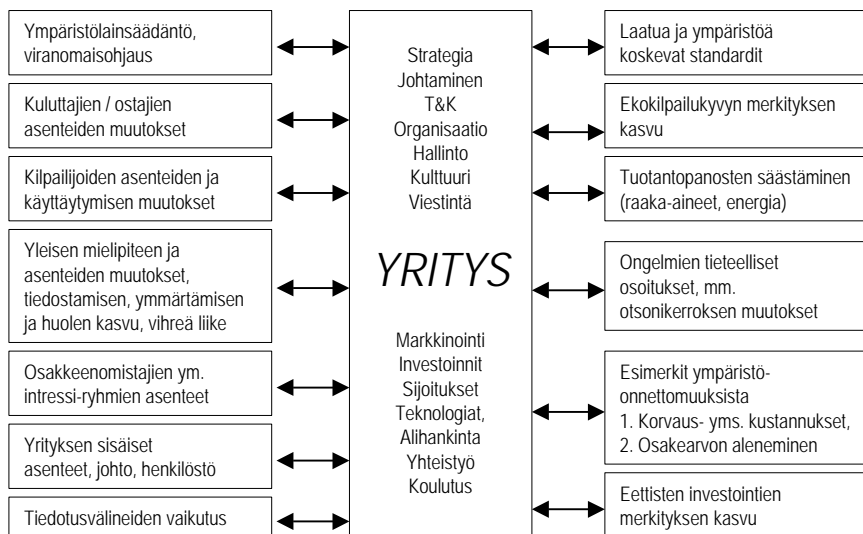
Yrityksen ympäristöpolitiikka ja –johtaminen
 Ympäristöhallintajärjestelmä
 Ympäristölupaprosessit
 Ympäristöauditoinnit (tarkastukset)
 Ympäristöraportointi (sisäinen ja ulkoinen viestintä)
 Ympäristötoimenpideohjelmat ja -sektoripolitiikat
 Ympäristösertifioinnit, -merkinnät, –selosteet ja vapaaehtoiset sopimukset
 Omaa ja kilpailijoita koskevat ympäristösuorituskykytarkastelut (Benchmarking)
 Investointeja koskevat ympäristötarkastukset
 Ympäristövaikutusten arviointiprosessit
 Ympäristöriskien arviointi
 Ympäristölaskentatoimen sovellukset
 Ympäristöindikaattorit, EPIs (Environmental Performance Indicators)
 Elinkaariarviointi, LCA (Life Cycle Assessment)
 Kokonaiskustannusten arviointi, TCA (Total Cost Assessment)
 Kustannustehokkuustarkastelut, CEA (Cost Effectiveness Analysis)
 Kustannushyötytarkastelut, CBA (Cost Benefit Analysis)
 Yrityksen ympäristöstrategian muodostamista tukeva fokusoitu T&K toiminta

Markkinoiden vähittäisen ”vihertymisen” seurauksena niiden yritysten määrän odotetaan kasvavan, jotka ovat siirtyneet aikaisemmasta reaktiivisesta tai defensiivisestä ympäristöasenteesta ja –strategiasta proaktiiviseen ja offensiiviseen (esim. Porter ja van der Linde 1996). Reaktiivisen ja defensiivisen asenteen taustalla saattaa olla se, että alkuvaiheessa yritysten ympäristöorganisaatioiden yhdeksi tehtäväksi saattoi muodostua suorastaan yrityksen ”puolustaminen” viranomaista ja muita yhteiskunnallisia paineita vastaan. Siirtymä proaktiiviseen strategiaan ei kuitenkaan tapahdu itsestään, vaan edellyttää oman ”ympäristösuorituskyvyn” vankkaa tuntemista suhteessa kilpailijoihin ja uskoa siihen, että ympäristökysymysten nostaminen kilpailutekijöiksi kannattaa. Offensiivisen ympäristöstrategian merkkejä ovat vuorovaikutteinen toimintaympäristön seuranta ja sidosryhmäkommunikaatio, ympäristöargumenttien käyttö myynnissä ja markkinoinnissa, aloitteellisuus ympäristökysymysten esiintuomisessa ja niiden hallinnassa

sekä merkittävä panostus radikaalien ympäristöinnovaatioiden tutkimus-, kehitys ja demonstraatiotoimiin pitkántähtäimen kilpailukyvyn ja asiantuntemuksellisen ”ilmaherruuden” varmistamiseksi.

3.2.2 Kestävä kehitys ja yrityksen toimintaympäristö

Yrityksen ympäristöstrategiset valinnat eivät synny tyhjiössä, vaan aina toimintaympäristön myötävaikuttamana. Toimintaa ohjaavia, usein ristiriitaisiakin signaaleita tulee yhtäaikaaisesti monilta tahoilta. Tällaisessa tilanteessa on vaikeaa tehdä vahvoja johtopäätelmiä asennemuutosten laajuudesta, nopeudesta ja vaikutuksista. Tähän kehitykseen myötävaikuttavat erilaiset seikat, joita valaisee Peattien ja Charterin tutkimuksiin pohjautuva kuva 5. Kuten kuviosta ilmenee, ympäristömyötäisen toiminnan vaikuttimet on otettava huomioon useimmilla yrityksen tehtävä- ja toiminta-alueilla. Vaikka kuvio korostaa ympäristömyötäistä toimintaa edistävien seikkojen vaikutusta yrityksiin, niillä on lisäksi vaikutuksensa kaikkiin taloudellisiin toimijoihin, kuten kilpailijoihin, kuluttajiin ja kotitalouksiin. Samoin ne vaikuttavat myös viranomaisten toimenpiteiden suuntaamiseen ja kehittämiseen. Seuraavassa muutosvoimia tarkastellaan hieman yksityiskohtaisemmin.



Kuva 5. Yritysten ympäristömyötäiseen toimintaan vaikuttavia seikkoja (mukaillen Peattie and Charter 1997).

Eri intressitahojen ja sidosryhmien asenteiden muuttuminen ympäristömyötäiseen suuntaan on keskeinen ympäristömyötäisiä uudistuksia edistävä voima. Tämä koskee yritysten johtoa ja henkilöstöä, omistajia, sijoittajia, alihankkijoita, kilpailijoita, tuotteiden ostajia, kuluttajia ja kuluttajaryhmiä, kotitalouksia sekä viranomaisia. Oma vaikutuksensa kehitykseen on ollut ympäristönsuojelun kansalaisliikkeillä ja medialla. Nopeasti kehittyvät laatu- ja ympäristöstandardit antavat yhdenmukaisia kehyksiä, toiminta-

tapoja, malleja, muistilistoja ja muuta systematiikkaa ympäristöhallinnalle, ja ne perustuvat lisäksi ulkopuolisten tahojen tarkastuksiin. Ympäristönsuojelun sisällöllisiin kysymyksiin nämä järjestelmät eivät kuitenkaan tarjoa valmiita vastauksia. Mitä harmonisoidumpaan ja standardisoidumpaan suuntaan tietojen esittämistavoissa kuljetaan, sitä paremmin yritykset ja niiden intressiryhmät voivat benchmarking -tyyppisesti verrata keskinäistä suorituskyykyään ko. ympäristöasioissa ja sitä läpinäkyvämmiin nämiä asioita ovat myös raportoitavissa eri sidosryhmille ja asiakkaille. Vasta vaihtoehtojen olemassaolo ja ympäristöä koskevien ominaisuuksien vertailumahdollisuudet luovat ympäristökilpailun ilmapiirin, joka voi tehostaa markkinoiden ohjaavaa vaikutusta ja asiakkaiden arvostusten kanavoitumista liiketoimintaketjujen sisäisiin valintoihin asti.

Monissa tapauksissa ympäristönsuojelutavoitteet ovat yhdensuuntaisia yritysten tuotantopanoksia säästävien sekä tuotantoa ja tuottavuutta parantavien toimien ja innovaatioiden kanssa (energiaa ja raaka-aineita säästävää teknologia). Teknologian kehittämisellä ja sitä tukevalla t&k-toiminnalla on yritysten kilpailukyvyllä kasvava merkitys (ks. esim. Foray and Freeman Eds. 1993, Vuori 1997). Käytännössä monien ympäristöongelmien lieventämissäpyrkimykset konkretisoituvat viime kädessä teknologisina uudistuksina ja taloudellisen vaihdannan lisääntymisenä. Siksi ympäristötarpeiden ja yritysten innovaatiotoiminnan integroiminen toisiinsa sisältää runsaasti kilpailukyvyllä kehittämistä ja liiketoimintojen laajentamista koskevia mahdollisuuksia. Nämä mahdollisuudet eivät koske ainoastaan yrityksiä, vaan myös innovaatiomyötäistä ympäristönsuojelun viranomaisohjausta (ks. esim. Porter ja van der Linde 1996 sekä OECD 1999a).

Ympäristökysymyksillä on esimerkiksi ympäristöonnettomuuksien yhteydessä huomattava välitönkin taloudellinen merkityksensä. Ennallistamis- yms. korvaukset saattavat nousta hyvinkin korkeiksi, jos niitä ylipäättänsä voidaan korvata. Lisäksi joidenkin tapahtuneiden onnettomuuksien yhteydessä yrityksen imagon heikkenemisen ja korvauskustannusten ohella sen osakkeiden arvon aleneminen on ollut merkittävää. Tällaiset seikat ovat osaltaan toimineet taloudellisista menetyksistä varoittavina esimerkkeinä ja kannustaneet ennaltaehkäiseviin toimiin.

Ympäristöllisen ja taloudellisen suorituskyyvyn sekä osakkeenomistajien arvon väliset vuorovaikutukset ovat muuttumassa tärkeäksi liiketoimintaan liittyväksi kysymykseksi. Aiemmin rahoitus- ja pankkisektori, aliarvioiden ympäristöressurssien merkitystä, suosi laskentatapoja, jotka eivät kuvanneet ympäristöriskejä ja –mahdollisuuksia. Siitä huolimatta ympäristöllisen ja taloudellisen suorituskyyvyn välinen korrelaatio vaikuttanee enenevässä määrin tulevaisuuden päätöksentekoon ja sen ennakoimaan vähitellen johtavan rahoitusmarkkinoiden “vihertymiseen” (esim. Schmidheiny and Zorraquin 1998).

Kuluttajat voivat ohjata kehitystä kestävämpään suuntaan käyttäytymismuutoksillaan ja elintavoillaan. Heidän valintojensa vapausasteet ja oheishyödyt ympäristön kannalta

ovat suurimmat, koska heidän tekemänsä päätökset tehdään liiketoimintaketjun loppupäässä. Käyttäytymiseen liittyvät innovaatiot saattavat liittyä energiansäästöön, ravintotottumuksiin tai vaikkapa työskentelytapoihin (etätö ja pyrkimys ”paperittomaan toimistoon”). Tulevien mahdollisten asiakkaiden osallistumista suoraan yritysten kehitysaktiviteetteihin tulisi kannustaa, sillä näin tuotteelta toivottavista ominaisuuksista saadaan käsitys riittävän aikaisessa vaiheessa, jolloin monenlaiset muutokset ovat vielä teknillisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Kestävää käyttäytymistä voidaan edesauttaa ottamalla näitä aihepiirejä mukaan kasvatukseen, koulutukseen ja opetukseen. Kestävää käyttäytymistä voidaan edistää myös ympäristöhyödykkeiden hinnoittelulla rakentamalla tulevien sukupolvien preferenssit ”keinotekoisesti” hintajärjestelmän sisään. Sidosryhmien käyttäytymismuutoksilla ja niihin vaikuttavilla kannustimilla on keskeinen rooli yritysten ympäristö- ja innovaatiotoimia koskevien strategiavalintojen ja niiden yhdistämisen kannalta. Näin ”*command and control*” -tyyppinen keskitetty ympäristöohjaus voi saada tuekseen markkinavetoisen hajautetun mekanismin.

3.2.3 Ympäristöasiat, innovaatiot ja yritysten kilpailukyky

Edellä oleva kuva viestii, että ympäristöasioiden merkitys yritysten kilpailukyvyyn yhtenä osatekijänä on kasvanut (ks. esim. KTM 1995a-d, Porter ja van der Linde 1996). Toimintaa ohjaavia signaaleita tulee monista eri suunnista. Yritysten toiminnan lähtökohdista on kannattava liiketoiminta - tappiollista toimintaa ei voida kauaa harjoittaa. Kuluttajat puolestaan ostavat hyödykkeitä (joista osa on täysin välttämättömiä) erilaisen tarpeiden tyydyttämiseksi ja osallistuvat työpanoksensa kautta taloudelliseen vaihdantaan. Tuotteen hinta ei ole kuitenkaan ainoa tuotteen valintaan liittyvä kriteeri, samoin kuin työstä saatava palkka ei ole ainoa työpaikan valintaan liittyvä seikka - molemmissa vaikuttavat rahan ohella laadulliset seikat. Niiden huomiotta jättäminen voi johtaa virhepäätelmiin ihmisten käyttäytymistä selitettäessä ja arvioitaessa. Käytännössä ei voitane yksikäsitteisesti määrittää mitä hyvinvointi on, samoin kuin sitäkin, mitkä tarpeet ovat perustarpeita ja mitkä eivät. Ongelmien välttämiseksi näitä kysymyksiä tulisikin lähestyä käytännön läheisesti, myös empiirisistä eikä vain teoreettisista lähtökohdista. Tämän ongelman olemassaolo voidaankin toisaalta nähdä yritystoiminnan näkökulmasta uusien tuote- ja palveluideoiden ja mahdollisuuksien lähteenä.

Ympäristökysymysten merkityksen tunnustava yritys integroi luonnonvarojen käytön ja muut ympäristöasiat yleiseen tavoiteasetteluunsa ja strategiaansa. Stegerin mukaan tärkein yrityksen päämäärä tai visio on sen olemassaolon säilyttäminen sekä tätä tukevien voimavarojen ja kilpailuetujen vahvistaminen pitkällä ajanjaksolla (Steger 1993). Seuraavalla tasolla ovat strategiset tavoitteet (”*missio*”) eli kannattavuus, markkinoita koskevat tavoitteet sekä toiminnan muut reunaehdot, jotka ovat välttämättömiä yrityksen menestymiselle pitkällä ajanjaksolla.

Mitä ympäristöasioihin perustuva kilpailukyky merkitsee yrityksille? Yritykset ja yritysryhmät voivat tässä suhteessa poiketa toisistaan olennaisestikin ainakin seuraavilla tavoilla.

Yritykset, joiden ympäristökysymysten hoitamisessa tarvitaan innovaatioita

Ensinnäkin joidenkin yritysten ja yritysryhmien tuotantoprosesseihin liittyy sellaisia ympäristökysymyksiä, joiden ratkaisemisessa tarvitaan monipuolisia innovaatioita (esimerkiksi energiateollisuudessa tai raskaassa prosessiteollisuudessa). Näiden yritysten osalta on kiinnostavaa mm. se, missä määrin ne ensinnäkin kehittävät omia innovaatioita ongelmiensa ratkaisemiseksi, ja toisaalta - kannustavatko akuutit ympäristökysymykset ja osaltaan ympäristöregulaatio niitä hakeutumaan yhteistyöhön ympäristöteknologiaa kehittävän teollisuuden kanssa. Näillä aloilla relevantti tutkimushypoteesi on se, edellyttääkö ympäristöasioiden hyvä hoito hyvää liiketaloudellista tilannetta tai missä määrin ympäristöasioiden hyvä hoito on edellytys liiketaloudelliselle menestymiselle.

Ympäristökysymykset liiketoiminta-alueena

Toiseksi yritysten liiketoiminta voi perustua ympäristötuotteiden, -teknologioiden ja -palvelujen kehittämiseen ja tuotantoon sekä niiden vientiin (esimerkiksi energia-alalla uusiutuvien energiamuotojen ja energiansäästön teknologiat ja oheispalvelut). Näiden osalta tulisi selvittää mm. sitä, ovatko vientimahdollisuudet kannustavia ja onko innovaatiotoiminnan ja ympäristötoiminnan integraation kautta löydettävissä kilpailukykyä edistäviä tekijöitä. Tässä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoite on yksi ajankohtainen aihepiiri.

Ympäristöinnovaatioiden tuottajien ja tarvitsijoiden yhteistyö ja verkostot

Näiden ”päätyyppien” lisäksi voi olla yrityksiä, joiden toimintaan liittyy molempia edellä mainittuja ympäristöteknologiaan ja innovaatioihin liittyviä kysymyksiä. Näiden erilaisten yritysten ja niiden liiketoimintaketjujen yhteistyön kansallisella kehittämisellä, käyttäen hyväksi myös mm. käyttäjien ja tuottajien yhteistyöketjuja, voidaan hakea innovatiivisia ratkaisuja ympäristöongelmiin. Mielenkiintoinen tutkimuskohde tässä suhteessa on vapaisiin markkinoihin siirtynyt energia-ala.

Edellä kuvattiin sitä, miten ympäristökysymykset yhtenä osatekijänä ohjaavat yritysten osakkaiden, alihankkijoiden, kuluttajien ja muiden sidosryhmien toimintaa. Näiden kaikkien ryhmien voidaan ennakoida yhä useammin edellyttävän, että kunkin yrityksen, tuotantopanosten ja kulutukseen tarkoitettujen hyödykkeiden kilpailukyky erilaisten ympäristökysymysten osalta kyetään osoittamaan vertailuja ja valintoja varten lä-

pinäkyvästi ja luotettavasti. Tämä on yksi edellytys sille, että kuluttajat ja sijoittajat voivat tehdä kestäviä hankintapäätöksiä. Toistaiseksi näitä tietoja on vaikea saada ja ne ovat usein epävarmoja tai vertailukelvottomia. Näin ollen asiakkaat eivät välttämättä saa tärkeiksi kokemistaan näkökohdista haluamaansa informaatiota eikä markkinamekanismi ohjaa tuotannollisia päätöksiä asiakkaiden toivomaan suuntaan. Jos markkinamekanismi toimii ”tehottomasti”, ainoaksi keinoksi ristiriidan ratkaisemiseksi jää poliittisen prosessin kautta tapahtuva yhteiskunnan interventio. Näin ollen sekä talouden että politiikan kautta ilmenevien muutosten taustalla ovat samantyyppiset muutokset eri toimijoiden arvoissa ja valintatapumuksissa.

Edellä todettiin, että ympäristökysymysten ja innovaatiotoiminnan integroimiseen sisältyy runsaasti kilpailukyvyn kehittämistä koskevia mahdollisuuksia. Porterin ja van der Linden (1996) mukaan tämä ei koske vain yrityksiä, vaan myös innovaatiomyötäistä ympäristönsuojelun viranomaisohjausta. Kuten tutkijat argumentoivat, viranomaisohjauksen toimet ja instrumentit voitaisiin vastedes suunnata yhä enemmän tukemaan ympäristömyötäistä innovaatiotoimintaa ja jatkuvan parantamisen prosesseja.

3.2.4 Ympäristönhallinta, laadunhallinta ja elinkaariajattelu

Ympäristöhallinnan kehitys nivoutuu tänä päivänä läheisesti yritysten laadunhallintaa koskeviin toimiin. Nykyaikaisen laadunhallinnan juuret ovat Japanin teollisuudessa 1950-luvun alkupuolella, jolloin japanilaisyrietykset kehittivät laatutoimintaansa yhdysvaltalaisen konsulttien (mm. Deming, Juran) avulla. Osittain systemaattisen laatutoiminnan, osittain muiden johtamiseen ja organisaatioihin liittyvien tuotannon tehokkuutta parantavien toimien takia japanilaisyrietysten kansainvälinen kilpailukyky nousi länsimaiden tasolle ja niiden ohi (ks. esim. Womack, Jones and Roos 1990). Tämän siivittämänä Yhdysvalloissa ja Euroopassa yritykset lähtivät vastaavasti kehittämään laatutoimintaansa erityisesti 1980-luvulta lähtien.

Laatutoiminnan perustana olivat alkuvaiheessa kansalliset laatustandardit (esim. British Standard (BS) -järjestelmä). Vähitellen laatutoiminnan periaatteita ja sovelluksia alettiin kehittää kansainvälisenä yhteistyönä (ISO -järjestelmä) ja yritysten laadunhallintaa kehitettiin siinä harmonisoitujen periaatteiden mukaisesti. Laatujärjestelmät ja laatustandardit kuten ISO 9000 ja BS 5750 keskittyvät tuotantoprosessien ja tuotteiden, kuten paperi, autot, ym. laadun varmistukseen, ja myös palvelut saivat laatustandardinsa (ISO 9004-2). Ympäristöasioiden merkityksen kasvettua 1980-luvun lopulla ja 1990-luvun alkupuolella kokonaislaadunhallintaa alettiin täydentää ympäristönhallintaa koskevilla standardeilla. Niiden kehittäminen perustui aluksi BS -järjestelmään (BS 7750). Euroopan Yhteisöjen piirissä kehitettiin EMAS-järjestelmä ja kansainvälistä ISO-järjestelmää alettiin täydentää ympäristöhallintaa koskevalla ISO 14000-sarjalla. Vähitellen yritykset

ovat luoneet laatujärjestelmiensä rinnalle esimerkiksi ympäristö-, terveys- ja turvallisuus –ajatteluun (EHS) perustuvat ympäristöhallintajärjestelmät tai ovat muutoin integroineet laatu- ja ympäristöasiat laadunhallinnan kokonaisuudeksi. Ei ole kuitenkaan selvää, mikä on näiden järjestelmien vaikutus puhtaampien teknologioiden käyttöönottoon ja kehittämiseen. Tanskalaisen tutkimuksen mukaan EMAS ja ISO 14001 -järjestelmät eivät juurikaan ole edistäneet puhtaampien tuotantovaihtoehtojen käyttöönottoa (Hillary and Thorsen 1999).

Yhtenä osana ISO 14000-sarjaa on myös elinkaariarviointi, joka luonteeltaan liittyy laajan ympäristövastuun käsitteeseen toimijoiden tuotantoketjussa. Jaetusta ja / tai laajasta ympäristövastuusta käytetään nimityksiä *Shared Product Stewardship* tai *Extended Producer Responsibility* (esim. UNEP 1992, CEFIC 1998). Niiden mukaisesti ympäristöasioiden vastuuta ja hoitamista tulisi tarkastella tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa vaikuttavien toimijoiden kannalta. Ympäristöasioiden hoitoa koskeva kiinnostus ei siten rajoitu vain yritykseen, jonka osakkeisiin sijoittaja harkitsee sijoittavansa tai yritykseen, jonka tuotteita kuluttaja harkitsee ostavansa. Ympäristövastuu nähdään laajempaan kattaen yrityksen tuotantoprosessin lisäksi sen energia- ja raaka-ainepanoksia koskevan alihankinnan sekä tuotteen käytön ja hylkäämisen ympäristövaikutukset, eli yrityksen tuotannon ja tuotteiden koko elinkaaren. Ketjun on oltava laadultaan (ml. ympäristöasiat) kunnossa koko elinkaaren osalta. Tästä syystä elinkaariajattelu ja elinkaariarviointi menetelmänä ovat nousseet tärkeiksi seikoiksi ympäristöasioihin perustuvan kilpailukyvyn arvioimisessa. Yritysten menestys ja kilpailukyky ovat nykyisin riippuvaisia koko arvoketjun hallinnasta alihankinnat mukaan luettuna.

Monet lopputuotteita valmistavat yritykset asettavat selkeitä määrällisiä ympäristölaatuvaatimuksia alihankkijoilleen ja myös kilpailuttavat niitä ympäristökysymysten perusteella. Tämä lähestymistapa on tunnistettu kasvavassa määrin eurooppalaisille yhtiöille tavaroita toimittavien aasialaisten yritysten piirissä (esim. Crul ja Schnitzer 1998). Siitä huolimatta kansainvälisten tavaroiden, raaka-aineiden ja energian toimitusketjujen valtioiden rajat ylittävät integroidut analyysit ovat vielä alkuvaiheessa. Tällaiset analyysit, tuettuina logistisilla tarkasteluilla, voivat paljastaa keskeisiä kysymyksiä liiketoimintaketjujen teknistaloudellisesta kehityksestä ja niitä tulisi tukea osana ennakoivaa ympäristöstrategiaa.

Teknisesti, taloudellisesti ja ympäristön kannalta kestävät ja innovatiiviset ratkaisut ovat itse asiassa laadunhallinnan periaatteiden mukaisia. Panosten tehokas käyttö ja hankalasti käsiteltäviä materiaaleja koskevien tarpeiden, niiden korvaamismahdollisuuksien sekä tarpeettomien toimintojen eliminointi ovat tässä keskeisiä keinoja. Modernin laatu toiminnan lähtökohdat ovat tärkeitä tuhlaavan ja vanhentuneeseen massatuotantoon liittyvien asenteiden muuttamisessa ympäristön kannalta myönteisiksi. Tälle ajatteluta-

valle olivat ominaisia tuotantoprosessien suuret jäte- ja hylkäysmäärät (Porter and van der Linde 1996; Freeman 1992b).

Elinkaariajatteluun perustuva kokonaisvaltainen ympäristöhallinnan näkökulma liittyy myös luopumiseen aiemmasta sektorikohtaisesta, vesiensuojelun, ilmansuojelun ja jätehuollon erillistarkastelusta. Elinkaaritarkastelussa eri ympäristölohkoja ja niihin liittyviä kuormitusongelmia käsitellään integroidusti pyrkien eri päästöongelmat kattavaan analyysiin. Tällaiseen ajatteluun perustuva Euroopan Unionin IPPC-direktiivi asettaa osaltaan suojeluratkaisuille uusia vaatimuksia ja metodologia tutkimustarpeita.

3.3 Yrityksen innovaatiotoiminta ja kestävä kehitys

3.3.1 Johdanto

Yrityksen olemassaolon lähtökohtana on kyky tuottaa hinta-laatusuhteeltaan kilpailukykyisiä tuotteita tai palveluja. Hintakilpailukyvyn ylläpitäminen on vaikeaa. Yritysten on keskityttävä alueille, joilla mahdollisuudet menestymiseen ovat parhaimmat. Teknologinen osaaminen on avain markkinoille ja kiristyneen globaalin kilpailun olosuhteissa tiedosta ja osaamisesta on tullut keskeisiä kilpailutekijöitä. Tarvitaan kykyä innovoida, tuottaa omaperäisiä ja kansainvälisesti kilpailukykyisiä tuotteita ja palveluita, jotka perustuvat tieteelliseen, teknologiseen, liikkeenjohdolliseen ja organisatoriseen osaamiseen (Miettinen ym. 1999). Tutkimus- ja kehitystoiminnasta on tullut innovatiivisen yritystoiminnan keskeinen osa-alue.

Uusien markkinoiden avaaminen ja tuottavuuden parantaminen perustuvat useimmiten innovaatioihin. Yrityksen innovatiivisuus, uudistumiskyky, on laadullinen toiminnan tuloksellisuutta kuvaava ominaisuus, ei perinteisesti mitattavissa oleva panostekijä (UTILISE 1990). Uuden löytämisestä onkin tullut pakko, sillä globaaleilla markkinoilla tiedon ja pääomien nopeiden liikkeiden seurauksena voittomarginaalit kutistuvat aiempaa nopeammin. Paraskaan hetkellinen hintakilpailukyky ei poista innovoinnin välttämättömyyttä, koska uusi kilpailijan tuote- tai prosessiratkaisu saattaa syrjäyttää markkinoilta vanhan milloin tahansa. Kilpailuolosuhteiden nopea koveneminen vakiintuneilla aloilla pakottaa yritykset ja niiden työntekijät etsimään uusia vähemmän kilpailtuja alueita, joilla voittomahdollisuudet ovat suurempia. Menestyksen avaintekijäksi tulee jatkuva uudistumiskyky.

Teknologinen kehitys ja yhä syvemmälle ulottuva erikoistuminen synnyttävät jatkuvasti uusia taloudellisen vaihdannan kohteita. Tekniikka luo tarpeita ja tarpeet tekniikoita.

Valtiot tukevat teknologista kehitystä panostamalla kansallisiin innovaatiojärjestelmiin yhä suurempia summia, jotta voivat säilyttää ja luoda työllisyyttä turvaavaa yritystoimintaa. Uusi teknologia vanhentaa edeltäjänsä, mikä edelleen korostaa teknologisen kilpailukyvyn keskeistä merkitystä globaaleilla markkinoilla. Tätä kehitystä heijastelee mm. ABB:n pääjohtaja Lindahlin esittämä kommentti:

”Yhtiömme ei nojaa enää yksittäisiin tuotteisiin, vaan teollisuuden järjestelmien kokonaisratkaisuihin, jotka yltyvät rahoituksen suunnittelusta huoltoon ja muihin palveluihin. ABB ja sen edeltäjät myivät tuotteita samalla tavalla sata vuotta, mutta nyt tarvitaan innovaatioita (HS 1999).”

Innovaatiotoimet nähdään kilpailumenestyksen ja taloudellisen kasvun keskeisenä moottorina. Toisaalta materiaalin kasvu on ollut vuosikymmenten ajan ympäristökustelun yksi ydinkysymys. Näistä syistä kestävä kehitys ja laadulliseen kasvuun liittyvien tavoitteiden korostuessa on olennaista selvittää sitä, mitkä seikat vaikuttavat yritysten innovaatioprosesseihin ja näiden prosessien kautta ympäristön ja luonnonvarojen käytön kehitykseen. Keskeistä on myös selvittää, voidaanko ja miten edistää kestävä kehitys kannalta kriittisiä innovaatioita ja siten myötävaikuttaa taloudellisen kasvun suuntautumiseen sellaisille alueille, joiden ympäristökytkentä on edeltäjiään vähäisempi. Voisivatko esimerkiksi dematerialisaatiota tukevat innovaatiot luoda perustaa tällaisille nopean kasvun alueille.

Viime vuosina on oivallettu, että vaihdannan lisääntymisen, luonnonvarojen käytön ja syntyvien ympäristövaikutusten väliset suhteet eivät ole muuttumattomia. Kasvua voi ja on tapahtunut aloilla, joiden suora kytkentä luonnonvaraperustaan on vähäinen. Toisaalta kaikki kulutus on tyydytettävä ”jossain päin maailmaa” tapahtuvalla tuotannolla. Teollisuuden rakenteiden nopeat muutokset eri puolilla maailmaa ja maailmankaupan globalisaatio vaikeuttavat kokonaiskuvan luomista.

Tapaustutkimusten pohjalta on selvää, että innovatiiviset teknologiat ovat muuttaneet tuotannon, resurssien käytön ja syntyneiden ympäristöhaittojen välisiä kertoimia positiiviseen suuntaan. Vaikeampi ongelma syntyy siitä, että saavutetut hinnoiteltujen resurssien säästöt vaikuttavat ko. resurssien hintoihin ja siten niiden kulutukseen toisaalla. Toisaalta aikaansaadut säästöt investoidaan kohteisiin, joilla kasvun odotetaan olevan voimakkainta. Säästöihin kannustava vaikutus puuttuu kuitenkin kokonaan omistusoikeuden ulkopuolella olevien hinnoittelemattomien resurssien kohdalla (julkishyödykkeet). Näin ollen yksittäisten teknologisten muutosten avulla saavutettujen taloudellisten säästöjen globaaleja vaikutuksia on varsin vaikea arvioida.

Uudet tuotekonseptit perustuvat yhä useammin uuden tieto- ja kommunikaatiotekniikan hyödyntämiseen, uusiin materiaaleihin tai biotekniikkaan. Materiaintensiivisestä tuotan-

nosta ollaan siirtymässä tietointensiiviseen palveluiden tuotantoon, jolloin yhä suurempi osa tuotteen tai palvelukonseptin arvosta liittyy osaamiseen. Yksittäisten tuotteiden myynnistä siirrytään integroituihin liiketoimintakonsepteihin ja kokonaisvaltaisiin järjestelmätoimituksiin, jotka kattavat monenlaisia palveluita aina hankkeen rahoituksen suunnittelusta tuotantovaiheeseen, uudelleenkäyttöön sekä materiaalien kierrätykseen.

Kuvattu kehitys poikkeaa eri teollisuudenaloilla olennaisestikin toisistaan. Siellä missä siirtymät tuotteista innovatiivisiin palveluihin ovat tavallisia, ovat esille nousevat kysymykset erilaisia verrattuna esimerkiksi sellaisiin aloihin, jotka ovat siirtymässä huoltoajattelusta tuoteajatteluun (esimerkiksi energiasektori alan markkinoiden avauduttua). Esille nousee mahdollisuus oppia, tehdä vertailuja sekä ennakoidakin mahdollisia ongelmia eri toimialojen yli ja niiden välillä. Voisiko esimerkiksi energiaklusteri hyödyntää tele- ja viestintäklusterin kehityspolkuja innovatiivisten ratkaisumallien etsinnässä ja niitä tukevien rakenteiden luomisessa? Ovatko esimerkiksi Kone Oyj:n palvelukonseptien ja EcoDisk™ hissi-innovaation kaltaiset dematerialisaatio-strategian mukaiset menestystarinat toteutettavissa myös muilla tuotannon aloilla?

Yrityksen tutkimus- ja kehitysorganisaatiot ovat tärkeitä ”offensiivisia” ydinjoukkoja teknologiaan ja osaamiseen perustuvan kilpailukyvyn kehittämisessä. ”Vihreä haaste” koskettaa näitä organisaatioita toimialasta riippuen eri tavoin. Ympäristöasiat ovat korostuneet erityisesti kemianteollisuudessa ym. ”raskaassa” prosessiteollisuudessa, mutta olleet vähemmällä painolla esimerkiksi tieto- ja kommunikaatiotekniikan yrityksissä. Kuitenkin, toimialastakin riippumatta, yrityksen sisäinen yhteistyö yhtäältä tutkimus- ja kehitystoiminnasta ja ympäristötoiminnasta sekä näiden lisäksi ”vihreän haasteen” kannalta olennaisista markkinoinnista ja myynnistä vastaavien organisaatioiden ja asiantuntijoiden välillä ei ole välttämättä yleisesti vielä kovin kehittynyttä (ks. esim. Foster ja Green 1999). Näiden kaikkien sekä yrityksen muun henkilöstön keskinäinen yhteistyö ja sitoutuminen myötävaikuttavat osaamiseen ja ympäristöasioihin perustuvaan kilpailumenestykseen.

3.3.2 Yrityksen ympäristöinnovaatioverkoston kehittäminen

Innovaatioverkon käsite yleistyi 1990-luvun alussa mm. taloudellisessa ja sosiaalisessa organisaatioiden ja johtamisen tutkimuksessa. Verkosto eroaa taloudellisen vaihdon organisoimisen muotona sekä suuryritykselle ominaisesta hierarkkisesta järjestelmästä että markkinaperusteisesta vaihdannasta. Markkinamekanismiin sisältyvä hinnoittelu soveltuu huonosti sellaisiin vaikeasti määriteltävissä oleviin resursseihin kuten teknologiseen osaamiseen ja uuden tiedon välittymiseen. Vastavuoroiseen vaihtoon ja luottamukseen perustuva verkostoyhteistyö taas on sovelias juuri oppimisen sekä uuden tiedon ja teknologioiden välitykseen (Miettinen ym. 1999, ref. Powell s. 15).

Miettinen ym. tähdentävät, että innovaation kannalta tarpeelliset tieteelliset ja tekniset resurssit eivät ole yleensä yrityksen sisällä. Yhteistyö tutkimuslaitosten, yliopistojen ja alihankkijoiden kanssa muodostuu siksi tärkeäksi. Yrityksen sisällä tuotekehityksen ja innovaatioiden keskeiseksi organisaatiomuodoksi ovat tulleet toimintojen väliset tiimit (*cross-functional teams*), jotka rakentuvat tutkimus ja kehittämissyksikön, tuotannon ja markkinoinnin edustajista. “On korostettava, että onnistunut tuotekehitys toteutuu erilaisen taustan omaavien ihmisten erilaisten panosten yhdistelmän kautta. Näkökantojen erilaisuuden eliminoimisen tavoite ei ole pelkästään mahdoton vaan myös ei toivottava” (Miettinen ym. ref. Biemans 1994).

Sinänsä verkostomainen yhteistyö ei ole uusi asia. Jo 1970 luvulla tehty innovaatioita koskeva tutkimus on osoittanut yrityksen ulkopuolella olevien resurssien ja osaamisen suuren merkityksen innovaatioille (Freeman 1992a). Miettinen ym. esittävät kirjassaan Powellin esittämät verkostoitumisen syyt, joita ovat pyrkimys riskin jakamiseen, pääsy uusille markkinoille, tarve uusien teknologioiden omaksumiseen, markkinoillepääsyajan lyhentäminen sekä komplementaaristen, toisiaan täydentävien taitojen yhdistäminen.

Powellin mukaan nykyään yksikään organisaatio ei voi hallita niin monia asioita, että voisi toteuttaa innovaation yksin. Innovaatioiden kehkeytymisen “sijaintipaikaksi” on tullut toimijoiden verkko, joka mahdollistaa organisaatiolle sellaisen tiedon ja resurssien saamisen, joita se ei muuten voisi hallita. Samalla yhteistyö edellyttää organisaatiolta oman osaamisen kehittämistä ja ylläpitämistä. Sen on oltava kompetentti partneri. Ulkopuolisen tiedon omaksuminen on yksi innovaatiotoiminnan onnistumisen edellytys (Miettinen ym. 1999). Miettinen ym. luonnehtivat teknisluonteisiin innovaatioihin liittyvän innovaatioverkoston käsitettä teoksessa “Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkkoissa” viiden määritteen avulla.

- 1. Innovaatioverkko on uuden tuotteen tai prosessin kehittämiseen osallistuvien institutionaalisten toimijoiden verkko – toimijoiden resurssit ja osaaminen ovat komplementaarisia suhteessa yhdessä kehitettävään tuotteeseen tai prosessiin.*
- 2. Innovaatioverkon toimijoiden tarve osallistua yhteistyöhön perustuu niiden aiempaan toimintaan. Ne ratkaisevat toimintansa ongelmia, pyrkivät laajentamaan toimintaansa ja käyttämään historiallisesti muodostuneita resurssejaan ja osaamistaan uusilla tavoilla.*
- 3. Innovaatio on moniääninen prosessi – kullakin toimijalla on oma intressinsä ja näkökulmansa kehitettävään innovaatioon.*
- 4. Verkot ja niiden koostumus muuttuvat innovaatioprosessin kuluessa.*
- 5. Innovaatioverkon kokoaman osaamisen synergia ja ainutkertaisuus selittävät innovaation onnistumisen.*

Toimijoiden motiivit ja pyrkimykset ovat sidoksissa toiminnan historiaan, käytössä oleviin välineisiin, laitteisiin ja aiemmin luotuun osaamiseen. Usein toimijoiden intressit yhdistyvät näiden resurssien käyttöön uusissa kohteissa ja käyttöyhteyksissä. Sen analysoiminen, miksi joku verkoston toimija tulee mukaan yhteistyöhön edellyttää yhtäältä toimijoiden historian ja toisaalta niiden ongelmien tutkimista, joita yhteistyöllä pyritään ratkaisemaan. Innovaation evoluutiotutkijat kutsuvat tätä riippuvuudeksi valitusta tiestä (*path dependency*) ja sosiologit päätösten riippuvuudeksi aiemmista päätöksistä, jotka sisältävät mm. investointeja laitteistoihin, henkilöstöön ja osaamiseen. Yhteistyöhön osallistumisessa on kyse näiden resurssien strategisesta kehittämisestä. Lisäksi jokaisella toimijalla on erilaisia intressejä suhteessa innovaatioon ja erilaisia käsityksiä sen merkityksestä, ongelman ratkaisutavasta ja yhteistyöstä. Tutkimustahoille, valmistajille, jälleenmyyjille ja käyttäjille eri asiat ovat tärkeitä. “Voidaan sanoa, että verkostoissa erilaiset maailmat ja ajattelutavat kohtaavat” (Miettinen ym. 1999).

Toimijoiden yhteistyössä osaaminen, väline tai toimintatapa siirretään toiseen toiminnalliseen yhteyteen tai kontekstiin. Tätä on kuvattu rajojen ylittämiseksi (*boundary crossing*) tai kontekstisiirtymäksi (Raiski 1993). Osaamisen ja ajattelutapojen vieminen uuteen ympäristöön luo sekä mahdollisuuksia ratkaista että synnyttää ongelmia.

Miettisen ym. esittämät innovaatioverkon määritteet antavat syyn pohtia, onko ympäristöinnovaatioilla kenties omat verkostonsa. Jos innovaatioverkostot on todettu menestyksellisen innovaatiotoiminnan yhdeksi edellytykseksi, voisivatko ”ympäristöinnovaatioverkostot” ja niiden toiminnan edistäminen tukea innovaatiove-toista ympäristönsuojelua? Tällöin voidaan pohtia ainakin seuraavia kysymyksiä.

1. Onko ympäristökysymyksissä aktiivisilla yrityksillä ”ympäristöinnovaatioverkostoja”? Jos on, niin millaisia ne ovat, ja poikkeavatko ne ”tavanomaisista” innovaatioverkoista? Onko hallinnossa vastaavia verkostoja, jotka osallistuisivat innovaatioprosessiin, joissa hyödynnettäisiin eri toimijoiden luovuutta ja joissa yhdessä haettaisiin ongelmaratkaisuja? Onko ”ympäristöinnovaatioverkostojen” tarve havaittu eri tahoilla?
2. Onko verkostoituminen kriittisissä ympäristökysymyksissä yrityksen ja hallinnon välisen ”rajapinnan” läpi mahdollinen ympäristökysymyksiin liittyvien eturistiriitojen tms. vuoksi? Voivatko innovaatiosta kiinnostuneet viranomaiset, yritystahot, järjestöt, tutkijat, kansalaiset jne. verkostoitua hedelmälliseen yhteistyöhön ympäristöinnovaation edistämiseksi ja millä reunaehdoilla?
3. Voisiko yhteiskunnan ohjauskeinoilla ja ohjelmilla (esim. ympäristöklusterin tutkimusohjelma) edistää ympäristöinnovaatioverkostojen toimintaa, esimerkiksi toimijoiden kesken tapahtuvaa tiedon- ja arvostustenvaihtoa ja toisiaan täydentävän

osaamisen löytymistä. Voisiko hallinnollista ohjausta täydentää käynnistämällä ”itseohjautuvia” yhteiskunnallisia innovaatioprosesseja?

4. Koska ympäristöinnovaatioihin liittyvät merkitykset ja siten niiden arvo vaihtelevat eri intressitahojen näkökulmien välillä, voisivatko eri tahot (yritykset, hallinto, muut intressitahot) tarkastella asioita ”toistensa näkökulmista” ja siten havaita kestävää kehitystä tukevien innovaatioiden tarpeita? Miten tällaisten ”kontekstisiirtymien” syntymistä ja siten ympäristöinnovaatioverkoston ”moniäänisyyttä” voitaisiin edistää?
5. Ympäristöinnovaation arvon määrittäminen yrityksen asiakkaille saattaa olla ”tavanomaisia” innovaatioita vaikeampaa esimerkiksi ratkaisun pitkän aikajänteen tai markkinahintojen ulkopuolelle jäävien ympäristöhyödykkeiden takia. Voisiko esimerkiksi käyttäjä-tuottaja –suhteen (*user-producer*) tehostaminen tai paikallinen Agenda 21-prosessi tms. paljastaa uusia innovaatiotarpeita ja tukea tutkimuksen painopistevalintaa?
6. Riittääkö, että ympäristöinnovaatioverkostoissa on toisiaan täydentävää osaamista ja tietoa vai tulisiko verkostojen kyetä käsittelemään ja analysoimaan myös tahtotiloja, tunteita ja arvostuksia?

Vaikka keksinnöt ja ideat syntyvät yksittäisten ihmisten toimesta, on niiden tie kaupalliseksi innovaatioksi tai muuhun yhteiskunnalliseen käyttöön pitkä ja kivinen. Myös ympäristöinnovaatiot kohtaavat teknillisiä, ekologisia, taloudellisia, sosiaalisia, oikeudellisia ym. esteitä. Näiden mahdollisten ennalta arvaamattomien ongelmien välttäminen on verkostoitumisen eräs keskeinen tavoite: verkostoissa innovaatioita voidaan kritisoida, kehittää, muokata, testata jne. jotta ne tyydyttäisivät riittävän laajojen ihmisjoukkojen tarpeita, olisivat yhteensopivia toimintaympäristönsä kanssa ja siten lunastaisivat olemassaolon oikeutuksensa. Kaikkia kestäväen kehityksen kannalta kriittisiä innovaatioita ei liene mahdollistakaan kehittää yksinomaan yrityksen sisällä vaan läheinen yhteistyö ja vuorovaikutusprosessi aiotun toimintaympäristön ja siihen liittyvien toimijoiden kanssa on välttämätöntä.

Näistä lähtökohdista voidaan todeta, että innovaatioverkostojen aktivoiminen ympäristömyötäisten teknologioiden ja toimintatapojen etsimiseksi, kehittämiseksi, käyttöönottamiseksi ja levittämiseksi voisi tarjota yhden varteenotettavan strategisen komponentin kestäväen kehityksen edistämisyrittämiselle.

3.4 Mahdollisia tutkimuskohteita ja –tasoja

Edellä tarkastelluista yritysten innovaatio- ja ympäristötoiminnoista nousee esiin useita tutkimista edellyttäviä aiheita. Kestävien innovaatioiden syntyä edistävistä ja niitä ehkäisevistä tekijöistä tarvitaan lisää yritystason tietoa. Näillä seikoilla on todennäköisesti vaikutuksia myös kilpailukykyyn pitkällä aikajaksolla.

Oleellinen seikka yrityksissä on se, missä määrin ympäristökysymyksiin liittyvät innovaatiot ovat yhtiön sisäisten strategisten valintojen mukaisia – voidaanko yritysstrategiaa luonnehtia ympäristöasioiden suhteen ”reaktiiviseksi” tai ”proaktiiviseksi”. Strategiat perustuvat mm. ennakoitavissa oleviin asiakkaiden, osakkeenomistajien ja eri sidosryhmien vaatimuksiin ja vaikuttavat organisatorisiin ja johtamisen liittyviin ratkaisuihin. Kiinnostavaa olisi selvittää mm. sitä, onko niillä yhtiöillä, joilla on dynaaminen teknologia- tai innovaatiostrategia ja huomattavat t&k-resurssit, myös vastaava dynaaminen ympäristöinnovaatioihin liittyvä strategia. Toisaalta yrityksessä rahoitusta on ilmeisesti vaikeampaa järjestää ”julkishyödykkeitä” tuottavien ympäristöinnovaatioiden kehittämiseksi kuin ”yksityisiä hyötyjä” tuottaville innovaatioille. Ongelmat palautunevat ympäristökysymysten poikkeuksellisen pitkiin aikajaksoihin, kysyntätekijöiden epävarmuuksiin, lainsäädännön ennakoitavuuteen sekä päätöksentekijöiden asenteisiin.

Yritysten organisatoriset ja johtamiseen liittyvät seikat ovat innovaatiotoiminnan ja ympäristötoiminnan integroimisessa tärkeitä. Yksi keskeinen kysymys on se, miten tehokkaasti yrityksen t&k- ja innovaatiotoimintaa sekä ympäristökysymysten hallintaa koordinoidaan yrityksen sisällä. Yhtenä ympäristöinnovaatioiden kehittämistä jarruttavana seikkana voi olla se, että t&k-, markkinointi- ja ympäristöhenkilöstön ja –osastojen yhteistyö on riittämätöntä. Esimerkiksi elinkaariarvioinnin nykytilaa koskevan selvityksen yhteydessä havaittiin, että monissa yhtiöissä ympäristö- ja t&k-yksiköt työskentelevät ilman systemaattista yhteistyötä, joskin päinvastaisiakin esimerkkejä löytyy (Loikkanen ym. 1999d). Johtopäätös näyttäisi olevan, että tutkimus- ja ympäristöhenkilöstön ja –organisaatioiden toiminnat tulisi integroida keskenään paremmin. Yritysten markkinointiorganisaatiot ovat tärkeä kosketuspinta asiakaskuntaan ja myös näiden osallistuminen yhteistyöhön voi tuoda merkittäviä signaaleja, ideoita ja rahoitusta ympäristö- ja t&k-yksiköiden yhteistoiminnalle.

Jatkossa tulisi myös arvioida kannustavatko ympäristöalan liiketoimintamahdollisuudet sekä näistä markkinoista tehdyt ennusteet innovoimaan ympäristöteknologiaan. Esimerkiksi Yhdysvaltojen ympäristöteollisuutta kokevassa selvityksessä ympäristöteknologian arvioidaan kuuluvan globaalien markkinoiden nopeimmin kasvaviin alueisiin ja alan markkinoiden on arvioitu kasvavan vuoteen 2010 mennessä 210 miljardista U.S.-dollarista 570 miljardiin U.S.-dollariin (ks. Progress Through 1995, 24).

Ympäristökysymyksiin liittyvä elinkaariajattelu tarjoaa tärkeän näkökulman kotimaisiin ja kansainvälisiin liiketoiminta- ja arvoketjuihin. Elinkaaritutkimuksilla voidaan selvittää materiaalien, väli- ja lopputuotteiden rajat ylittävien liiketoimintaketjujen myötä syntyvää ympäristökuormitusta ja ”tuotteiden kuormitusreppuja”. Tällaisen tutkimuksen kautta voidaan saada ympäristönäkökulmaan liittyviä uusia ajatuksia myös kansainvälisen kaupan sääntöjen kehittämiseksi.

Ympäristökysymyksiä ja innovaatioita integroivaan yritystutkimukseen voidaan soveltaa erilaisissa aiemmissä innovaatiotutkimuksissa menestykselliseksi osoittautuneita lähestymistapoja ja menetelmiä. Tällaisia ovat mm. tuotteiden käyttäjien mukaan ottaminen tuotteiden suunnitteluprosesseihin (*user-producer relationship*) ja sidosryhmäyhteistyö esimerkiksi strategioiden valmistelussa. Samoin tulisi selvittää, missä määrin virikkeitä ympäristöinnovaatioihin tulee yhteistyöstä tavarantoimittajilta ja alihankkijoilta ja liiketoimintaketjujen muilta toimijoilta, sekä ”ylä- että alavirrasta” ja missä määrin virikkeet tulevat asiakkaiden ohella osakkeenomistajilta, muilta sidosryhmiltä tai myös uusista tai ennakoituista ympäristösäännöksistä tai esimerkiksi niiden valmisteluun tähtäävästä soveltavasta tutkimuksesta, tahi myös teknologian ennakointi- tai vastaavista tutkimuksista (*technology foresight, road mapping*).

Yhtiöiden ja yhteiskunnan suunnittelu ja päätöksenteko perustuvat suurelta osin kirjanpitoon, johon kaikki ympäristökustannukset eivät sisälly. Nämä puutteet saattavat johtaa suunnittelua, päätöksentekoa ja lopullisia ratkaisuja harhaan kestävästä kehityksen näkökulmasta. Ympäristölaskentaa olisi kehitettävä, jotta laskentajärjestelmän ”ympäristöön liittyvien piilokustannuserät” saataisiin selvitettyä ja kohdennettua oikein ympäristökuormitusten tms. ongelmien aiheuttajille ”aiheuttaja maksaa” -periaatteen mukaan (esim. Ditz et al. (Eds) 1995; OECD 1992). Esimerkiksi USA:n ympäristövirasto (U.S. EPA) pyrkii edistämään ympäristölaskentaa pk-yrityksissäkin päämääränään liiketoiminnan ymmärryksen kasvattaminen kaikkien ympäristökustannustyyppien suhteen ja niiden huomioon ottamisen edistäminen taloudellisessa päätöksenteossa.

Jatkossa tulisi myös tarkastella sitä, missä määrin ympäristöjohtamisessa käytettävät työkalut kuten mm. kustannus-tehokkuusanalyysi (CEA, ks. mm. Pohjola 1999), elinkaariarviointi (LCA, ks. mm. Loikkanen ym. 1999d) ja kokonaiskustannusten arviointi (TCA, ks. esim. Backman and Thun (Eds) 1999), kustannus-hyötyanalyysi (CBA, ks. mm. Hongisto ym. 1998) sekä ympäristöindikaattorit (ks. mm. Meadows 1998, GRI 1999) voisivat parhaiten tukea ympäristöinnovaatioita koskevaa päätöksentekoa. Olenainen kysymys on myös se, miten ympäristöinnovaatiot eroavat muista innovaatioista käytännössä ja millaisia nämä erot ovat eri teollisuuden aloilla?

Tärkeä tutkimusaihe on myös toimintaympäristössä tapahtuvien institutionaalisten ja muiden muutosten sekä niissä olevien erojen vaikutus ympäristöinnovaatioiden kehityk-

seen (esimerkiksi erot vapailla markkinoilla toimivan massa- ja paperiteollisuuden sekä vasta vapaille markkinoille siirtyneen energiatuotannon välillä). Voiko esimerkiksi energiaklusteri hyödyntää kauemmin vapailla markkinoilla toimineen tele- ja viestintäklusterin kehityspolkuja innovatiivisten ratkaisumallien etsinnässä ja niitä tukevien rakenteiden luomisessa? Kestävät teknologiset ratkaisut liittyvät laajempiin paikallisiin, alueellisiin sekä teollisiin alakohtaisiin teknillistaloudellisiin ratkaisuihin. Tällaisia ovat mm. tuottajien ja käyttäjien sekä eri alojen välinen yhteistyö ja erilaiset arvoketjujen ongelmien ratkaisumallit.

Ympäristöinnovaatioita tarvitaan monilla tasoilla, ja näkökulmat saattavat vaihdella varsin paljon toimintaympäristötekijöistä riippuen. Näistä syistä vastedes tulisi harkita monista lähtökohdista muodostuvan laaja-alaisen ”tutkimusohjelmatyypisen” koor-dinoidun kokonaisuuden aloittamista. Vaikka tutkimusaktiviteettejä on käynnissä runsaasti sekä innovaatiotutkimuksen, että kestävän kehityksen tutkimuksen alueilla, niiden välinen vuorovaikutus on suhteellisen vähäistä.

4. Innovaatio- ja ympäristötoimien integrointi politiikkatasolla

4.1 Johdanto

Tässä luvussa tarkastellaan innovaatiotoiminnan ja ympäristökysymysten integroimisen tarpeita ja mahdollisuuksia yhteiskunnan politiikkatoimissa. Teknologiapolitiikan tehtävänä on myötävaikuttaa yritysten tutkimus- ja kehitystoimintaan, tukea siten niiden kansainvälisen kilpailukyvyn vahvistamista, sekä sen myötä syntyvän varallisuuden kasvun kautta parantaa hyvinvointia. T&k -toiminnan tulokset sovelluksineen myötävaikuttavat hyvinvoinnin laadulliseen parantamiseen. Ympäristöpolitiikan tehtävänä puolestaan on hyvinvoinnin parantaminen vaikuttamalla ympäristön tilan parantamiseen ja luonnonvarojen säästävämpään käyttöön.

Politiikkatason kysymyksiä tarkastellaan sekä innovaatiotoiminnan että ympäristötoiminnan näkökulmista. Ensin tarkastellaan teknologiapolitiikkaa ja sitä, miten ympäristöasiat ja kestävä kehitys on tällä politiikan lohkolla otettu huomioon ja miten näiden välistä integraatiota voitaisiin tehostaa. Tämän jälkeen tarkastellaan ympäristöpolitiikkaa ja sitä, miten ympäristöpolitiikassa on otettu huomioon innovaatioiden edistäminen ja miten sitä voitaisiin edelleen tehostaa.

4.2 Teknologiapolitiikka ja kestävä kehitys

4.2.1 Johdanto

Teknologian merkitys yhteiskunnassa on kasvanut viime vuosikymmenien aikana ja siitä on tullut olennainen seikka sekä yritysten kilpailukyvyille että tuottavuuden ja talouden kasvulle. Tämän kehityksen myötä tiede- ja teknologiapolitiikan toiminta-alue on laajentunut tieteellisten tulosten eli ”uuden tiedon” tuottamisesta ja tieteellisen perustan vahvistamisesta tiedon levittämisen ja tiedon hyödyntämisen suuntaan. Innovaatiotoiminnan keskeisen aseman takia teknologiapolitiikan sijasta puhutaan usein innovaatiopolitiikasta tai myös ”kansallisesta innovaatiojärjestelmästä”. Viimeaikaisissa yhteenvedoissa menestyksellisen innovaatiojärjestelmän luonteenpiirteistä on korostettu siihen osallistuvien toimijoiden ja instituutioiden (yritykset, koulutus ja tutkimus, rahoitus, normit, markkinaolosuhteet, kuluttajat, jne.) verkostoitumista ja yhteistoiminnan merkitystä.

Kansallisen innovaatiojärjestelmän käsite on yleistynyt teknologiapoliittisessa keskustelussa runsaan vuosikymmenen aikana. Se voidaan määritellä mm. seuraavilla tavoilla:

Innovaatiojärjestelmä on "...Julkisten ja yksityisten instituutioiden verkosto, joiden toiminnot ja vuorovaikutukset panevat alulle, muotoilevat ja levittävät uusia teknologioita" (Freeman 1987).

Innovaatiojärjestelmällä tarkoitetaan "taloudellisen rakenteen ja institutionaalisen rakenteen kaikkia osia ja aspekteja, jotka vaikuttavat oppimiseen sekä etsimiseen ja tutkimiseen – tuotantojärjestelmä, markkinointi ja rahoitusjärjestelmä ovat tämän kokonaisuuden alajärjestelmiä, joissa oppiminen tapahtuu" (Lundvall (Ed) 1992, 12).

Innovaatiojärjestelmän käsite muodostuu "joukosta instituutioita, joiden vuorovaikutus määrittää kansallisten yritysten innovaatiosuorituskyvyn" (Nelson and Rosenberg 1993, 5-6).

Pääpaino innovaatiojärjestelmäkeskustelussa on ollut yritysten tieteellis-teknologisen kilpailukyvyn kehittämisessä, uuden teknologiapohjaisen yritystoiminnan synnyttämisessä ja vahvistamisessa sekä muussa kansallisen taloudellisen kasvun tukemisessa, ja lopulta uuden varallisuuden synnyttämisessä ja hyvinvoinnin edistämässä. Poliittikadokumenteissa korostetaan myös niitä reunaehtoja, joihin teknillis-taloudellinen menestys perustuu. Tässä yhteydessä on korostettu tutkimuksiin perustuen mm. kuluttajien ja käyttäjien näkökulman integroimisen tärkeyttä teknologian kehittämisessä (mm. von Hippel, Lundvall) sekä teknologioiden yhteiskunnallisen sopeuttamisen (*social shaping, embedding*) merkitystä ja sen ottamista huomioon innovaatiotoiminnassa (ks. esim. Bijker and Law 1992).

Ympäristökysymysten ja ympäristöpolitiikan merkitys innovaatiopolitiikalle tunnustetaan Suomessa. Tätä on ympäristön tilan paranemistarpeen ohella argumentoitu sillä, että ympäristöteknologiaa ja -palveluja pidetään yhtenä globaalien markkinoiden nopeimmin kasvavista teollisuudenaloista (ks. edellä luku 3.4). Monien kansallisten ja kansainvälisten ympäristötavoitteiden saavuttaminen edellyttää eri tyyppisiä innovaatioita ja ympäristöohjelmien ja -tavoitteiden kautta voidaan luoda siten näille innovaatioille markkinoita. Esimerkiksi OECD:n arvion mukaan 50 prosenttia ympäristöhyödykkeistä, joita tullaan käyttämään seuraavan 15 vuoden aikana ei ole vielä olemassa.

Ympäristötutkimus, jonka tehtävänä on parantaa ymmärrystä ekologisista prosesseista ja järjestelmistä, niiden välisistä kausaalisuhteista ja ympäristön tilasta, on tullut keskeiseksi osaksi kansallisia tutkimusaktiviteetteja. Kuten Ormala huomauttaa, sitä missä määrin tätä tutkimusta on hyödynnetty toimintaohjelmien formuloinnissa ja toisaalta sitä miten hyvin ne ottavat innovaatiopolitiikan kysymykset huomioon, ei kuitenkaan ole tavallisesti arvioitu (Ormala 1998, 175). Toisaalta, politiikkatoimien muotoilu edel-

lyttää myös teknillisen muutoksen tuntemusta. Esimerkiksi Kempin mukaan ei ole riittävää, että viranomaiset tarkastelevat teknillistä muutosta ainoastaan implisiittisenä kysymyksenä taloudellisia reunaehdoja koskevien muutosten puitteissa, vaan teknillistä muutosta on tarpeellista käsitellä myös *eksplisiittisesti* (Kemp 2000).

Kestävän kehityksen systemaattisessa integroimisessa tiede- ja teknologiapolitiikkaan näyttäisi siten olevan käyttämättömiä mahdollisuuksia. Tämä koskee niin uuden tutkimustiedon generoimista ja teknologian siirtoa, koulutusta ja opetusta kuin ympäristöön vaikuttavan teknologian arviointia ja alan tutkimus- ja kehitystoiminnan rahoitusta. Seuraavassa tarkastellaan sitä, miten kestävä kehitys ja ympäristöasiat on otettu huomioon teknologiapolitiikassa ja miten tätä integraatiota voitaisiin tehostaa.

4.2.2 Kestävän kehityksen integrointi teknologiapolitiikassa

Ympäristökysymysten integroimisen tarve yhteiskuntapolitiikan eri lohkoille ml. teknologiapolitiikka on tiedostettu kasvavasti 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Poliitiikan tasolla integroimistarve oli yhtenä keskeisenä teemana OECD:n Ympäristö ja talous – konferenssissa 1994 sekä sitä seuranneessa ministerikokouksessa 1995. Sitten asia on edennyt monilta osin käytännössä (esim. ympäristövaikutusten arvioinnin kehitys, ks. Hollo 1998). Monilla lohkoilla kehitys on kuitenkin ollut verkkaista.

Tarve integroida ympäristöasiat teknologiapolitiikkaan on 1980-luvun alkupuolelta alkaen vähitellen tiedostettu yhä paremmin. Toisaalta innovaatiotoiminnan merkitys vastaavasti ympäristöpolitiikan toteuttamiselle on samoin ymmärretty yhä paremmin (esim. OECD 1985; Aichholzer ja Schienstock (Eds) 1994).

Teknologiapolitiikan ja kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittämisen lähtökohtana on teollisen innovaatiotoiminnan kehittämisen avulla edistää kansallista kilpailukykyä, sekä tätä kautta parantaa kansalaisten hyvinvointia. 1980-luvun lopulta ja 1990-luvun alkupuolelta lähtien tietoisuus teknillisen muutoksen yhteiskunnallisista ja ympäristövaikutuksista on kasvanut ja teknologiapolitiikan toiminta-ala on vastaavasti laajentunut. Kilpailukyvyn edistämisen rinnalle on noussut muita tehtäviä, kuten teollisen kehityksen yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden varmistaminen ja kehityksen uudelleensuuntaaminen kohti ympäristön kannalta kestävämpää tuotantoa ja kulutusta (ks. esim. Kuhlmann and Meyer-Krahmer 1995).

Niin teknologia- kuin ympäristöpolitiikan nykykehitys on osaltaan riippuvaista valtion sääntelyn vähentämisestä sekä muista vastaavista julkisella sektorilla vaikuttavista yleisistä virtauksista. Nämä seikat, esimerkiksi energiamarkkinoiden vapauttaminen Pohjoismaissa, ovat tärkeitä yhteiskunnallisia muutoksia myös ympäristön kannalta.

Huolimatta markkinoiden vaikutuksen kasvusta ja vapauttamisesta, pelkästään markkinoiden toimintaan kestävästä kehitystä edistävät toimet eivät jatkossakaan voi pohjautua. Kuten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä koskeva valtioiden välinen Kioto-protokolla osoittaa, tarvitaan tulevaisuudessakin edelleen myös sekä yksittäisten valtioiden erillisiä että niiden yhteisiä toimia paikallisten, alueellisten sekä globaalien ympäristöongelmien hoitamiseksi. Viime kädessä vain hallitukset voivat toimia sekä taloutta, teknologiaa että ympäristöä koskevan paikallisen ja globaalin kokonaisuuden koordinaattoreina, ja luoda sääntöjä, jotka vähentävät houkutusta “vapaamatkustukseen” yhteisten velvoitteiden kantamisessa.

Ympäristöä koskevien ongelmien ratkaiseminen edellyttää usein tavanomaisia yritysinvestointeja ja niiden takaisinmaksuaikaa pidempää aikajännettä. Pitkä aikajänne voi olla yksi perustelu valtion osallistumiselle ympäristöteknologian ja -innovaatioiden kehittämiseksi. Lisäksi “ympäristöhyödykkeiden” puutteelliset omistusoikeudet (jakamattomuus), tulevien sukupolvien preferenssien puuttuminen ja niistä seuraava markkinoiden puutteellinen toiminta (*market failure*) antavat erityisen syyn valtion tuelle ympäristöinnovaatioiden kehittämiseksi.

4.2.3 Kestävä kehitys Suomen teknologiapolitiikassa

Suomen teknologiapolitiikassa ympäristönsuojelua ja kestävästä kehitystä koskevia periaatteita ja päätöksiä on tehty teknologiapoliittisen toimikunnan linjauksista lähtien (ks. johdantoluku 1.2.2.). Sittemmin ympäristöasiat ovat olleet yhtenä osana tiede- ja teknologianeuvoston, KTM:n ja Tekesin toimintaa. Lähtökohtana KTM:n ja muiden hallinnonalojen toimissa niin ympäristönsuojelussa kuin teknologiapolitiikassa on hallituksen ohjelma. Paavo Lipposen II hallituksen ohjelmassa on seuraavia ympäristökysymysten sekä osaamisen ja teknologian integroimisen tehostamiseen viittaavia linjauksia: ”ympäristöosaamisen vahvistamiseksi lisätään ympäristöklusteritutkimusta”, ”panostetaan ympäristö- ja energiateknologian tutkimukseen ja kehittämiseen sekä vientiin” ja ”huomiota kiinnitetään luonnonvarojen käytön tehokkuuteen tuotannossa ja kulutuksessa sekä ympäristönäkökohtiin julkisia hankintoja tehtäessä”. Eri hallinnonalat konkretisoivat näitä linjauksia omissa toimissaan.

Tiede- ja teknologianeuvoston vuoden 1993 katsauksen mukaan ”Kestävä kehitys ja ympäristön suojelu vaikuttavat monin tavoin innovaatiojärjestelmän toimintaan. Innovaatiotoiminta avaa myös mahdollisuuksia vahvistaa kestävästä kehityksen edellytyksiä” (Suomi, tiedon ja osaamisen yhteiskunta, VN 1996). Tiede- ja teknologianeuvoston viimeisimmän katsauksen mukaan ”ympäristönsuojelun korkeasta tasosta voidaan tehdä kilpailukykyä edistävä tekijä kaikilla aloilla” (Katsaus 2000, tiedon ja osaamisen haasteet).

Kestävään kehitykseen ja ympäristöön liittyvät toimenpiteet KTM:n hallinnonalalla ovat painottuneet yhtäältä teknologiapolitiikkaan ja toisaalta energiapolitiikkaan. Teknologian kehittämiskeskus (Tekes) on ollut tärkeä ympäristöteknologian rahoittajataho niin teollisuudelle, tutkimuslaitoksille kuin korkeakouluillekin. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on muun soveltavan teknologian tutkimuksen ohessa ympäristöteknologiankin alalla keskeinen teknologiapoliittinen tutkijataho. Ympäristöteknologian vientiä edistävistä aktiviteeteista tärkeä on ollut ekovientitoimikunnan työ ja kilpailukykyyn kehittämisen kannalta myös ympäristöklusteriin liittyvä selvitystyö kansallisen teollisuusstrategian kehittämisen yhteydessä (Kansallinen teollisuusstrategia 1993). Suomen EU-jäsenyyden myötä EU:n osallistuminen EU:n tutkimusohjelmiin on tullut merkittäväksi uuden tiedon tuotannossa ja siirrossa myös ympäristötekniikan alalla.

Seuraavassa tarkastellaan ensin ympäristöteknologiaa liitetoimintana sekä siihen liittyen erityisesti ekovientitoimikunnan työtä, sitten lyhyesti ympäristöasioiden ja teknologiapoliittisten toimien integroimista Tekesin ja VTT:n toiminnassa sekä suomalaisten osallistumista EU:n ympäristö- ja ympäristöteknologian tutkimukseen. Lopuksi esitetään joitakin arvioita ympäristöön ja kestävään kehitykseen liittyvien kysymysten integroimisesta Suomen teknologiapolitiikassa.

4.2.3.1 Ympäristöliiketoiminta ja ekovientitoimikunnan työ

Kauppa- ja teollisuusministeriö asetti keväällä 1994 ekovientitoimikunnan. Sen tehtävänä oli:

- laatia laaja ja konkreettinen analyysi niistä luonnonvaroja ja ympäristöä säästävien tuotteiden ja tuotantoteknologian sekä osaamisen alueista, joita kehittämällä ja kaupallistamalla Suomi voi vahvistaa suhteellisia etujaan,
- arvioida suomalaisen ympäristöteknisen osaamisen kilpailukyky, ja
- esittää ehdotuksia keinoista tukea ympäristömyötäisten teknologioiden syntyä ja kaupallistamista.

Toimikunta jätti mietintönsä maaliskuussa 1995. Sen toimenpide-ehdotusten lähtökohtana olivat seuraavat linjaukset:

- uusia tukitoimenpiteitä tai organisaatioita ei kehitetä, vaan ympäristömyötäisten tuotteiden kehittämistä ja käyttöönottoa tuetaan kehittämällä edelleen olemassa olevia tukitoimenpiteitä (t&k:n osalta Tekesin ja VTT:n toimintaa ja viennin osalta Ulkomaankauppaliiton toimintaa)
- valtaosasta jatkotoimenpiteistä ovat vastuussa talouselämän eri sektorit

Toimikunta totesi, että ympäristöajattelu on otettu läpäisyperiaatteen mukaisesti huomioon Tekesin teknologiaohjelmissa sekä tuote- ja menetelmäkehityshankkeissa. Vaikka läpäisyperiaate onkin paras tapa hoitaa ympäristömyötäisyyden kehittämistä, se ei kuitenkaan välttämättä riitä tyydyttämään tulevaisuuden vaatimuksia ympäristömyötäisistä teknologioista.

Toimikunnan mielestä tutkimus- ja kehityspankki on Suomessa vahva. Ympäristömyötäisiä tuotteita kehitettäviä ja kauppaavia yrityksiä on paljon. Pullonkaulana on kuitenkin hankkeiden kaupallistaminen ja tähän vaiheeseen liittyvä rahoitus erityisesti suurissa hankkeissa. Myös tutkimusyksiköissä syntyvien tulosten kaupallistaminen ontuu. Suomessa on lukuisia koulutus- ja tutkimusyksiköitä sekä erilaisia yrityksiä tukevia organisaatioita, joilla on ympäristöalan teknologista, lainsäädännöllistä ja markkinointitietoa sekä kansainvälisiä kontakteja. Eri puolella Suomea on käynnistetty alueellisia ympäristöteknologian ja -teollisuuden kehityshankkeita. Suomen pienen koon ja voimavarojen käytön optimoinnin takia yhteistyön ja tarvittavan tiedon siirron kehittäminen on tarpeen.

Ekovientitoimikunnan työ avasi osaltaan uutta näkökulmaa suomalaiseen ympäristökeskusteluun. Vastakkainasettelun ja kärjistämisen sijasta on yhä selvemmin alettu nähdä ympäristön ja talouden etujen yhtenevyys. Toimikunnan työn jälkeen valmistui TT:n ympäristöpoliittinen linjaus, jossa lanseerattiin termi ekokilpailukyky. Se nostettiin kilpailutekijänä samalle tärkeystasolle kuin hinta ja laatu. Eri toimialat ovat sittemmin kiitettävästi käynnistäneet omia jatkohankkeitaan ja julkaisseet mm. toimintamalleja ja oppaita yrityksille (ks. esim. Huhtinen, 1997). Erityisen aktiivisia ovat olleet elintarvike- ja metalliteollisuus sekä maatalous ja matkailu.

Valtion budjetin teknologiarahoituksen leikkaukset vuonna 1996 pysäyttivät hetkellisesti t&k-toiminnan tukitoimenpiteiden kehittämisen. Saman vuoden lopulla valtioneuvosto teki päätöksen tutkimus- ja kehitystoiminnan lisärahoituksesta, joka on nostanut Suomen kansallisen t&k-rahoituksen maailman huipputasolle. Merkittävä osa Tekesin ja Suomen Akatemian lisärahoituksesta on suuntautunut ympäristöalan tutkimus- ja kehitystoimintaan. Uusia tutkimus- ja teknologiaohjelmia on käynnistynyt runsaasti. Erityisen ilahduttavaa on ollut yhteistyön lisääntyminen eri tasoilla, perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja tuotekehityksen tekijöiden ja rahoittajien välillä.

Finpro, entinen Ulkomaankauppaliitto, on kehittänyt aktiivisesti toimintaansa ympäristöalalla. Työn pohjana on viime vuonna valmistunut Visio 2005 metsä-, energia- ja ympäristöteknologioiden viennille. Käytännön vienninedistämistä toteutetaan kolmessa uudessa ryhmässä (jäte, vesi ja metsäteollisuuden ympäristöratkaisut). Finpro:hon on myös perustettu klusteripohjaisia ryhmiä. Ympäristöryhmään kuuluu kolmisenkymmentä kaupallista sihteerä eri puolilla maailmaa.

Ekovientitoimikunnan tärkein toimenpide-ehdotus koski kansallista ympäristöstrategiaa. Kestävän kehityksen toimikunnan strategiaryhmä linjasi kansallista ympäristöstrategiaa. Finpron Visio 2005 taas toi perusteita yritysten vientistrategioille.

4.2.3.2 Ympäristöteknologia Tekesin ja VTT:n toiminnassa

Teknologian kehittämiskeskus (Tekes) on perustamisestaan lähtien rahoittanut ympäristöteknologian tutkimusta läpäisyperiaatteen mukaisesti. Sen mukaisesti ympäristönäkökulma otetaan huomioon integroidusti kaikessa teknologian kehittämisessä. Esimerkiksi vuonna 1999 Tekes sijoitti 239 Mmk 308 energia- ja ympäristöteknologian hankkeen rahoitukseen (Tekes 2000, 26). Kaikki rahoitetut hankkeet eivät välttämättä ole puhtaasti ympäristöhankkeita, mutta niissä on vahva ympäristöpainotus.

Merkittävä osa Teknologian kehittämiskeskuksen rahoituksesta on kohdennettu tutkimusohjelmiin ja osassa ohjelmista on keskitytty ympäristöteknologiaan liittyviin kysymyksiin. Tällaisia ohjelmia ovat olleet esimerkiksi energia- ja ympäristöteknologiaa koskeva SIHTI –tutkimusohjelma, poltto- ja kaasutusteknologioihin keskittynyt LIEKKI 2-ohjelma sekä liikenteen ympäristökysymyksiä koskeva MOBILE -ohjelma.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on ollut aktiivinen ympäristöteknologian tutkimuksessa 1970-luvulta lähtien. Nykyisin ympäristöteknologiaan liittyvää tutkimusta toteutetaan VTT:n kaikissa yhdeksässä tutkimusyksikössä, erityisesti VTT Energiassa, VTT Kemianteeniikassa, VTT Rakennustekniikassa ja VTT Yhdyskuntateeniikassa. Suurin yksittäinen ympäristöteknologian alan tutkimusalue VTT:ssä on ympäristöteeniikka VTT Kemianteeniikassa.

VTT:n ympäristötutkimus kohdistuu pääasiassa kolmelle alueelle, teollisten prosessien ympäristökysymysten tutkimiseen, ympäristöteknisten tuotteiden kehittämiseen, sekä ympäristöhallinnan ja –talouden menetelmien soveltamiseen. VTT:n muun tutkimuksen tavoin näitä hankkeita toteutetaan teollisina toimeksiantoina, mm. Tekesin, teollisuuden ja muiden tahojen yhteisrahoitteisina tutkimuksina sekä EU-hankkeina.

4.2.3.3 Suomi EU:n ympäristötutkimuksessa

EU:n tutkimusohjelmista on tullut eurooppalainen foorumi kestävästä kehityksestä ja innovaatiotoimintaa koskevan integroimisen näkökulmasta. Ympäristöntutkimus oli yksi EU:n neljännen puiteohjelman I Toimintakokonaisuuden tutkimusohjelmista ja sille oli varattu 1,157 MECUa neljännen puiteohjelman kaikkiaan 13,215 MECUsta. Ympäristöntutkimusohjelma sisälsi kaksi osaa, Ympäristön ja ilmaston (ENV 2 / 914 MECU)

sekä Meritieteet ja meritekniiikan (Mast 3 / 243 MECU). Ympäristöntutkimusohjelman lisäksi ympäristönäkökohdat olivat mukana integroidusti puiteohjelman muissa tutkimusohjelmissa ja rahoitusmuodoissa (yhteisrahoitteisten hankkeiden ohella yhteistyöhankkeissa, Craft-hankkeissa, tukitoimissa ja stipendeissä).

Tekesin EU-T&K-sihteeristö ja VTT:n teknologian tutkimuksen ryhmä selvittivät suomalaisten osallistumista EU:n neljänteen puiteohjelmaan (Niskanen ym. 1998). Suomalaiset osallistuivat yhteensä 110 Ympäristöntutkimusohjelman hankkeeseen ja osallistumisten määrä oli yhteensä 156. ENV 2 –ohjelman yhteisrahoitteisiin hankkeisiin osallistuivat aktiivisimmin tutkimuslaitokset (mm. Ilmatieteen laitos, VTT ja Suomen ympäristökeskus) ja yliopistot. Molempien osallistumisen osuus oli 47,2 prosenttia (yhteensä lähes 95 prosenttia) kun taas yritysten osallistumisen osuus jäi vain 4 prosenttiin. Kun ENV 2 –ohjelman rahoituksen osuus oli noin 7 prosenttia koko neljänestä puiteohjelmasta, oli suomalaisten saama keskimääräinen rahoitus yhteisrahoitteisissa hankkeissa lähellä tätä eli noin 6,5 prosenttia.

Niskasen ym. mukaan suomalaisten osuus neljänteen puiteohjelmaan on Suomen mak-suosuuteen nähden ollut aktiivista (Niskanen ym. 1998). Kuitenkin, kuten he korostavat, jatkossa tulisi pyrkiä selvittämään niitä hyötyjä, joita suomalaiselle tutkimus- ja kehitystyölle koituu eurooppalaisesta tutkimusyhteistyöstä tähän liittyvistä arviointivaikeuksista huolimatta. EU:n neljännen puiteohjelman Ympäristöohjelmaan osallistumisen osalta huomiota kiinnittää yritysten vaatimaton mukanaolo tutkimuslaitoksiin ja yliopistoihin verrattuna.

4.2.3.4 Kestävä kehitys Suomen teknologiapolitiikassa - arviointeja

Edellä on käsitelty lyhyesti keskeisiä kotimaisia toimia, joilla ympäristöön ja kestäväan kehitykseen liittyviä kysymyksiä on integroitu Suomen teknologiapolitiikassa. Keskeisiä alan toimijoita ovat KTM, Tekes ja VTT toimintoineen ja keskeisiä aktiviteetteja ovat olleet ekovientitoimikunnan työ sekä teollisen ympäristöklusterin hahmottelu kansallisen teollisuusstrategian kehittämisen yhteydessä. Lisäksi aihepiiriä on sivuttu erilaisissa työryhmissä ja hankkeissa (esimerkiksi KTM:n osallistuminen valtioneuvoston kestäväan kehityksen ohjelmaan sekä ympäristöteknologian edistäminen energiapolitiikan piirissä).

Kokonaisvaltaista arviota kestäväan kehitykseen liittyvien näkökohtien ottamisesta huomioon Suomen teknologiapolitiikassa ei ole toistaiseksi tehty. Tätä näkökulmaa on kuitenkin arvioitu mm. kauppaa- ja teollisuusministeriön hallinnonalan erilaisten organisaatiouudistusten yhteydessä. Samoin joistakin aiheeseen liittyvistä näkökulmista on toteutettu erillisiä arvioita (esimerkiksi Tekesin energia- ja ympäristöteknologian

tutkimusohjelmien asiantuntijaevaluoinnit). OECD:n kansallisten ympäristöpoliittisten arviointien yhteydessä on selvitetty ympäristöasioiden integroimisen onnistumista mm. teknologiapolitiikassa ja energiapolitiikassa (ks. esim. OECD 1998).

Ympäristöasioiden ja teknologiapolitiikan väliseen integroimiseen liittyvää arvioivaa tutkimusta on Suomessa tehty verrattain vähän. Loikkanen ja Seppälä (1994), arvioidessaan Suomen teknologianpolitiikan yhteiskunnallista orientaatiota, sivusivat myös ympäristökysymyksiä. Arvion mukaan kansallisissa teknologiapoliittisissa ohjelmissa ja dokumenteissa teknologian rooli yhteiskunnassa on nähty holistisena ja laajana. Painopiste teknologiapolitiikassa on ollut teknologisen kehityksen edistämässä ja teknologian integroimisessa talouteen (*strong development line*), joka arvion mukaan on ollut menestyksellistä. Teknologiapolitiikka ei kuitenkaan ole rajoittunut vain tähän, vaan siinä on korostettu lisäksi sosiaalisten- ja ympäristövaikutusten arvioinnin merkitystä sekä näiden integroimista teknologiapolitiikkaan (*weak development line*). Viimemainittu näkökulma ei kuitenkaan arvion mukaan tuossa vaiheessa ollut juurtunut käytännön toimintaan (Loikkanen ja Seppälä 1994, 345-346).

Innovaatiopolitiikan menestyksellinen toteuttaminen edellyttää täydentäviä integroivia toimia monilla muilla yhteiskuntapolitiikan lohkoilla ja toisaalta muut politiikkalohkot ovat riippuvaisia innovaatiopolitiikan menestyksellisestä toteuttamisesta. Ormalan arvion mukaan Suomessa on edistytty jokseenkin hyvin innovaatiopolitiikan integroimisessa talous- ja veropolitiikkaan, teollisuuspolitiikkaan, koulutuspolitiikkaan, aluepolitiikkaan, energiapolitiikkaan, terveystieteiden ja tietoyhteiskunnan edistämiseen tähtääviin politiikkoihin (1998, 175). Esimerkiksi eri hallinnonalojen yhteisrahoitteiset tutkimukset ovat osoittautuneet hyödyllisiksi eri politiikkojen keskinäisen yhteisymmärryksen luomisessa samoin kuin organisatoristen järjestelyjen perustamisessa. Innovaatiopolitiikan keskeiset tehtävät - uuden tiedon luominen, levittäminen ja saannin helpottaminen, uudistusten rahoittaminen sekä välityspalvelut yrityksille – ovat osaltaan tukemassa puhtaiden teknologioiden kehittämistä ja käyttöä (Ormala 1998, 175-179).

Teknologian yhteiskunnallisen ja ympäristöön liittyvän arviointitoiminnan kannalta tärkeä etappi Suomessa oli eduskunnan teknologian arviointitoiminnan aloittaminen. Tämä antaa mahdollisuuden kytkeä, sosiaalisten vaikutusten arvioimisen ohella, myös ympäristökysymykset erilaisiin teknologisiin ratkaisuihin sekä samoin tehdä erillisiä laajempia ennakoivia arvioita muista kestävästä kehityksestä liittyvistä ja vaikuttavista kysymyksistä. Parhailtaan ollaan mm. aloittamassa Suomen pitkän ajanjakson energianvaihtoehtoja koskevaa teknologian arviointihanketta, jonka yhteydessä tarkoituksena on arvioida erityisesti kasviuonekaasupäästöjen ja hiukkaspäästöjen merkitystä energiantuotannossa.

Jatkossa ympäristöasioiden ja teknologiapolitiikan välistä integroimista tulisi edelleen vahvistaa. Tärkeässä asemassa tässä ovat Tekesin ja muiden tutkimuksen rahoittajien sekä toteuttajien välinen yhteistyö ja koordinaatio. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma on hyvä esimerkki tällaisesta pyrkimyksestä jatkoa ajatellen. Jatkossa yhtenä mahdollisesti laajennettavana lähestymistapana on ongelmakeskeinen näkökulman korostaminen tutkimuksen suunnittelussa, josta yhtenä esimerkkinä ovat globaaliin ilmastokysymykseen ja kasvihuonekaasujen rajoittamiseen liittyvät tutkimusohjelmat FIGARE ja Climtech.

4.2.4 Päätelmiä ja tutkimuskohteita

Teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan eri tasoista integroimista on käsitelty sekä kotimaisessa että kansainvälisessä kirjallisuudessa jonkin verran. Seuraavassa esitetään tähän joitakin liittyviä eri lähteisiin perustuvia päätelmiä ja kehittämistarpeita (OTA 1994 a, b; Heaton ja Banks 1995; OECD 1996; Porter ja van der Linde 1996; Ormala 1998, 179-180).

4.2.4.1 Innovaatiopolitiikan ja kestävän kehityksen strategia

Kestävän kehityksen ja innovaatiotoiminnan integroimisen tavoitteena politiikkojen tasolla on kansallisen talouden ja teollisen rakenteen vahvistaminen sekä sen monipuolistaminen taloudellisesti ja ekologisesti kestävämpään suuntaan. Kestävän innovaatiotoiminnan kehittämisen pohjalta voidaan yhtäältä parantaa ympäristön tilaa ja sen kautta hyvinvointia sekä toisaalta luoda innovaatioiden viennin avulla lisää varallisuutta ai-neellisen hyvinvoinnin kohentamiseksi.

Yhteiskunnan tehtävien näkökulmasta on tunnettava ne syyt, miksi valtio edistää sekä erikseen innovaatiotoimintaa ja kestävästä kehitystä että niiden integroimista. Syinä valti-on puuttumiseen voivat olla esimerkiksi yritysten riittämätön panostus, mikä voi johtua sekä innovaatiotoiminnan että ympäristökysymysten hoidon poikkeuksellisen suurista riskeistä. Riskien syynä ovat yhtäältä uuden tiedon ja ympäristöhyödykkeiden omistusoikeuksien puute sekä toisaalta yritystoiminnan näkökulmasta tavanomaista pidempi ajanjakso ja siihen liittyvät tavallista suuremmat riskit. Näiden ongelmien ratkaisumahdollisuuksia tulisi jatkossa selvittää innovaatiojärjestelmänkin näkökulmasta.

Kestävän kehityksen ja innovaatioiden yhteyden tieteellistä perustaa tulisi vahvistaa. Teknologisen muutoksen ja kestävän kehityksen vuorovaikutusta ei tunneta ja ymmärretä riittävästi. Tämä olisi kuitenkin olennaista, jotta toisiaan vahvistavien keinojen käyttö molemmilla politiikan lohkoilla olisi mahdollista.

4.2.4.2 Innovaatioiden ja kestävän kehityksen vuorovaikutus

Innovaatiopolitiikka ja ympäristöpolitiikka liittyvät kiinteästi toisiinsa. Yhtäältä innovaatiopolitiikka voi vaikuttaa merkittävästi kestävän kehityksen edistymiseen ja toisaalta ympäristöpolitiikka muotoilla innovaatiotoiminnan reunaehdoja. Selvityskohteeksi nousee tällöin se, miten hyvin kestävän kehityksen tavoitteet on integroitu teknologian ja innovoinnin edistämistoimiin, mitkä ovat tähän liittyvät mahdolliset ongelmat, esteet sekä tarvittavat kehittämistoimet.

Innovaatiopolitiikka painottaa tiedon luomisen ja levittämisen merkitystä sekä tukee uusien teknologioiden kehittämistä. Näiltä osin innovaatiopolitiikka ja myös innovaatiotutkimuksessa saadut tulokset voivat tarjota keinoja, malleja ja ideoita ympäristöinnovaatioiden kehittämiseksi, levittämiseksi ja omaksumiseksi.

Missä määrin ympäristöpäämäärien tulisi vaikuttaa innovaatioaktiiviteetteihin ja teknologiseen muutokseen? Yhteiskunnan ympäristöohjausta tarvitaan valvomaan sitä, ettei teknologinen muutos kehity ympäristölle vahingolliseen suuntaan. Ympäristöhaittoja ei kuitenkaan liity kaikkeen tekniseen kehitykseen ja tasapaino ympäristötavoitteiden ja innovaatiopolitiikan muiden tavoitteiden välillä tulisi löytää. Tätä tavoitetta voidaan tukea tutkimuksen avulla.

4.2.4.3 Hallinnolliset ja organisatoriset yhteydet

Hallinnolliset järjestelyt kansallisella tasolla ja kansainvälisissä organisaatioissa ovat ilmeisesti riittämättömiä innovaatio- ja ympäristöpolitiikan tehokkaan vuorovaikutuksen ja integroimisen kannalta. Dialogeja hallinnon eri tasoilla tulisi voimistaa ja organisatorisia uudistuksia täydentää. T&k -projektit ja ohjelmat, asiantuntijakomiteat yms. ponnistelut voivat toimia yhteyksiä rakentavina instrumentteina ja edistää vuorovaikutusta ja yhteisymmärryksen syntyä.

4.2.4.4 Teknologioiden ja teknillisten innovaatioiden tutkimus

Vaatimukset tiettyjen spesifioitujen teknologioiden käyttöönottamiseksi saattavat estää uusien innovatiivisten ratkaisujen etsimistä. Hallinnolliset toimenpiteet saattavat kannustaa vain olemassa olevien teknologioiden käyttöönottamiseen ja parannustyyppisiin ratkaisuihin ”end-of-pipe” -ratkaisujen avulla, kun painopisteen tulisi olla ennaltaehkäisevissä prosessiratkaisuissa.

Ongelmien välttämiseksi hallinnolliset toimet ja ohjaus tulisi suunnata teknologiaperusteisten toimien tai standardien sijaan tavoitteiden saavuttamiseen tähtääviin toimiin ja niiden tulisi kannustaa kokonaan uusien teknologioiden kehittämiseen. Tämä aihepiiri on ajankohtainen Euroopan Unionissakin IPPC-direktiiviin liittyvän BAT-periaatteen käyttöönoton yhteydessä. Tämän järjestelmän mahdolliset vaikutukset EU:n innovaatiokapasiteettiin edellyttävät perusteellista tutkimusta ja seuranta.

4.2.4.5 Teknologian siirto ja leviäminen

Monien ympäristöongelmien ratkaisemiseksi ei tarvita uusia innovaatioita, vaan olemassa olevat teknilliset ja teknillistaloudelliset ratkaisut ovat riittäviä. Kun olemassa olevat teknologiat ja teknillistaloudelliset konseptit osoittautuvat riittäviksi, toimien ja edistämisen pääpaino on teknologian siirrossa niiden potentiaalisille soveltajille. Tällöin teknologian siirtoa ja leviämistä voidaan edistää politiikkatoimin.

4.2.4.6 Ohjauksen vaikutus innovointiin

Hallinnollisella ohjauksella saattaa olla taipumusta asettaa tiukempia standardeja uusille investoinneille kuin vanhemmille laitoksille. Tällöin ohjaus saattaa luoda kannusteita modifioida uusia olemassa olevia teknologioita, mutta lannistaa radikaalien uusien teknologisten ratkaisujen käyttöönottoa.

Liian lyhyet sopeutumisjaksot yhteiskunnan ohjaustoimiin, erityisesti jos ne liittyvät odottamattomiin hallinnollisiin muutoksiin, luovat yrityksissä epävarmuutta. Tällainen epävarmuus voi vähentää niiden halua pitkän tähtäimen investointeihin, joita tarvitaan sekä uusien teknologioiden kehittämiseksi että niiden levittämiseksi.

Ympäristösääntelyn tulisi siirtyä ”piipunpäätekniikkaan” perustuneesta ohjauksesta kohti suojelutavoitteiden saavuttamiseen tähtäävää ”suorituskykypohjaista” sääntelyä sekä laaja-alaisiin ja kattaviin järjestelmäratkaisuihin. Olemassa olevien teknologioiden modifiointien sijaan yhteiskunnan ohjauksen tulisi rohkaista kokonaan uusiin teknologisiin ja teknillistaloudellisiin ratkaisuihin. Hallinnollisen kehyksen tulisi olla riittävän ennakoitava ja vakaa.

4.2.4.7 Tietopohja ja indikaattorit

Innovaatiotoiminnan ja ympäristökysymysten integroiminen edellyttää tätä koskevan tietoperustan kehittämistä. Esimerkiksi ”Suomen kestävä kehityksen indikaattorit”-

raportissa korostetaan (YM 2000), että kestävä kehityksen seurannan edistämiseksi tulee kehittää sellaisia kansantalouden tilinpito- ja kansainvälisen kaupan tilastointijärjestelmiä, joissa otetaan huomioon myös t&k-toiminnan ympäristösidonnaisuus.

4.2.5 Yhteenveto

Edellä olevat esimerkit kotimaasta ja muista maista osoittavat, että innovaatiotoiminnan ja ympäristökysymysten integroimisesta teknologiapolitiikan piirissä on toteutettu yhä määrätietoisemmin jo useita vuosia ja näistä seikoista on myös toteutettu kasvavasti selvitys- ja tutkimushankkeita. Samalla tarkastellut esimerkit kuitenkin vahvistavat käsitystä, että jatkossa tarvitaan yhä systemaattisempia toimia innovaatiotoiminnan ja ympäristökysymysten integroimiseksi - mm. tähän liittyvän strategian sekä sitä edistävien teknologiapolitiikan toimien ja instrumenttien monipuolista tutkimusta, hallinnossa tarvittavan tietopohjan ja päätöksentekoa tukevien menetelmien kehittämistä, sekä lopulta integroimisesta saatavien tulosten systemaattista ja kriittistä arviointia. Näihin pyritään antamaan vastauksia jatkotutkimuksella, jota koskevia ehdotuksia ja hypoteeseja esitetään tämän työn luvussa 6.

4.3 Ympäristöpolitiikka ja innovaatiotoiminta

4.3.1 Johdanto

Tässä luvussa innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen integroimista tarkastellaan ympäristöpolitiikan kannalta, toisin sanoen, millainen rooli ympäristöpolitiikassa, osana kestävä kehityksen edistämistä, on teknologisten innovaatioiden edistämällä ja miten innovaatiotoiminnan ja kestävä kehityksen integraatiota voitaisiin edelleen tehostaa ympäristöpoliittisilla toimilla. Seuraavassa tarkastellaan ensin lyhyesti ympäristöintervention taloudellista taustaa, tämän jälkeen lähinnä OECD:n tutkimusten perusteella ympäristöpolitiikan ja sen instrumenttien innovaatiovaikutuksia, sekä sitten innovaatiotoiminnan merkitystä ympäristöhallinnon toimissa Suomessa.

4.3.2 Ympäristöintervention taloudellinen tausta

Niin tutkijoiden kuin hallinnonkin piirissä melko yleinen johtopäätös on, etteivät markkinat tuota kestävä kehityksen kannalta riittävästi ympäristöinnovaatioita (esim. Ekins 35-66, teoksessa Meyer-Krahmer 1998). Vaikka ympäristöhaittojen hyvinvointivaiku-

tukset yhteiskunnassa koettaisiinkin merkityksellisiksi, ympäristövaikutukset eivät taloudellisesti tule sisäistettyä hintajärjestelmään, eli markkinat epäonnistuvat ulkoisten ympäristövaikutusten (*externalities*) sisäistämässä taloudelliseen päätöksentekoon (*market failure*). Ympäristöhyödykkeiden ja –haittojen ”puutteellinen kustannuskate” vaikuttaa niin kestäväen kehityksen kannalta kriittisten innovaatioiden rahoitukseen kuin ympäristöystävällisempien teknologioiden käyttöönottoon ja leviämiseen.

Ulkoiset ympäristövaikutukset eroavat toisistaan aika- ja paikkadimensioiden suhteen. Uusiutumattomien ja uusiutuvien resurssien sekä ympäristön kuormituskapasiteetin riittävyys liittyvät aikaan, koska vaikutukset ulottuvat yli sukupolvien. Tulevien sukupolvien preferenssien puuttuminen markkinoilta aiheuttaa kestäväen kehityksen kannalta keskeisen resurssien allokaatio-ongelman. Jos tulevat sukupolvet olisivat kilpailemassa ympäristöresursseista, se voisi vaikuttaa merkittävästi voimavarojen allokaatioon eri käyttömuotojen välillä. Näin tapahtuisi, jos ympäristöresurssien hinnat riippuisivat myös sen haitan arvosta, joka syntyy niiden puuttumisesta. Ongelmaa ei kuitenkaan voida ratkaista tutkimalla nykyisen sukupolven preferenssejä eri ympäristöhaittojen kohdalla. Perinteisen taloustieteen malleissa ja teknisluonteisissa ulkoiskustannustutkimuksissa usein käytetyt diskonttausprosentit sekä oletukset arvojen säilymisestä ennaltaan johtavat käytännössä tuleville sukupolville aiheutettujen haittojen aliarvostamiseen suhteessa lähitulevaisuuden hyötyihin. Siksi ne eivät todennäköisesti kykene ohjaamaan kehitystä kestävämmälle uralle (ks. mm. Rabl 1995, Hongisto ym. 1998).

Yllä olevilla argumenteilla voidaan perustella yhteiskunnan ohjausta tai ”itseohjausta”, jotka voivat täydentää markkinamekanismin puutteita. Ohjaus voi tapahtua joko yhteiskunnan toimesta, se voi olla toimijoiden käynnistämiä itsesäätelytoimia, tahi molempia. Molemmissa tapauksissa ohjaus perustuu kansalaisten arvoihin ja niissä tapahtuviin muutoksiin. Ohjaus ei ole itsetarkoitus, vaan sen tavoitteena on käynnistää toivottuja muutosprosesseja. Kansalaisten arvostukset ja myös yhteiskunnan eri instituutioiden asema ja vaikutusvalta poikkeavat eri maissa ja näissä kaikissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat myös päätöksenteon tasapainotilanteisiin. Arvojen kanavoitumisessa päätöksentekoon on monia puutteita eikä täydellistä mallia voitane luoda. Yhteistä mekanismeille kuitenkin on, että kansalaisten ja asiakkaiden hyvinvointiarvostukset eivät välttämättä aina kanavoidu toivotulla tavalla päätöksentekoon.

Vasta vaihtoehtojen olemassaolo mahdollistaa kestäväen kehityksen mukaiset valinnat. Vaihtoehtojen monimuotoisuuden kasvattamisessa innovoinnilla ja innovaatioilla on keskeinen rooli. Muutokset arvostuksissa kanavoituvat eri ohjaustapojen kautta innovaatio toimiin ja toisaalta innovaatio toimet vaikuttavat valintoihin, arvoihin ja lopulta ohjaukseen. Keskeinen kysymys on tällöin se, millainen dynaaminen vuorovaikutus vallitsee innovaatioiden ja ohjauksen välillä sekä innovaatioiden ja arvojen välillä.

4.3.3 Ympäristöpolitiikan instrumenttien innovaatiovaikutuksia

Ympäristöohjauksen ja innovaatioiden välinen suhde on kasvavan mielenkiinnon kohteena sekä Yhdysvalloissa että Euroopassa. OECD:n julkaisema kirjallisuuskatsaus ”*Technology and Environment: Towards Policy Integration*” tarkastelee erilaisten ohjauskeinojen innovaatiovaikutuksia, julkisen- ja yksityisen sektorin yhteistoimia, hallitusten toimia ympäristöteknologioiden levittämiseksi sekä teknologian ennakoimiseen liittyviä tutkimuksia (OECD 1999a). Katsauksen mukaan jäsenvaltioiden ympäristöpolitiikassa ei ole yleensä kiinnitetty erityistä huomiota positiiviseen kytkentään ympäristön laadun parantamisen ja teknologisten innovaatioiden välillä.

Ympäristöarvot ja niiden analyysitavat ovat saavuttaneet laajaa hyväksyntää johtavien yritysten strategioissa (esim. ABB) ja ympäristöhyödykkeitä ja palveluita tuottavaa globaalia teollisuutta on vähitellen kehittynyt (OECD 1996). Ympäristötiede ja –teknologia valtaa alaa julkisissa tutkimus- ja kehitysohjelmissa lähes kaikissa OECD-maissa. OECD:n raportissa todetaan, ”että uusi teknologia on avain kestävän kehityksen saavuttamiseksi, mutta ympäristön ja teknologian välisiä yhteyksiä tunnetaan edelleen huonosti.” Teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan välillä on ollut suhteellisen vähän vuorovaikutusta useimmissa OECD-maissa. Raportissa on kehitetty alustavaa analyttistä kehystä ympäristöpolitiikan vaikutusten arvioinnille suhteessa teknologian kehitykseen, leviämiseen ja innovaatioihin teollisuudessa.

Ympäristöpolitiikan eri instrumenttien vaikutukset poikkeavat suhteessa innovaatioihin. Tuotestandardit kannustavat lähinnä parannusinnovaatioihin tai marginaalisiin muutoksiin. Tuotekiellot saattavat kannustaa radikaaleihin korvaaviin innovaatioihin, mutta myös aikaansaada häiriöitä ja kustannuksia. Teollisten prosessien suorituskykystandardit ovat teknisesti joustavia, kun taas teknologiaspesifikaatiot saattavat tukahduttaa innovaatioita. Taloudelliset ohjausinstrumentit, kuten päästömaksut ja vaihdettavat päästökiintiöt, voivat sisältää dynaamisempia mahdollisuuksia innovaatioiden kannustamiseksi. Ongelmaksi voi muodostua se, että niiden taso määräytyy poliittisessa prosessissa, jolloin niitä ei yleensä säädetä riittävän korkeiksi (päästömaksut) tai riittävän kattaviksi (kiintiöt). Yleensä taloudellisten ohjauskeinojen käyttöä pidetään korvaavana tai täydentävänä perinteiselle sääntelylle. Toistaiseksi myöskään vapaaehtoiset sopimukset eivät ole tuoneet merkittävää kannustetta ainakaan radikaaleille teknologisille muutoksille, vaikka uudemmat versiot ympäristösopimuksista teollisuuden kanssa vaikuttavat lupaavilta. Arvokkaita aloitteita ovat myös laajennetun tuottajavastuun käsite ja ympäristöasioista tiedottamiseen liittyvä, uuteen tieto- ja viestintäteknikkaan perustuva ohjaus, sekä ympäristöjohtamisjärjestelmät. Ympäristöinnovaatioita voidaan edistää myös erityyppisillä politiikkareformeilla.

Muutoksilla teknologioiden käyttöönotossa ja uusien lähestymistapojen suosimisella on mahdollista parantaa parantaa hallinnollista ympäristöinnovaatiokehystä. Uusia teknologioita kehitettäessä voitaisiin pyrkiä ottamaan huomioon tulevien ympäristöstandardien vaatimuksia. Varhaisen varoituksen järjestelmät ja huolellisesti ajoitetut uudet ympäristöohjelmat voivat vähentää teollisuuden kokemaa hallinnollista epävarmuutta. Nopeutetut hallinnon katselmukset sekä todentamis- ja sertifiointiohjelmat voivat nopeuttaa uusien teknologioiden käyttöönottoa. Teknologiaspesifikaatioista luopuminen ja huomion siirtäminen suojelutavoitteiden saavuttamiseen tähtääviin ”suorituskykypohjaisiin” lopputuloksiin voi lisätä joustavuutta ”vähentämättä vapausasteita” ja auttaa siten teollisuuden sopeutumista. Tällaiset toimet edellyttävät ympäristö- ja teknologiapolitiikan yhteensopivuuden tehostamista sekä teknologia- ja ympäristöviranomaisten toimien koordinaation tehostamista.

OECD:n raportissa on arvioitu ympäristönsuojelun eri ohjausinstrumenttien innovaatiovaikutuksia. Johtopäätöksenä todetaan, että arviot vaikutuksista ”perustuvat sekä teoreettiseen, että empiiriseen tutkimukseen, mutta usein kuvaavat tekijöiden päätelmiä ja mielipiteitä ennemminkin kuin toteen osoitettuja väittämiä”. Taulukkoon 3 on koottu tällaisia arvioita ohjausinstrumenttien innovaatiovaikutuksista.

Taulukko 3. Heatonin luokittelu (1997) ohjausinstrumenttien ja erilaisten teknologisten västeiden voimakkuudesta. (x = heikko, xx = keskinkertainen, xxx = vahva, N/A = tietoa ei saatavilla).

	Radikaali-innovaatio	Parannus-Innovaatio	Jatkuva innovaatio	Teknologian diffuusio
Tuotestandardit	X	XX	X	XXX
Hyväksyntä ennen markkinoille pääsyä	X	XXX	N/A	N/A
Tuotekiellot	XXX	X	XX	XXX
Suorituskykystandardit	X	XXX	XX	XX
Teknologiaspesifikaatiot	X	XX	X	XXX
Laitosluvat	X	XX	X	XX
Saastemaksut	X	XXX	XXX	XX
Päästökauppa	X	XX	XX	X
Ympäristötuet	XX	XXX	XX	XXX
Tuottajavastuu	XXX	XX	XX	X
Tietojen julkistaminen	X	XXX	XXX	XX
Vapaaehtoiset sopimukset	X	XX	XX	XXX

Eräs tärkeä ympäristöpolitiikan ja teknologisen tutkimuksen välinen ongelma on se, että instrumentteja tarkastellaan usein erillään, vaikka käytännössä niitä sovelletaan eri välineiden yhdistelminä. Esimerkiksi taloudellisia ohjauskeinoja käytetään monissa maissa hyvällä menestyksellä perinteisten hallinnollisten instrumenttien täydentäjinä. Siksi on oleellista pohtia myös sitä, millaiset ohjausinstrumenttien yhdistelmät tuottaisivat ympäristön kannalta hyödyllisimpiä innovaatioita ja minkä tyyppisiä ne olisivat. Heatonin arviot on esitetty Taulukossa 4.

Taulukko 4 . Arvio vasteista yritysryhmittäin (Heaton 1997).

	Markkinoilla toimivat säännellyt yritykset	Markkinoille tulleet uudet yritykset	Ympäristöhyödykkeitä ja palveluita tuottavat yritykset
Tuotestandardit	X	XX	X
Hyväksyntä ennen markkinoille pääsyä	X	XXX	N/A
Tuotekiellot	XXX	X	XX
Suorituskykystandardit	X	XXX	XX
Teknologia-spesifikaatiot	X	XX	X
Laitosluvat	X	XX	X
Saastemaksut	X	XXX	XXX
Päästökauppa	X	XX	XX
Ympäristötuet	XX	XXX	XX
Tuottajavastuu	XXX	XX	XX
Tietojen julkistaminen	X	XXX	XXX
Vapaaehtoiset sopimukset	X	XX	XX

Ympäristönsuojelun taloudellisilla ohjausinstrumenteilla oletetaan olevan merkittävä vaikutus teknologiseen muutokseen, koska niiden taustalla oleva teoria perustuu dynaamiseen tehokkuuteen. Vaikka tavanomainenkin hallinnollinen sääntely voi tarjota voimakkaan yksittäisen kannusteen teknologiselle muutokselle, antaa taloudellisten ohjauskeinojen käyttö jatkuvan kannusteen innovaatioille. Näin olleen OECD:n mukaan yksittäisten instrumenttien tarkastelun sijaan olennaiseksi tutkimuskohteeksi nouseekin se, millaisilla eri ohjauskeinojen yhdistelmillä ja millaisissa yhteyksissä voidaan päästä ympäristön kannalta suotuisiin innovaatioihin (OECD 1999a). Tähän perustuen OECD:n tutkimuksessa on hahmoteltu Taulukko 5, jossa arvioidaan erilaisten ohjausinstrumenttien vaikutusten määrää erityyppisissä innovaatiokohteissa.

Taulukko 5 . Erilaisten ohjausinstrumenttien vaikutuksia erityyppisiin innovaatiokohteisiin (Heaton 1997). + ja – merkit kuvaavat vaikutuksen suuntaa ja määrä voimakkuutta.

	”Kypsä teollisuus”	Uusi yritys markkinoille	Ympäristöteollisuus	Tuotemuutos	Prosessimuutos	Resurssimuutos	Johtaminen
Tuotestandardit	+			+			+
Hyväksyntä ennen markkinoille pääsyä		-		-			+
Tuotekiellot	++	++		++			
Suorituskyky-standardit	+	+	+		+	+	
Teknologia-spesifikaatiot	-	--	++		+		
Laitosluvat	-	-			--	+	
Saastemaksut	++	++			++	++	+
Päästökauppa	++	-	-		++	++	+
Tuottajavastuu	++	+		++		++	++
Informaation antovelvoite	++	+		++	++	++	++
Vapaaehtoiset sopimukset					+	+	+

Ympäristöpolitiikan instrumenttien innovaatiovaikutuksia on tutkittu myös EU:n Sevillassa sijaitsevassa Institute for Prospective Technology Studies (IPTS) – tutkimuskeskuksessa. Blazejczak ym. ovat kehittäneet vertailukehyksen, jota on sovellettu konkreettisten kohteiden, kuten paperin, jääkaappien ja tuulivoiman tutkimiseen. Innovaation menestystä mitattiin niiden leviämällä tai niiden avulla aikaansaaduilla ympäristöhyödyillä. Innovaatioihin vaikuttavien tekijöihin välillä on monimutkaisia vuorovaikutussuhteita ja tästä syystä tutkimuksessa ei pyritty erittelemään yksittäisten ohjausinstrumenttien osuutta menestykseen. Sen sijaan lähtöoletukseksi otettiin useiden aiempien tutkimusten perusteella se, että niitä voidaan selittää ainoastaan useiden tekijöiden yhteisvaikutuksena (Blazejczak et al. 1999).

Hankkeessa on kehitetty innovaatioystävällisyyttä kuvaava politiikkakehys, jonka keskeiset elementit esitetään Taulukossa 6.

Taulukko 6 . Blazejczak:n ym. (1999) soveltama politiikkakehys eri maiden tiettyjen ”menestysinnovaatioiden” ympäristötekijöiden vertailemiseksi ja analysoimiseksi.

A. Instrumentit

- ◆ Tarjoavat taloudellisia kannustimia
- ◆ Toimivat yhdistelminä
- ◆ Perustuvat strategiseen suunnitteluun ja tavoitteiden muotoiluun
- ◆ Tukevat innovaatioita prosessina ja ottavat huomioon innovaatioiden eri vaiheet

B. Toimijat

- ◆ Suosii horisontaalista ja vertikaalista politiikkaintegraatiota ja ”verkottaa” erilaisia hallintoviranomaisia
- ◆ Sääntelyn kohteet verkostoituvat toinen toisiinsa
- ◆ Sääntelijän ja säänneltävän välinen verkostoituminen on tiukkaa
- ◆ Sidosryhmäverkostojen mukaan ottamisen avulla edistetään tietämyksen saavuutta ja motivaatiota

C. Poliitiikan tyyli

- ◆ Perustuu dialogeihin ja konsensukseen
- ◆ Laskelmoitavissa, luotettava ja siinä on jatkuvuutta
- ◆ Päätäväinen, proaktiivinen ja kunnianhimoinen
- ◆ Avoin ja joustava suhteessa yksittäistapauksiin
- ◆ Johtamis- ja tieto-orientoitunut

Blazejczakin politiikkakehys elementteineen antaa yhden demonstroidun metodologisen vaihtoehdon alan myöhemmälle jatkotutkimukselle.

OECD:n tutkimuksessa (1999a) tehdään myös yksityiskohtaisia yhteenvetoja yhteiskunnan erityyppisten ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen vaikutuksista innovaatioihin, joita kuvataan seuraavassa.

4.3.3.1 Tuotestandardit

Tuotestandardeja on käytössä kaikissa OECD-maissa. Tuotestandardien odotetaan aiheuttavan markkinoilla oleviin tuotteisiin pikaisia teknologisia muutoksia. Kuitenkin se, mitä useimmissa tarkastelluissa tapauksissa on tapahtunut, on nopea olemassa olevan tuotteen korvautuminen jollakin toisella tuotteella, mutta ei uusi innovaatio. Tuotestandardien vaikutukset ovat useimmiten parannusinnovaatioita, jotka tosin saattavat sitten

levitä nopeasti koko teollisuudenalalle. Autoteollisuuden tuotestandardeista saaduista kokemuksista OECD vetää seuraavia johtopäätöksiä.

- ◆ Tiukka sääntely voi johtaa suuriin muutoksiin, mutta myös ongelman politisoitumiseen ja epävarmuuteen. Vaikutusten viive saattaa olla merkittävä ja joitakin rakenteellisia muutoksia on odotettavissa.
- ◆ Kypsässä vaiheessa olevalla ja keskittyneellä teollisuudenalalla on taipumusta valita ”vähiten häiritsevä” innovaatio (esimerkkinä tästä autoteollisuuden kohdalla katalyysaattori).
- ◆ Innovatiivisin ja nopein reagointi tulee teollisuudenalan pienimmiltä yrityksiltä ja uusilta markkinoille tulleilta yrityksiltä (esimerkiksi päästömittauslaitteiden valmistajilta).
- ◆ Taloudellisten kannustinten vaikutuksista on parhaat näytöt Euroopasta ja Japanista (erityisesti polttoaineverojen kohdalla).

4.3.3.2 Hyväksyntä ennen markkinoille pääsyä

Markkinoillepääsyä edeltävä hyväksyntä on lääkkeiden, torjunta-aineiden ja myrkyllisten kemiallisten yhdisteiden suhteen käytössä laajalti, mutta toimien täytäntöönpanon tavat saattavat vaihdella. OECD:n raportin mukaan tämän hallinnollisen ohjausinstrumentin vaikutuksista innovaatioihin on eniten dokumentoitua kirjallisuutta. Esihyväksynnän on havaittu pidentävän tutkimus- ja kehitysaikaa, kasvattavan sen kustannuksia sekä vähentävän siten keksintöihin liittyvää palkitsemisaikaa. Siten esihyväksynnän on havaittu heikentävän ’innovaatiosyklejä’ lääketieteellisyydessä ja vastaavilla tutkimusintensiivisillä aloilla. Mm. näistä syistä USA:n kongressi pidensi lääketieteellisuuden patenttien voimassaoloaikaa 1980-luvun puolivälissä (OECD 1999a).

Esihyväksynnän vaikutuksia on selvitetty myös vaarallisten kemikaalien kohdalla. Tutkimusten mukaan uusien markkinoille tulevien kemikaalien lukumäärä voi alentua tilapäisesti muutamiksi vuosiksi sekä sääntelyn ennakoitiin että sen toteuttamiseen liittyvien epävarmuuksien takia. Tutkimuksissa saatiin selville myös kielteisiä pidemmän ajanjakson vaikutuksia. Haittoja oli aiheutunut erityisesti pienille yrityksille sekä erikoiskemikaalien tuottajille, jotka kokivat mm. testauskustannukset suurempia kilpailijoitaan raskaammiksi (Ashford ja Heaton 1983).

4.3.3.3 Tuotekiellot

Ohjauskeinoista jyrkimmät toimenpiteet eli kiellot ovat kohdistuneet enimmäkseen kemianteollisuuden tuotteisiin. Esimerkkejä ovat PCB:n, fosfaattipesuaineiden, asbestin, formaldehydieristeiden, DDT:n ja monien muiden torjunta-aineiden, lyijybensiinin ja CFC -yhdisteiden kiellot. Taustalla ovat olleet suuret usein mittakaavaltaan globaalit vaarat, joita vastaan on päätetty ryhtyä yhteisiin toimiin eri maissa. Useimpia näistä tapauksista on tutkittu laajasti.

Tuotekieltöjen on havaittu aina johtavan teknologisiin muutoksiin. Muutoksen luonne voi vaihdella yksinkertaisista korvaavista tuote-, prosessi- tai komponenttiratkaisuista parannusinnovaatioihin ja radikaaleihin muutoksiin jopa koko teollisuuden alan rakenteissa. Nopeasti ilmenevät muutokset eivät välttämättä kuitenkaan jää vallitseviksi pitkällä aikajaksolla erityisesti silloin, jos kyse on innovatiivisesta uudesta ratkaisusta. Havaintojen mukaan teollisuus on löytänyt kaikissa kieltotapauksissa sopeutumiskeinot ja uudet hyväksyttävät teknologiset ratkaisut, vaikka se ei ole tapahtunut välittömästi, ongelmitta eikä ilman lisäkustannuksia.

Lähes kaikki tuotekiellot ovat koskeneet kypsässä kehitysvaiheessa olevia teknologioita. Koska tekniset ja taloudelliset panokset ovat korkeita, on myös julkinen päätöksentekoprosessi yleensä politisoitunut ja samalla sen ennakointi vaikeutunut. OECD:n raportti kuvaa tilannetta, jossa Bayer (Saksan suurin PCB:n tuottaja) pyrki viivästyttämään tuotekiellon käyttöönottoa, jotta yhtiön asema korvaavan teknologian kehittämisessä olisi turvattu. Vastaavasti yhdysvaltalaisen Monsanto:n ratkaisu PCB:n kohdalla oli poistua markkinoilta kokonaan. Tällaiset muutostilanteet avaavat mahdollisuuksia uusille tulokkaille ja uusille liiketoimintakonsepteille, jotka voivat olla haastajina kieltoa edeltäneille teknologioille ja niihin liittyville rakenteille. Tämä tuotekieltöihin liittyvä piirre poikkeaa muista ohjauskeinoista.

OECD:n raportin mukaan kieltojen historia osoittaa sen, minkä innovaatioteoriatkin ennustavat: kypsiä teknologioita hyödyntävät yritykset pyrkivät sopeutumaan muutokseen hallitsemiensa vähittäisten parannusinnovaatioiden kautta, mutta ovat haluttomia poikkeamaan vallitsevista *status quo* asetelmista. Toisaalta ilmaantuu uusia teknologisia kilpailijoita ja haastajia uusine tuotekonsepteineen sekä samoin potentiaalisesti radikaalejakin innovaatioita repivine vaikutuksineen. OECD:n raportin mukaan nämä esimerkit ovat tarjonneet hyvän oppitunnin ympäristöpolitiikalle: dramaattiset politiikka-aloitteet voivat tuottaa teknologisesti hyödyllisiä tuloksia pitkien aikojen kuluessa, mikäli muutostilan häiriövaikutus ja kustannukset kyetään kantamaan. Päätelmä on lähellä niitä Michael Porterin ajatuksia, joita käsillä olevassa tutkimuksessa esiteltiin aiemmin luvussa 3.

4.3.3.4 Suorituskykystandardit

Suorituskykystandardeja on ympäristönsuojelussa sovellettu ohjauskeinoina ilman- ja vesiensuojeluun sekä ongelmajätteiden käsittelyyn liittyvien prosessien kohdalla. Ohjauskeinona suorituskykystandardeja kannatetaan laajasti.

Teoreettisesti suorituskykystandardit ovat kiinnostavia, koska ne yhdistävät teknologisen kysynnän ja ongelman ratkaisulle tarpeellisen joustavuuden. Tämän teoreettisen edun realisoimiseen liittyy kuitenkin ongelmia, koska puhdasoppista suorituskykystandardia on vaikea toteuttaa käytännössä. Monet suorituskykystandardit sisältävät oletuksia siitä, mihin parhaat käytettävissä olevat tekniikat (*BAT, Best Available Techniques*) pystyvät. Näin ollen standardit eivät edellytä teknologisia muutoksia niissä yrityksissä, jotka jo käyttävät 'state-of-the-art' -tason teknologiaa. Joissakin standardeissa käytetään epämääräisiä termejä (esim. maksimaalinen toteutettavissa oleva päästöjen vähenemä), jotka tekevät tyhjäksi niiden objektivisuuden. Toisaalta joissakin standardeissa on määriteltäviä niin spesifejä valvontavaatimuksia, että ne jättävät käyttöönottajalle vain vähän valinnanvaraa.

1970-luvulla, kun keskustelu kävi vilkkaasti eri standardien vaikutuksista, selvitettiin myös suorituskykystandardien teknologisia vaikutuksia. OECD:n raportissa tehdään seuraavia päätelmiä (1999a).

- ◆ Suuren mittakaavan tuotannon ja kypsän teknologian sektorit vastustivat merkittäviä muutoksia, mutta mukautuivat tehokkuutta parantaviin ympäristön seuranta- ja prosessien kontrollitoimiin.
- ◆ Merkittäviä prosessi-innovaatioita tapahtui sellaisten tiukentuneiden säännösten takia, jotka antavat ohjauksen kohteena olevalle teollisuudelle riittävästi aikaa kokonaisvaltaisten strategioiden muodostamiseen.
- ◆ Pienemmät yritykset ja mahdolliset uudet markkinoille tulevat yritykset olivat taipuvaisia kehittämään innovatiivisempia ratkaisuja.
- ◆ Ympäristöhyödykkeitä ja -palveluja tuottava teollisuus noudatti ympäristövaatimukseen sopeutuvaa strategiaa, jotka parhaimmillaankin olivat vain parannusinnovaatioita, mutta jotka levisivät nopeasti, koska olivat sopuosinnussa ja hyväksyttävissä sääntelyn kannalta.
- ◆ Ohjausinstrumenttien joustava mukauttaminen, sektorikohtaiset vaihtelut vaatimuksissa, sekä toimeenpanon aikakehys ovat sellaisia suorituskykystandardien ominai-

suuksia, jotka OECD:n mukaan synnyttävät myönteisimpiä teknologisia vaikutuksia.

4.3.3.5 Teknologiaspesifikaatiot

Sellaista hallinnollista ohjausta, joka velvoittaa käyttämään juuri tiettyä teknologiaa, tuskin on olemassa ja sellaista olisi vaikea perustellakaan. Siitä huolimatta joissakin tilanteissa keinovalikoiman vaihtoehtojen liikkumavara voi olla niin pieni, että tällaisia kytkentöjä voi käytännössä syntyä (esim. vaarallisten jätteiden kohdalla). Teknologiset spesifikaatiot sulkevat innovatiivisen vaikutusmahdollisuuden ulos, sillä ne perustuvat olemassa olevaan teknologiaan. Olisi toivottavaa, että teknologisten parannusten ja ohjauksen päivittäminen kulkisivat käsi kädessä. Tulosten ennakoiminen on hallinnollisen päätöksenteon monimutkaisuuden takia kuitenkin vaikeaa.

Teknologiastandardien toimintamekanismi perustuu hyväksytyyn olemassa olevan teknologian levittämiseen. Tätä käytetään ”jäljessä tulijoiden” nostamiseen ”state-of-the-art” -tasolle. Toisaalta teknologiastandardeja käytetään suurten markkinoiden luomiseen ympäristöhyödykkeille ja palveluille. Jos oletetaan kilpaillut markkinat, tulisi innovaatioihin kannustavan voiman olla tarjontapuolella vahva. Vaikka poikkeukset näyttävät vahvistavan tämän, ei tätä aihetta ole OECD:n mukaan vielä systemaattisesti tutkittu. Vanhemmat mallinnustutkimukset ovat valaisseet asiaa vain siltä osin, että teknologiaspesifikaatiot voivat kannustaa teknologioiden leviämistä.

4.3.3.6 Laitosluvat

Luvan myöntäminen laitoksille rakentamisen, sijoittelun ja päästöjen osalta on laajasti käytössä oleva mekanismi. Tällöin viranomaiset perehtyvät ko. teknologiaan, varmistavat sen hallinnollisen yhteensopivuuden ja riittävien sidosryhmien, erityisesti paikallisen väestön osallistumisen ympäristöä koskevaan päätösprosessiin. Monissa maissa lupaprosessit on eritelty suhteessa veteen, ilmaan ja jätteisiin. Yritysten näkökulmasta lupaprosessit voivat olla merkittävien aikaviiveiden, ongelmien ja epävarmuuden lähteitä. Toisaalta yhteiskunnan kannalta lupaprosessi muodostaa keinon sekä tietojen keräämiseksi että yritysten teknologisiin valintoihin vaikuttamiseksi. OECD:n raportin mukaan lupaprosessien innovaatiovaikutuksia ei juurikaan ole tutkittu. Tämä on suuri puute, koska luvan myöntämistä pidetään kattavimpana etukäteen tapahtuvana uusien laitteistojen tarkasteluna, joka vaikuttaa teknologiseen muutokseen.

Näkemyksiä lupakäytännön ja innovaatioiden välisestä kytkennästä on kuitenkin kertynyt. Jotkut pitävät lupaprosessia merkittävien innovaatiotoiminnalle kielteisten vaiku-

tusten lähteenä. Ensinnäkin säännelty teollisuus saattaa lupaprosessin takia lykätä uusien järjestelmien rakentamista välttääkseen yksityiskohtaisia valvontaa. Toisaalta innovatiivisia ympäristöhyödykkeitä ja palveluita tuottavat teollisuudenalat voivat karsastaa lupaprosessia, koska epäilevät viranomaisten olevan uusia teknologioita kohtaan skeptisiä mm. soveltamismahdollisuuksien viiveiden ym. epävarmuuksien takia. Näiden seikkojen takia Yhdysvalloissa on otettu käyttöön ainakin kolme strategialinjausta, jotka saattavat parantaa ympäristöinnovaatioiden mahdollisuuksia. Ne ovat

- ◆ ns. ”nopeat raiteet” (*fast tracks*) innovatiivisten teknologioiden lupaprosesseille
- ◆ lupaavien uusien teknologioiden verifiointi ja hallinnollisen yhteensopivuuden määrittäminen
- ◆ yhdistetty lupa, jossa viranomaiset käsittelevät ilma-, vesi- ja jäteasiat yhtenä päätöksentekoprosessina (*IPPC-analogia*).

4.3.3.7 Päästömaksut

Päästömaksut ovat olleet vilkkaan tutkimuksen kohteena modernin ympäristöpolitiikan aikana ja pääosa tämän alan tutkimusta on tehty taloustieteen piirissä. Myös oikeustieteellinen näkökulma on tässä keskeinen. Maksuihin liittyvää kirjallisuutta on kertynyt runsaasti sekä vesi- että ilmapäästöjen osalta. Merkittävä ja usein korostettu myönteinen piirre päästömaksuissa hallinnollisiin keinoihin verrattuna on se, että niiden tulisi toteuttaa ”tehokas päästön vähenemä”. On kuitenkin havaittu, että päästömaksun asettaminen ”oikealle”, riittävän vaikuttavalle tasolle on poliittisesti ongelmallinen kysymys. Käytännön kompromissina päästömaksut on useimmissa käytössä olevissa sovelluksissa kytketty hallinnollisen ohjauksen mekanismeihin. Näin pyritään ensinnäkin varmistamaan minimaalisen hyväksyttävän tason saavuttaminen ympäristön laadussa sekä, toiseksi asettamaan maksut niin, että ne sekä tuottavat tuloja että kannustavat suojelutoimiin.

Taloudellisia ohjauskeinoja on kartoitettu mm. laajassa OECD:n selvityksessä (OECD 1999a). Tulokset puhuvat sen puolesta, että päästömaksut ovat kannustaneet tehokkaasti ympäristötavoitteiden saavuttamiseen, rahoitukseen sekä jatkuvaan teknologiseen muutokseen. Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että päästömaksujen ja muiden verojen dynaamiset vaikutukset voivat vaihdella, mikä johtuu niihin vaikuttavista muista ympäristöpolitiikan prosesseista tai innovaatioihin liittyvistä seikoista (Hemmelskamp 1997). Eri tutkimuksiin perustuvien näyttöjen pohjalta päätellään, että päästömaksuja ja -veroja voidaan pitää vahvoina työkaluina jatkuvan teknologisen muutoksen edistämisessä yrityksissä. Toistaiseksi maksujen taso ei kuitenkaan ole ollut riittävän korkea,

jolloin vaikutukset jäävät parannusinnovaatioiden suuntaan ja radikaalit innovaatiot jäänevät toteutumatta. Nämä vaikutukset tapahtuvat lähes yksinomaan säännellyllä sektorilla ja laajoille rakenteellisille muutoksille jää vähän mahdollisuuksia.

4.3.3.8 Päästökauppa

Päästökauppa on uusi taloudellisen ohjauksen muoto. USA:ssa järjestelmiä on otettu käyttöön mm. joidenkin jätevesikohteiden, ilmansaasteiden erityisesti rikkipäästöjen osalta, lyijynjalostamojen osalta ja CFC-päästöjen suhteen. Päästökauppa kohdistuu ”tehokkaaseen” päästöjen vähentämiseen päästömaksujakin enemmän, koska se tarjoaa kuormituksen vähentäjille mahdollisuuden toteuttaa vähentäminen pienempien kustannusten kohteissa. OECD:n raportin (1999b) mukaan tietämys päästökaupan vaikutuksista teknologiseen muutokseen on kuitenkin minimaalista.

Yksi huomiota herättävä johtopäätös Yhdysvaltojen päästökauppajärjestelmästä on, että vaihdantaa on tapahtunut enemmänkin yhtiöiden sisäisenä kuin niiden välisenä, eli päästökauppaa on käytetty tasapainottavana työkaluna yhtiöiden tai kohteiden sisällä eri päästökohteiden välillä. Päästökauppa on siten muodostunut ennemminkin tasapainottavaksi elementiksi suhteessa päästötavoitteisiin, kuin teknologisen muutoksen kannustimeksi. Päästökaupan mahdollisuuksia voi rajoittaa se, että vain kuormittajat vaihtavat oikeuksia, mikä rajoittaa muun yhteiskunnan sekä ympäristötuotteita- ja palveluja tarjoavan teollisuuden roolia teknologian kehityksessä. Tästä seuraa, että tämänkin instrumentin kohdalla parannusinnovaatiot ovat radikaali-innovaatioita todennäköisempiä ratkaisuja.

4.3.3.9 Tuottajavastuu

Laajennetulla tuottajavastuulla viitataan joko vaarallisten tuotteiden valmistajiin kohdistettuun lailliseen vastuuseen niistä seurauksista, joita myydyt tuotteet saattavat aiheuttaa, tai lisääntyvään ympäristövaatimusten joukkoon tuotteen koko elinkaaren ajalta.

Vastuukysymykset ovat olleet kauan laillisen järjestelmän perustana. Tuotevastuu on kuitenkin uudempi käsite ja siitä löytyy myös useita määritelmiä. Laajimmat sovellukset löytynevät Saksasta, jossa takaisinottosäännöt velvoittavat kulutushyödykkeiden valmistajat (esim. jääkaapit) vastaanottamaan ne käytön jälkeen. Toinen muunnos tästä on kemianteollisuuden Responsible Care –ohjelma, jossa yhtiöt tunnustavat velvollisuutensa ottaa huomioon tuotteidensa vaikutukset kehdestä hautaan –periaatteella.

Sitä, miten vastuukysymykset vaikuttavat innovaatioihin, on selvitetty vähän. Monien liike-elämän edustajien mukaan tuotevastuulait painostavat heitä riskejä karttavaan asenteeseen, mikä mm. lakien soveltamisen epävarmuuksien takia hidastaa uusien tuotteiden käyttöönottoa, ennen kuin niiden vaikutukset voidaan ennakoida. Kuluttajat usein hyväksyvät tämän näkökulman, mutta pitävät juuri sitä lain tarkoituksenakin: tarkoituksena on juuri kannustaa turvallisempien ja ennakoitavampien tuotteiden valmistamiseen. OECD:n mukaan sitä hypoteesia, kannustavatko tuotevastuulait innovaatioihin syrjäyttämällä turvattomat tuotteet markkinoilta, ei ole kuitenkaan vielä testattu.

Tuotevastuupolitiikat voivat tarjota tuntuvan myönteisen lähestymistavan kauaskantoisiin muutoksiin tuotesuunnittelussa ja niillä voi olla konkreettista hyötyä ympäristölle. Keskeinen etu laajennetussa tuottajavastuussa on, että se muuttaa aikakehystä ja huomiota otettavien tekijöiden määrää tuotteiden suunnitteluvaiheessa. Mikäli näitä ei tarvitsisi huomioida, voisivat yhtiöt jättää huomioimatta myymiensä tuotteiden jälkivaikutuksen ja mahdollisen uudelleenkäytettävyyden. Jos nämä vastuut kohdistuvat tuottajalle on olemassa selvä velvoite niiden huomioon ottamiseksi jo suunnitteluvaiheessa.

Saksan auto- ja kulutustavarateollisuuden esimerkkien pohjalta voidaan päätellä, että käynnissä on merkittävä uudentyypin suunnitteluprosessikonseptin luominen, jossa ympäristöasiat ovat integroituna osana. USA:n kemianteollisuudessa on tehty samantyyppisiä havaintoja ja Japanissa keskustellaan ”käänteistuotantoalan” synnystä, jossa ympäristöongelmat otetaan suunnittelun lähtökohdaksi. Tästä trendistä saattaa tulla merkittävä ympäristöinnovaatioihin kannustava voima erityisesti niissä yrityksissä, jotka traditionaalisessa hallintomallissa ovat olleet jälkeinpäin luotujen tuotestandardien kohteena, mutta myös nuoremmissa yrityksissä, jotka kehittelevät näitä ajatuksia uusien tuotteiden kohdalla.

4.3.3.10 Avoin tiedottaminen ohjauskeinona

Tieto- ja kommunikaatiotekniikan kehittyessä erilaisten tiedottamiseen liittyvien toimien merkitys ohjauskeinona on kasvamassa (*information disclosure*). Tällainen ohjaus voi liittyä joko ympäristösuorituskykyä koskevien tietojen avoimeen julkittamiseen tai ympäristövalvonnan vaatimusten täyttämistä koskevien tietojen esittämiseen. Ensimmäisenä tavoitteena on varoittaa, suojella ja antaa tietoja väestön valintojen tueksi liiketoiminta-aktiiviteeteista ja jälkimmäinen liittyy hallinnollisen yhteensopivuuden ja valvonnan tarkoituksiin. Molempia on jo kokeiluvaiheessa. Julkisia tiedotusohjelmia on käytössä eripuolilla maailmaa ja joskus yllättävilläkin tuloksilla. Suojelutoimien hallinnollinen toteuttaminen saa uusia mahdollisuuksia kun tieto- ja kommunikaatiotekniikkaan perustuva tietojen tuottaminen ja seuranta mahdollistavat reaaliaikaisen tiedon

tuottamisen ja välittämisen, sekä siihen perustuvan kannustinpohjaisen hallinnollisen ohjauksen.

OECD:n raportissa esitetään esimerkkeinä tiedottamiseen liittyvästä ohjauksesta USA:n 1990 luvun alussa aloitetun myrkyllisten aineiden inventaarin (US Toxic Release Inventory, TRI). TRI oli ensimmäinen raportointivaatimus, joka kokonaispäästöjen selvittämiseksi kattoi kaikki päästötyypit. Päästömäärät yllättivät yritykset ja hallinnon. TRI synnytti voimakkaan motivaation ympäristösuorituskyvyn parantamiseksi, josta voitiin raportoida julkisesti. Vastaavan ilmiön odotetaan tapahtuvan jätevesipäästöjen kohdalla, kun kunnalliset laitokset on määrätty paljastamaan päästönsä asiakkailleen. Näiden kokemusten perusteella myös monet monikansalliset yhtiöt sekä kehitysmaat ovat alkaneet kiinnostua tiedottamiseen liittyvästä ohjauksesta.

Vaikka tietojen paljastaminen saattaa näyttää heikolta motivaatiokeinolta perinteisiin ”command and control” instrumentteihin verrattuna, sillä on OECD:n mukaan ainakin seuraavat edut tekniikan muutoksen kannalta. Ensiksi, kun tietojärjestelmät kattavat kaikki päästötyypit, voivat ne kannustaa kokonaisvaltaiseen teknologiseen muutokseen ”piipunpääratkaisujen” sijaan, joihin perinteinen sääntely on keskittynyt. Toiseksi, koska tietovaatimukset kehittyvät jatkuvasti, ne voivat tuoda mukanaan myös kehitysinnovaatioita. Tiedottamiseen liittyvä ohjaus auttaa myös markkinoiden luomisessa ympäristövalvonta- ja hallintatekniikoille. Näillä aloilla on merkittäviä innovaatiomahdollisuuksia, jotka usein liittyvät laajempiin muutoksiin teollisten prosessien hallinnassa ja tuotannossa.

4.3.3.11 Vapaaehtoiset sopimukset

Vapaaehtoiset sopimukset ovat tuloksia viranomaisten ja yritysten välisistä neuvotteiluista, jotka koskevat ympäristöllisiä parannustoimia sovitussa kontekstissa. Ilmaisua ”vapaaehtoinen” saattaa olla harhaanjohtava, sillä kysymys on tavallisesti johonkin ulkoiseen paineeseen reagoimisesta pikemminkin kuin vapaaehtoisista muutoksista. Yhdysvalloissa vapaaehtoiset sopimukset ovat olleet vähäisiä, mutta ne ovat lisääntymässä. Euroopassa kokemuksia on kertynyt enemmän ja Japanissa niitä on käytetty jo kauan. Euroopan ympäristöviraston (EEA) mukaan EU:ssa on noin 300 sopimusta, eniten Hollannissa ja toiseksi eniten Saksassa. Esimerkiksi Ranskassa niillä pyritään lisäämään autojen ja niiden osien kierrätystä, Tanskassa ja Ruotsissa pakkausjätteen kierrättämistä ja Saksassa vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia vuoteen 2005 mennessä. Alankomailla on kehys kemikaalipäästöjen vähentämiseksi ja Portugalilla sopimus vähentää massa- ja paperiteollisuuden päästöjä.

Yksi vapaaehtoisten sopimusten etu on se, että niiden avulla voidaan kohdistaa muutosaloite niille taholle, jolla on tiedot ja keinot viedä asiaa eteenpäin eli yrityksille. Muita etuja ovat joustavuus ja realististen aikajaksojen muodostaminen, jotka molemmat myötävaikuttavat yrityksen kannalta järkevien teknisten muutosten tekemiseen. Toisaalta on vaikea nähdä, miten vapaaehtoiset sopimukset voisivat vaikuttaa radikaalien innovaatioiden syntyyn. EEA:n mukaan valvonta- ja raportointivelvoitteiden puuttuminen useista sopimuksista on vakava puute, jonka takia niiden ympäristövaikutusten arvioiminen on vaikeata. Yksi vapaaehtoisten sopimusten tyyppi on ympäristösopimukset, jotka vaikuttavat lupaavilta (*environmental compact*). Ne ovat neuvoteltuja järjestelyjä, jotka korvaavat ja/tai täydentävät muuta sääntelyä. Tällaiset sopimukset on otettu käyttöön Hollannissa, ja ne ovat tiiviin harkinnan kohteena myös Yhdysvalloissa. Nämä ympäristösopimukset eroavat vapaaehtoisista sopimuksista mm. seuraavasti:

- ◆ Sopimukset on luotu sopimus pohjaisiksi sitomalla niiden toteuttamiseen kaikki osallistuvat tahot.
- ◆ Osallistujatahojen määrä voi olla laaja: mukana on kuntien ja työntekijöiden edustus sekä hallinnon ja teollisuuden edustus.
- ◆ Sopimukset ovat usein yritysspesifejä, mutta saattavat koskea teollisuutta kokonaisuudessaankin sitoen allekirjoittajat yhteisiin ja yhteistoimin toteutettaviin ohjelmiin.
- ◆ Sitoutuminen teknologisiin muutoksiin ja niiden hahmottelemiseen on sopimusten yksi peruselementti.

4.3.4 Innovaatiotoiminta Suomen ympäristöpolitiikassa

OECD:n arvion mukaan vuorovaikutus teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan ja muiden politiikkalohkojen välillä Euroopassa on tehostunut, mutta silti jäänyt vaatimattomiksi ja jatkossa tarvitaan sen tehostamista. Tämä johtopäätös sopinee myös Suomeen.

Teknologisten ratkaisujen huomioonottamisella on Suomessa ollut ilmeisen merkittävä rooli ympäristönsuojelun ohjauksessa yhteiskunnan ympäristönsuojelutoimien alkuvaiheista alkaen. Esimerkiksi vesiensuojelulain toteuttamisessa omaksuttiin periaate, jonka mukaan merkittävät ympäristönsuojelulliset ratkaisut voisi ajoittaa ja toteuttaa laitosten suurempien teknologisten uudistusohjelmien yhteydessä. Teknologisilla ratkaisuilla oli merkittävä rooli myös ympäristönsuojeluohjelmissa, jotka varhaisimmista vesiensuojelun tavoiteohjelmista laajentuivat myöhemmin ilmansuojeluun (mm. rikkipoliittinen ohjelma) ja jätehuoltoon. Useissa ohjelmissa selvitettiin huolellisesti päästötavoitteiden ohella niiden teknillisiä ja taloudellisia mahdollisuuksia. Lisäksi toimenpideoh-

jelmiin liittyi myös yhteiskunnan taloudellisia tukitoimia. Samoin kehitettiin ja edistettiin säästävän teknologian tutkimusta ja edistämistoimia.

Ympäristöteknologian viennin edistäminen sisällytettiin osaksi ympäristöhallinnon toimia 1980-luvun alkupuolelta alkaen. Tuolloin alettiin toteuttaa (samanaikaisesti vastavien saksalaisten ja ranskalaisten hankkeiden kanssa) kotimaisen ympäristötekniikan käsikirjoja (Säästävä ja vähän pilaava teknologia 1985; Environmental High-Technology from Finland 1987; Advanced Environmental Technology From Finland 1993). Ympäristöteknologian viennin edistämisen näkökulman kehittyttyä Ulkomaankauppaliitto (nykyisin Finnpro) alkoi edistämään aktiivisesti aihetta 1980-luvun aikana. 1990-luvulla kehitystä vauhditti ekovientitoimikunnan työ (ks. luku 4.2.3.2).

Innovaatioiden edistämiseen liittyvää toimintaa ympäristöhallinnon puolella alettiin kehittää aktiivisesti erityisesti 1990-luvun puolivälisen jälkeen. Ehkä konkreettisimmaksi toimintamuodoksi tässä suhteessa on muodostunut käynnissä oleva ympäristöklusterin tutkimusohjelma.

Vaikka innovaatiotoiminnalla on Suomen ympäristönsuojelua koskevissa toimissa jo hyvin tiedostettu ja jatkuvasti vahvistuva rooli, tätä aihepiiriä koskeva tutkimus on ollut toistaiseksi varsin niukkaa. Tässä suhteessa sekä Suomen ympäristökeskuksessa aloitettu tutkimuskokonaisuus (Hildén ym. 1999) että tämän kirjallisuustutkimuksen pohjalta aloitettavat jatkohankkeet vähitellen tuottavat tuloksia, joiden pohjalta innovaatioiden edistäminen voidaan ottaa huomioon yhä tavoitteellisemmin ympäristönsuojelua koskevissa toimissa.

4.4 Ympäristöinnovaatioiden edistäminen muilla politiikkalohkoilla

Edellä on tarkasteltu ympäristökysymysten ja innovaatiotoiminnan integroimista erityisesti teknologiapolitiikassa ja ympäristöpolitiikassa. Vaikka nämä politiikanalueet ovat aihepiirin kannalta keskeisiä, näiden asioiden vahvaa integroimista edistämistoiimeen tarvitaan myös monilla muilla politiikanlohkoilla. Tällaisia hallinnonaloja ovat mm. teollisuuspolitiikka, johon aihepiiri liittyy mm. ympäristöteknologian kilpailukyvyn ja viennin edistämisen osalta (ks. 4.2.). Samoin tärkeä sektori on liikennepolitiikka, joka on kansainvälisesti innovaatioiden osalta hyvinkin merkittävä alue (esim. joukkoliikenne, autonvalmistus, jne.). Energiapolitiikassa ympäristö- ja innovaatiotoiminnan integroimisen tehostaminen monilla tasoilla voi tarjota uusia mahdollisuuksia mm. kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Maa- ja metsätalouden hallinnonalalla, jossa tavoitteina ovat mm. rehevöitymisen vähentäminen ym. ympäristölliset tavoitteet, innovatiivisilla ratkaisuilla voidaan edistää luonnonvarojen säästämistä (mm. demateria-

lisaatio) sekä vahvistaa suomalaisen maatalouden ja siihen perustuvan elintarviketeollisuuden ekologilukukykyä.

OECD:n arvion mukaan teknologiapolitiikan ja muiden relevanttien politiikkalohkojen välinen vuorovaikutus Euroopassa on tehostunut, mutta kestävän kehityksen ja teknologiapolitiikan välinen vuorovaikutus on vielä vaatimatonta ja sen tehostamista tarvitaan. Jatkossa on tärkeää ottaa yhä paremmin huomioon innovaatioiden tarpeet kaikkien politiikan- ja hallinnonalojen suunnittelussa ja valmistelussa, joiden päämääränä on kestävän kehityksen edistäminen. Tämä on tärkeätä erityisesti hallinnollisten uudistusten yhteydessä.

Monissa maissa on puutteita ympäristö- ja teknologiaohjelmien yhdistämisessä. Hollannissa on pitkään ollut käytössä pitkän tähtäimen ympäristöohjelmia näiden seikkojen integroimiseksi. Jotta ympäristöpolitiikan instrumentit voisivat tuottaa toivottuja muutoksia teknologioissa, tulisi instrumenttien käyttö yhdistää teknologiapolitiikan keinoihin riittävän kattavan ja tehokkaan kehityksen luomiseksi. Seuraavankaltaiset muutokset hallinnollisissa käytännöissä saattavat nopeuttaa kehitystä kohti holistisia ja integroivia ympäristöteknologiastrategioita:

- ◆ Pitkän tähtäimen ympäristöpolitiikan kehityksen vakiinnuttaminen, jossa eri ministeriöt, instituutiot ja teollisuus asettavat päämääriä, tekevät informoituja valintoja ja välttävät vastakkainasetteluja.
- ◆ Ympäristö- ja teknologiainstituutioiden yhteistyön koordinaation parantaminen kriittisten teknologioiden identifioimiseksi ja ratkaisujen kehittämisen tukemiseksi sekä niiden teknisten mahdollisuuksien kartoittamiseksi, joilla ekotehokkuutta voidaan parantaa.
- ◆ Innovaatioita edistävien toimeenpanostrategioiden luominen kuten päästökauppa-järjestelmien, siirtymäkausien käyttöönotto ja joustot niille yrityksille, jotka pyrkivät käyttöönottamaan innovatiivisia ratkaisumalleja ml. viranomaisten ja teollisuuden yhteistyön parantaminen. Keskeistä on selkeiden päämäärien asettaminen ja joustavuuden salliminen keinojen etsinnässä.
- ◆ Ympäristöpolitiikan teknologiavaikutusten arvioimisen edistäminen innovaatiotutkimuksen keinoin, jossa yrityksiä tarkastellaan innovaatioiden lähteenä suhteessa julkisiin ohjelmiin. Vastaavasti myös erilaisten teknologiaohjelmien ympäristövaikutusten arviointia voidaan parantaa.

Esimerkiksi energiamarkkinoiden avaaminen on muuttanut suhtautumista asiakkaisiin, mikä näkyy mm. markkinoinnin nopeana lisääntymisenä asiakkaiden houkuttelemiseksi.

Itsesäätelyä tapahtuu imagosyiden lisäksi mm. siitä syystä, että alan sisäisin neuvotte-
luin ja sopimuksin on mahdollista välttää ajautumista sellaisiin lyhyen tähtäimen hyö-
tyjen tavoittelun johtamiin umpikujiin, jotka ovat kaikkien yksittäisten toimijoiden nä-
kökulmasta huonompia ratkaisuja kuin yhteistoimiin sitoutumisen kautta saavutettu
taakan jako. Yksi syy itsesäätelyyn lienee myös se, että vapaaehtoisin toimin on mah-
dollista vähentää yhteiskunnan intervention riskiä, jolla yrityksen näkökulmasta voidaan
arvioida olevan vapaaehtoisia toimia haitallisempia vaikutuksia liiketoimintoihin.

4.5 Mahdollisia tutkimuskohteita ja –tasoja

Jatkotoimia yllä mainittujen, tutkimusalueiden jäsentelemiseksi, koordinoimiseksi ja
niiden edistämiseksi sekä rahoittamistarpeiden selvittämiseksi voitaisiin käynnistää
kauppa- ja teollisuusministeriön, ympäristöministeriön ja muiden asianomaisten toimi-
alaministeriöiden toimesta.

Ympäristöpolitiikan tutkimus ja t&k

Ympäristöä koskevassa tutkimuksessa ja kehitystoiminnassa paino on ollut pääasiassa
ympäristötutkimuksessa ja puhtaampien teknologioiden kehittämisessä. Jatkossa poli-
tiikkaa tulisi kehittää laajempien systeemisten lähestymistapojen osana ja edistää puh-
taampiin tuotteisiin ja prosesseihin liittyvää teknologiaa. Ympäristöpolitiikan tulisi vuo-
rovaikutuksessa innovaatiopolitiikan kanssa pyrkiä kehittämään keinoja, joilla aikaan-
saadaan vahva kysyntä uusille puhtaille teknologioille ja innovaatioille. Saattaa olla
myös tarpeellista arvioida uudelleen olemassa olevia ympäristösäännöksiä niiden inno-
vaatiovaikutusten selvittämiseksi.

Prosessien sääntelyn uudistaminen

OECD suosittelee siirtymistä pois teknologiaspesifikaatioista tai BAT-standardeista.
Ne korvattaisiin harkitusti rakennetuilla suorituskykyperustaisilla standardeilla, jotka
ylittäisivät nykyisten teknologioiden tason riittävän aikajakso ajan. Näitä tulisi kohdis-
taa yhtäläisesti sekä uusille, että vanhoille laitoksille, jotta tilanne tasapainottuisi näiden
välillä.

Monitorointivaatimuksia tulisi uudistaa reaaliaikaisen monitoroinnin edistämiseksi, ym-
päristölaskenta tulisi ottaa rutiininomaiseen käyttöön ja älykäs prosessinohjaus yhdistää
suorituskykystandardien tavoitteisiin.

Hallinnollisen joustavuuden lisääminen voisi rohkaista suojelutoimien vaihtoehtoisin toteuttamismenetelmiin. Päästökauppajärjestelmät voisivat olla tässä suhteessa yksi käyttökelpoinen instrumentti. Innovatiivisia teknologioita ja yrityksiä (ml. testaus ja arviointipalvelut) voidaan edistää nopeutetuilla hallinnollisilla järjestelyillä (kuten Yhdysvalloissa).

Tuotesäännösten uudistaminen

Tuotevastuuta tulisi edistää ottamalla huomioon tuotteen koko elinkaari. Vastuukysymysten avulla voidaan edesauttaa ympäristöseikkojen huomioon ottamista tuotesuunnitteluprosesseissa. Takuujärjestelmiä voidaan kehittää niin, että joustava palvelu ja esimerkiksi kierrätyskomponenttien käyttö mahdollistuisi nykyistä useammin. Uusien tuotteiden tarkastusta tulisi kehittää mm. tarkastuksia nopeuttamalla, joustamalla aikarajoissa ja poikkeusmenettelyillä viivetilanteissa, sekä pidentämällä patenttisuojaaj tilanteissa, joissa hallinnon hitaus rajoittaa patentin ikää. Vaarallisten tuotteiden valvonnassa voidaan siirtää tasapainoa ”huonojen toimijoiden” tarkasteluun, käyttää varoittavaa tiedottamista, hallinnollisia vaatimuksia, sekä kansainvälisesti harmonisoituja kieltoja. Nämä kaikki saattavat kannustaa ympäristön kannalta hyödyllisiin innovaatioihin.

Uusien lähestymistapojen käyttöönotto

Uuteen tieto- ja viestintäteknikkaan perustuvien julkisten tietojärjestelmien käyttäminen ympäristöpolitiikan välineenä on vielä kehittyvä alue. Samanaikaisesti yritykset ovat kehittäneet ympäristöjohtamis- ja hallintajärjestelmiään. Huolimatta näihin liitetystä lupauksista on huomattava, että ympäristöjohtamisjärjestelmät (mm. ISO 14000) eivät sido käyttöönottajiaan sisällöllisiin ympäristötavoitteisiin, vaan ainoastaan annettujen lupauksen täyttämiseen tai säännösten noudattamisprosessiin. Näin ollen näyttäisi ylioptimistiselta, että ne myötävaikuttaisivat innovaatioihin lyhyellä tähtämellä. Pitkällä tähtämellä ne voivat kannustaa jatkuvaan parantamiseen.

Yhtiöiden antamalla ympäristötiedoilla ja niiden tuomisella julkisuuteen on merkitystä sekä asiakkaille, muille sidosryhmille kuin hallinnollekin. Myös ISO 14000 -standardin käyttöönottoa tulisi edistää hallinnollisen säätelyn täydentäjänä. Samoin yksityisten standardijärjestelmien roolia tulisi vahvistaa ja teollisuuden järjestöjen ympäristöseurantaa tukea ympäristötietojen ja niiden trendien julkistamiseksi. Ympäristöindikaattoreiden kehittäminen ja niitä koskevat julkiset tukitoimet niin yritys- kuin toimialatasolla ovat niinkään tärkeitä kehittämiskohteita.

Innovaatioiden edistämisen kannalta myös viranomaisen antamat velvoitteet selvittää erilaisia ympäristöongelmien innovatiivisia ongelmaratkaisuja voivat olla yksi mahdollinen instrumentti.

Ohjausinstrumenttien yhdisteleminen

OECD:n raportin päätelmien mukaan kypsien teollisuudenalojen kohdalla innovatiivisimpia vaikutuksia ympäristöinstrumenteista on tuotekielloilla, taloudellisilla ohjauskeinoilla ja laajennetulla tuottajavastuulla. Toisaalta kypsien teollisuudenalojen ja uusien yritysten innovaatiokäyttäytymistä haittaaviin instrumentteihin kuuluvat erityisesti teknologiaspesifikaatiot, jotka kuitenkin voivat tukea ympäristötuotteita ja palveluita tuottavien yritysten toimia kehittää annetut spesifikaatiot täyttäviä tuotteita. voitaneen OECD:n mukaan ekotehokkuuden parantamista, mitattuna voimavarojen vähentyneellä käytöllä, tuotteiden ja prosessien uudelleensuunnittelulla ja johdon ympäristötietoisuudella, voidaan kannustaa parhaiten uusilla instrumenteilla, kuten laajennetun tuottajavastuun konseptilla ja ympäristötietojen avoimella julkaisemisella.

5. Innovaatio- ja ympäristöpolitiikan integrointi eri maissa

5.1 Johdanto

Kunze on vertaillut USA:n, Japanin, Ruotsin ja Hollannin tilannetta ja niiden tutkimus- ja teknologiapolitiikkaa kestäväen kehityksen päämäärän kannalta (Meyer-Krahmer 1998, 187-199). Tähän katsaukseen on koottu hänen keskeisiä havaintoja tarkempien tarkastelujen pohjaksi. Kunze määrittelee tutkimus- ja teknologiapolitiikan suhteessa hallinnon rakenteisiin Saksan liittovaltion opetus-, tiede-, tutkimus ja teknologiaministeriön (ks. BMBF 1998) toiminnan mukaisesti. Muita teknologian kehitykseen vaikuttavia hallinnon toimia (julkisia hankintoja, interventioita esim. liikenneinfrastruktuuria koskevien teknologioiden suhteen) on tarkasteltu vain, jos ne kytkeytyvät selvästi tarkasteltavaan paradigmaan.

Kestävään kehitykseen liittyvät tutkimus- ja teknologiapolitiikan lohkot sisältävät erityisesti energiateknologiat (energiatehokkuus) sekä integroidut että ”end of pipe” tyypiset ympäristöteknologiat. Näitä toimia on toteutettu useiden vuosikymmenten ajan ja niitä voidaan pitää traditionaalisina. Kunze korostaa, että kestäväen kehityksen paradigma liittyy kuitenkin paljon edellistä kattavampaan lähestymistapaan, eli sosiaaliseen ja taloudelliseen kehitykseen globaalien ja sukupolvien välisen oikeudenmukaisuuden sekä luonnon suojelun kehityksessä. Kestäväen kehityksen paradigman rajaaminen pelkästään resurssien säästämiseksi on liian yksioikoista.

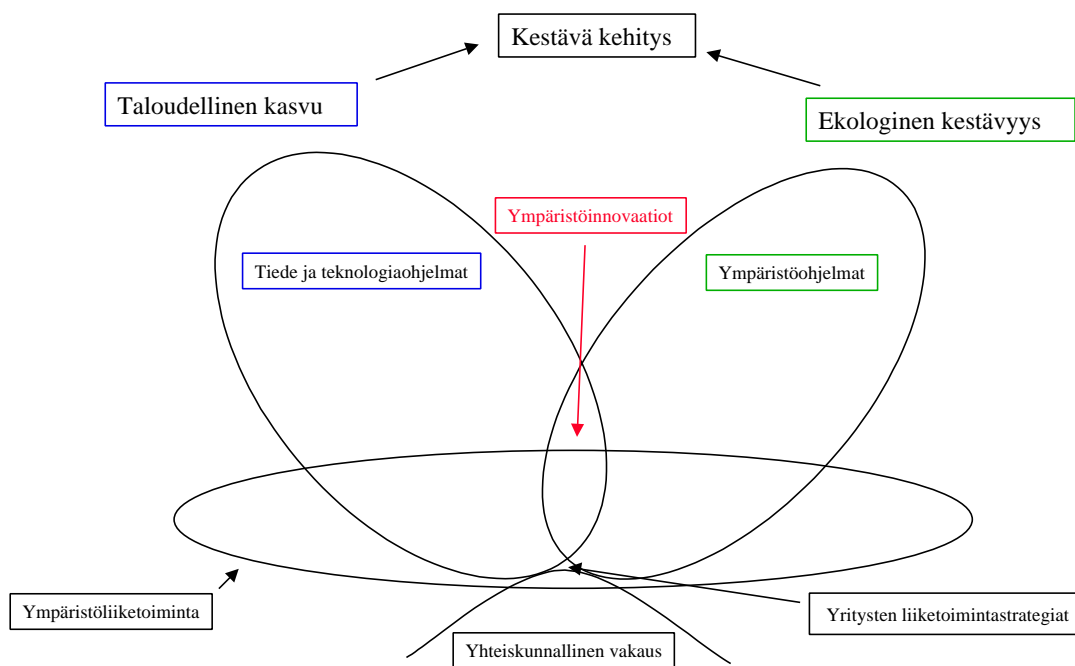
Kunzen mukaan kestäväen kehityksen operationalisoinnissa on huomattavia ongelmia eikä konsensusta ole saavutettu niistä kriteereistä, jotka varmistaisivat kestäväen kehityksen huomioon ottamisen tutkimus- ja teknologiapolitiikassa. Kunze tuo esille tässä suhteessa seuraavat seikat:

- ◆ Ympäristöllinen ja sosiaalinen yhteensopivuus, kestävä ja taloudellinen ympäristöresurssien hyödyntäminen, luontoon kohdistuvien häiriöiden vähäisyys suhteessa sietokykyyn tulevat olemaan tutkimus- ja kehitysprojektien tuen kriteerejä.
- ◆ Luonnon- ja insinööritieteisiin liittyviä kysymyksiä tarkastellaan integroituna taloudellisten, sosiaalisten ja oikeudellisten kysymysten kanssa, jotta saadaan selville yhteiskunnalliset toimintavaihtoehdot. Tarvitaan monitieteistä ja ratkaisuihin suuntautunutta tutkimusta.
- ◆ Ekologisista järjestelmistä tarvitaan lisää perustietämystä (varovaisuusperiaatteen nimissä tehtävä tutkimus), samoin kestäväen kehityksen perussäännöistä ja niiden operationalisoimisesta.

- ◆ Tarvitaan poikkitieteellisiä systeemisiä ongelma-analyysyjä suhteessa aikaan ja erityyppisiin teknologisiin ratkaisumalleihin.
- ◆ Sosiaalisia reunaehtoja tulisi tutkia (mm. moraalikäsitteet, elämäntavat) kestävien elintapojen ja talouden edistämiseksi.

Kuntze on vertaillut eri maiden tutkimus- ja teknologiapolitiikkoja suhteessa asettamiinsa kestävä kehityksen ydinkysymyksiin. Vertailujen referenssivuosi oli 1996.

Seuraavaan kuvaan on hahmoteltu tarkastelujen avainelementtejä ja niiden suhtautumista toisiinsa. Kiinnostuksen kohteena on teknologia- ja ympäristöohjelmien leikkauspinta ja mahdollisuudet kestävä kehitystä edistävien innovaatioiden synnyttämiseen.



Kuva 6. Hahmotelma tarkastelukohteiden suhtautumisesta toisiinsa.

5.2 Kestävä kehitys ja innovaatiotoiminta: Yhdysvallat

Yhdysvalloissa innovaatiopolitiikan ja ympäristöpolitiikan välisistä yhteyksistä on keskusteltu laajasti tutkijoiden ja poliittisten päättäjien piirissä (Ormala 1998, 176). Tätä keskustelua ovat ruokkineet mm. Yhdysvaltain teknologian arviointiviraston raportit (OTA 1994 a ja b, 1995 a ja b), ympäristöviraston innovaatiostrategia (EPA 1994) sekä teknologiapolitiikan viraston raportti (OTP 1998). Vuonna 1995 presidentti Clinton julkaisi USA:n kansallisen ympäristöteknologiastrategian (NSTC 1995), pohjautuen taustadokumenttiin (NSTC 1994), joiden pohjalta perustettiin presidentin kestävä ke-

hityksen neuvosto (PCSD 1999). Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi näiden laajojen taustadokumenttien ja toimenpideohjelmien sisältöä.

Kunzen mukaan presidentti Clintonin virkaanastuminen vuonna 1993 muutti tutkimus- ja kehityspolitiikan suuntaa sovelluksiin suuntautuvammaksi ja samalla ympäristön-suojeluun liittyvä tutkimus- ja kehitystyö sain korkeamman statuksen. Raportissa ”Bridge to a Sustainable Future” (NSTC 1995) laajan yhteiskunnallisen keskustelun tulokset koottiin kansalliseksi pitkän aikavälin (25 vuotta) visioksi ja ympäristöteknologiastrategiaksi, joka kattoi seuraavat tasot:

- ◆ siirtyminen parannusteknologioista integroituun resurssien säästämiseen sekä puhtaampiin teknologioihin, joilla on korkeampi ympäristötekkinen tehokkuus (ekotehokkuus)
- ◆ tukevien toimenpiteiden käyttöönotto teknologioiden leviämisen nopeuttamiseksi
- ◆ siirtyminen joustavaan taloudelliseen ohjaukseen (mm. yhdistetty ympäristöhallinta)
- ◆ tehokkaampien paikallisten infrastruktuurien tukeminen
- ◆ ympäristöongelmiin liittyvän yhteiskunnallisen koulutuksen parantaminen.

Kestävän kehityksen käsitettä ei raportissa käytetä, mutta yhteys on kuitenkin selvä. Strategia perustuu rajattuun lähestymistapaan ja siinä keskitytään kansallisen näkökulman muodostamiseen, tehokkaampien teknologioiden kriteereihin sekä kehityksen ymmärtämiseen taloudellisena kasvuna. Vuoteen 2020 mennessä tähdätään vain muutamaiin kvantitatiivisiin tavoitteisiin. Keskeinen tausta-ajatus on puhtaampien teknologioiden edistäminen ja sen kautta tapahtuva amerikkalaisen teollisuuden kilpailukyvyyn parantaminen. Raporttia edeltävässä taustaselvityksessä todetaan selvästi: ”kestävä kehitys pitäisi panna alulle aktiivisen teollisuuspolitiikan avulla erityisesti projektien välittömällä tukemisella. Taloudellisen kasvun tulisi lisätä työpaikkoja, suojella ihmisten terveyttä ja ympäristöä, sekä tukea luonnonvarojen säästämistä nykyisille ja tuleville sukupolville”.

Kunzen mukaan myös presidentin kestävän kehityksen neuvoston raportti vuodelta 1996 on jäänyt epämääräiseksi kestävän kehityksen operationalisoinnin osalta. Presidentin määritelmä ”taloudellinen kasvu, hyödyllinen nykyisille ja tuleville sukupolville ilman haitallisia vaikutuksia planeetan biologisiin järjestelmiin” on pyritty kirkastamaan lyhennettyyn muotoon ”saasteet ovat jätettä, jätteet ovat tehottomuutta ja tehottomuus on kallista”. Kunze kritisoi raporttia mm. seuraavien kestävän kehityksen ydinkysymyksiin liittyvien puutteiden takia:

- ◆ Raportissa ei esitetä lukumääräisiä vähennystavoitteita eikä aikatauluja yhteisille tavoitteille.
- ◆ Kansainvälisen kehityksen ja tulonjaon kysymyksiä sivutaan kursorisesti ja USA:n näkökulmasta.
- ◆ Yhdysvaltojen sosiaaliset epäoikeudenmukaisuudet oletetaan ratkaistavaksi taloudellisen kasvun avulla.
- ◆ Kestävä kehitys nähdään työpaikkojen lisäämisenä.
- ◆ Raportti rakentuu tuotevastuun ympärille, jonka tulisi toimia, aina kuin mahdollista, vapaaehtoisuuden pohjalta.
- ◆ Raportti ei sisällä keskustelua ohjausinstrumenttien priorisoinnista.
- ◆ Raportissa ei mainita, mistä tuotanto- ja kulutustekijöistä ohjelman toimeenpanon tulisi alkaa.

Raportissa käsitellään kuitenkin ekologisten järjestelmien tutkimusta sekä ympäristön kehittämisen sosio-ekonomisia ulottuvuuksia. Ympäristönsuojelun keskinäisesti sovitujen tavoitteiden määrittelyssä osavaltioiden roolia vahvistetaan liittovaltion ja osavaltioiden välisellä yhteistyöllä. Kunzen mukaan presidentin tutkimus- ja teknologiapolitiikka on keskeisesti kytkeytynyt budjettikeskusteluihin. Niin kauan kuin etenemistavoista ja keinoista kiistellään ”kotikentällä”, pitkän tähtäimen visiot pysyvät hämärän peitossa. Kansainvälisten kasvuennusteiden valossa USA:ssa on kuitenkin saavutettu laaja konsensus siitä, että maan tulisi ottaa rooli johtavana ympäristöteknologioiden tuottajana maailmanmarkkinoille.

U.S. EPA:n kestävän kehityksen innovaatiostrategia

Yhdysvaltojen ympäristöviraston laatiman innovaatiostrategian ”*Technology Innovation Strategy*” taustaraportissa (EPA 1994) hahmotellaan mahdollisia toimenpiteitä, joilla voidaan edistää innovatiivisten teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa kansallisten ympäristötavoitteiden hyväksi. Raportin mukaan ”innovatiivisiin teknologioihin liittyy mahdollisuus, että jatkuvan taloudellisen kasvun vaatimukset voidaan sovittaa yhteen ympäristönsuojelun välttämättömyyden kanssa”. Hallinnollinen kehitys luo ympäristöteknologioiden kaupallisen kysynnän, joka muodostuu ”piipunpääteknologioista”, puhtaammista teollisista teknologioista, seurannasta ja mittausinstrumenteista sekä ympäristöhallinnan tietoteknillisistä sovelluksista. EPA:n mukaan hallinnollisen kehityksen laajuus ja ankuruus ovat edistäneet globaalisti kilpailukykyisen ympäristöteknolo-

giasektorin syntyä, jonka saavutukset ovat merkittävästi parantaneet ympäristön laatua useiden vuosikymmenten ajan. Toisaalta luvan myöntämis- ja valvontakäytännöt ovat joskus aiheuttaneet tahattomia haittavaikutuksia ja rajoittaneet tehokkaampien ja taloudellisempien ratkaisujen kehittämistä ja käyttöönottoa. Hallinnollista kehystä on EPA:n mukaan sopeutettava niin, että innovatiivisten tekniikoiden kehittämisen ja käyttöönottamisen kannustimia voimistetaan. EPA:n strategia on osa presidentti Clintonin hallinnon teknologiapolitiikkaa.

Vaikka ongelmat ja niiden mahdolliset ratkaisumallit eivät välttämättä ole samankaltaisia Yhdysvalloissa ja Euroopan maissa tai erityisesti Suomessa, käydään seuraavassa läpi joitakin USA:ssa keskeisiksi koettuja ongelmia. Jotkut niistä saattavat olla relevantteja myös suomalaisen tutkimuksen ja hallinnon kannalta. Raporttikokonaisuus rakentuu neljän keskeiseksi arvioidun päämäärän analyysistä, jotka ovat:

1. *politiikka-, ohjaus ja valvontajärjestelmien sovittaminen innovaatiotoimia edistäviksi*
2. *tekniikan kehittäjien ja käyttäjien kapasiteetin vahvistaminen ympäristöteknologiaan liittyvien innovaatioiden läpiviemiseksi*
3. *taloudellisen tuen strateginen kohdistaminen lupaavien uusien teknologioiden kehittämiseksi ja kaupallistamiseksi*
4. *innovatiivisten teknologioiden käyttöönoton edistäminen koti- ja ulkomailla.*

Strategiassa analysoidaan kunkin päämäärän kannalta keskeiset ongelmat ja esitetään niiden ratkaisemiseksi tarvittavia toimenpiteitä. Lähtökohtana on, että yksityinen sektori reagoi ennen kaikkea kokemuksiinsa mahdollisuuksiin markkinoilla. Ympäristöteknologioiden kehittämisen kannalta hallinnon asettamat vaatimukset ovat keskeisiä.

Päämäärän (1) kannalta keskeisiä ongelmia ovat:

1 a. Teknologinen lukkiutuminen (technology lock-in)

Jos standardit asetetaan parhaiden demonstroitujen *nykyteknologioiden* pohjalta voi uusien innovatiivisten tehokkaampien ja taloudellisempien teknologioiden kehittäminen ja markkinoille pääsy vaikeutua. Mahdolliset asiakkaat eivät välttämättä ole halukkaita kantamaan riskiä, joka liittyy uusiin ennalta demonstroimattomiin teknologioihin. Hallinnon edustajat saattavat olla pidättyväisiä uusien kokeilujen suhteen. Tästä voi seurata,

että vaatimustason nostettaessa on tarjolla vähemmän teknologiavaihtoehtoja mistä valita.

1 b. Markkinoiden fragmentoituminen

Muun muassa ympäristön sietokyvyn (ja arvostusten) eroavaisuuksien vuoksi myös hallinnolliset vaatimukset poikkeavat eri maissa ja alueilla tavoilla, jotka edellyttävät ympäristöteknologioiden suorituskyvyn tarkastelemista ja osoittamista tapauskohtaisesti. Tällöin voidaan menettää suuren yhtenäisen markkina-alueen edut. Seurauksena on monimutkaisten markkinoiden syntyminen, jolloin innovoijilla on vaikeuksia tuotteensa markkinapotentiaalin ja markkinointikustannusten arvioinnissa.

1 c. Sääntelyn ennakoimattomuus

Vaikka ympäristösäännösten valmistelu saattaa monissa tapauksissa kestää useita vuosia, sen taso saatetaan päättää aivan viime hetkillä ja se voi tulla voimaan varsin nopeasti. Tämä hallinnollisen päätöksen ja täytäntöönpanon välinen aika on lyhyt verrattuna teknisten innovaatioiden kehittämiseen. Näin säännösten tasosta päätettäessä olemassa on vähemmän teknologiavaihtoehtoja kuin olisi toivottavaa. Kun tilanne on huonosti ennakoitavissa, on teknologioiden kehittäjien vaikea saada rahoitusta hankkeille, joiden suorituskky yhtäältä ylittää tai toisaalta alittaa kaavaillun standardin tason. Siksi myös rahoittajien on vaikeata arvioida innovatiivisten t&k -toimien riskejä. Seurauksena on, ettei teknologioiden käyttöönottajilla ole monia vaihtoehtoja valittavana ja nekin harvat ovat niitä, joiden pohjalta säännöstä on lähdetty valmistelemaan. EPA:n mukaan tämä ongelma on aiheuttanut merkittäviä aikaviiveitä innovatiivisten teknologioiden käyttöönotossa amerikkalaisessa teollisuudessa.

1 d. Sääntelyn sektoroituminen maa, ilma, vesi akselilla (single media regulations)

Normien vaatimustason nostaminen eri päästöjen osalta yksi kerrallaan on saattanut johtaa päästöjen siirtämiseen esimerkiksi ilmasta jäteongelmaksi. Seurauksena on ollut myös ”piipunpääteknologioiden” suosiminen kokonaisvaltaisten taloudellisempien prosessiparannusten sijaan. Euroopassa tämän ongelman hallinta saattaa tehostua IPPC -direktiivin käyttöönoton myötä.

1 c. T&k- ja teknologiatestien tehokkaan luvan myöntämisen puute

Luvissa määritellään teknologioiden yhteensopivuus ympäristövaatimusten kanssa. Kaikki luvat eivät kuitenkaan tee mahdolliseksi innovatiivisten teknologioiden suorituskyvyn täyttä arviointia. Sellaisten lupamekanismien puute, jotka sekä suojelevat ihmisten terveyttä että ympäristöä, sekä sallivat teknologioiden kehittäjien optimoida tuot-

teensa kulloisiinkin olosuhteisiin, estävät innovatiivisten teknologioiden kehittämistä ja kaupallistumista.

Näihin ongelmiin haettiin ratkaisuja kannustamalla innovatiivisten teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa hallinnollisin toimin lupaprosesseissa ja ohjaustoimien täytäntöönpanossa kaikilla hallinnon tasoilla sekä identifioimalla ja vähentämällä innovaatioiden esteitä näissä ohjelmissa aina kun se vain on mahdollista tinkimättä ympäristönsuojelun tasosta. EPA:n strategiassa ratkaisuja em. ongelmakokonaisuuksiin päätettiin haettiin seuraavin keinoin:

- ◆ säännösten ennakoitavuuden parantaminen
- ◆ investointimuurien purkaminen
- ◆ sidosryhmien tehokkaampi mukaanotto säännösten valmisteluun (neuvottelevampi ote)
- ◆ varaumien lisääminen uusiin säännöksiin
- ◆ taloudellisten kannustinten lisääminen ympäristösäännösten tason ylittämiseksi ja innovaattoreille, jotka keksivät parempaan ympäristösuorituskykyyn johtavia ratkaisuja
- ◆ lupapolitiikat, jotka antavat enemmän joustavuutta suorituskykyparametrien valinnassa, samalla turvaten ympäristönsuojelun taso
- ◆ priorisoimalla lupaprosesseissa innovatiiviset teknologiat ja tekemällä näistä prosesseista joustavampia
- ◆ innovatiivisten teknologioiden käyttöönoton edistäminen käyttäjille suunnatuilla kannustimilla
- ◆ innovatiivisten teknologioiden uusien lupamekanismien kehittäminen
- ◆ lupamekanismien koordinaation parantaminen
- ◆ lupia myöntävien henkilöiden koulutuksen, teknillisen tuen ja palkitsemisen parantaminen, jotta näillä olisi keinoja ja mahdollisuuksia edistää innovatiivisten teknologioiden käyttöönottoa
- ◆ innovatiivisten teknologioiden suorituskyvyssä olevien epävarmuustekijöiden parempi huomioon ottaminen
- ◆ yhtenäislupakäytäntöjen kehittäminen ottamaan huomioon eri medioihin kohdistuvat vaikutukset
- ◆ teknistä tukea, apurahoja ja sopimusapua osavaltioiden johdolle innovatiivisten teknologioiden kehittämiseksi
- ◆ eri päästölähteitä koskevien yhteislupien myöntämisen ja toimeenpanon kehittämisen, jotta saavutetaan uudistusten kannalta tarpeellinen joustavuus
- ◆ palautteen kerääminen kaikilta sidosryhmiltä em. keinojen toimivuudesta ja vaikutuksista.

Ongelmaryhmä (2) (teknologian kehittäjien ja käyttäjien kapasiteetin vahvistaminen ympäristöteknologia-innovaatioiden onnistumiseksi) perustuu havaintoon ympäristöteknologioiden markkinoiden monimutkaisuudesta. Teknologioiden kehittäjiltä puuttuu EPA:n mukaan usein tietoja, taitoja ja työkaluja innovaatioiden kaupallistamiseksi globalisoituneilla markkinoilla. Tämä ongelma voidaan jakaa seuraavasti osiin.

2.a Luotettavan suorituskykyä kuvaavan tiedon puute

Sääntelyn kohteena olevilla teknologioiden hankkijoilla ei ole käytettävissään riittävästi vertailukelpoisia tietoja eri vaihtoehtojen ympäristöhyödyistä (erityisesti pk -yritykset). Myöskään rahoittajilla, keskushallinnolla ja kansalaisilla ei ole käytettävissä riittävästi puolueettomasti laadittua, todennettua ja vertailukelpoista tietoa suorituskyvystä, käyttökustannuksista ja soveltuvuusalueista. Tietojen tulee olla saatavilla, olla ymmärrettäviä, luotettavia investoijille, tuleville käyttäjille, yleisölle ja luvanantajille sekä säännösten täytäntöönpanosta vastaaville viranomaisille. Näin ollen eri tutkimuslaitosten tieto, taidot ja työkalut, testausprotokollat ja laitteistot voivat saada ympäristömarkkinat toimimaan tehokkaammin. Hallinto voi toimia katalyyttina puolueettomien tietojen kehittämiseksi, todentamiseksi ja levittämiseksi ympäristöteknologian melko voimakkaasti säännellyillä markkinoilla.

2 b. Testausmahdollisuuksien puute

Ongelmia aiheuttaa myös pilot- ja demonstraatiotason testausmahdollisuuksien puute, mikä voi vaikeuttaa luotettavan ja laaja-alaisen suorituskykytiedon hankkimista riittävän ajoissa.

2 c. Teknologia-aukkojen identifioimattomuus

Kestävän kehityksen kannalta keskeisten teknologia-aukkojen yksilöiminen voi vaikeuttaa tulevien tarpeiden tunnistamista, mikä on uusien tuotteiden suunnittelun perusta. Tätä voidaan helpottaa säännöllisin väliajoin toteutettavilla katsauksilla ja ennakoinneilla niistä teknologisista puutteista (*technology gaps*), jotka rajoittavat ympäristötavoitteiden saavuttamista. Näiden yksilöiminen saattaisi helpottaa ympäristöteknologioiden kehittämiseen suuntautuvien investointien kohdentamista. Tästä ongelmasta voi seurata se, että teknologioita ei ole tarjolla silloin, kun niitä tarvitaan, eikä toisaalta synny markkinoita niille ympäristöteknologioille, joita on kehitetty.

2 d. Suunnittelu- ja päätöksentekotyökalujen puute

Kaavoitus-, suunnittelu ja päätöksentekotyökalujen puute saattaa myös toimia keskeisenä ympäristöteknologioiden käyttöönottoa vaikeuttavana tekijänä. Ympäristöseikkojen

vieminen suunnitteluun, raaka-ainevalintoihin ja valmistusprosesseihin on vaikea ja monimutkainen tehtävä. Elinkaarikustannuksia ja puhtaiden teknologioiden tehokkuushyötyjä ei useinkaan ymmärretä tai niihin ei uskota päätöksiä tehtäessä. Vaikeasti arvioitavien hyötyjen huomiotta jättäminen hidastaa innovatiivisten teknologioiden käyttöönottoa.

2 e. Hallinnon ja ympäristöteknologiateollisuuden keskinäisen ymmärryksen puute

Hallinnolla ei välttämättä ole riittävää ymmärrystä ympäristöteknologiaan liittyvän liiketoiminnan edellytyksistä, jolloin huomio saattaa kiinnittyä vain kysyntäpuoleen. Kuitenkin myös teknologioiden tarjoajien ongelmien tunteminen ja huomioon ottaminen olisi tärkeää. Tätä ei voida saavuttaa ilman yhteistyötä ympäristöteknologiayritysten kanssa. Tällainen yhteistyö voisi tehdä mahdolliseksi myös sääntelyn edellyttämien kustannusten alentamisen. Toisaalta myös ympäristöalan yrityksillä ei välttämättä ole ymmärrystä hallinnollisista prosesseista, joilla kehitystä pyritään johtamaan ympäristöystävällisempään suuntaan ja rajoittamaan joidenkin teknologioidenkin valintamahdollisuuksia.

2 f. Taitojen, rahoituksen ja laitteistojen puute

Monilla teknologioiden kehittäjillä ei ole riittävän laaja-alaisia taitoja ja muita resursseja innovaatioiden kaupallistamiseksi. Puuttuvat taidot saattavat liittyä riittämättömään teknilliseen tai taloudelliseen tietämykseen, kenttätestausmahdollisuuksien puutteeseen, markkinatutkimusten puutteeseen, jne. Nämä ongelmat ovat ympäristöteknologian alalla sen uutuuden sekä yritysten pienen koon ja riippumattomuuden vuoksi muita aloja suurempia. Ilman tukea monet lupaavat teknologiat saatetaankin menettää.

EPA pyrki ratkomaan em. ongelmia yksilöimällä markkinoiden tehottomuuden ja epäonnistumisen lähteet yhteistyössä julkisen ja yksityisen sektorin organisaatioiden kanssa, tiedottamalla teknologioiden puutteista sekä katalysoimalla teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa. EPA mm. tarjoaa testausmahdollisuuksia, analyttisiä työkaluja sekä teknillistä tukea, jotta ympäristöllisten suorituskykytietojen luotettavuutta voitaisiin parantaa.

Ongelmaryhmä (3) (taloudellisen tuen strateginen kohdistaminen lupaavien uusien teknologioiden kehittämiseksi ja kaupallistamiseksi) perustuu havaintoon siitä, että rahoittajat pitävät ympäristöteknologian markkinoita riskialttiina ja epävarmoina erityisesti joissakin kehitysprosessin vaiheissa. Heillä on vaikeuksia riskien arvioinnissa ja niiden hallinnassa ja rajoittamisessa hyväksyttävälle tasolle. Ongelma korostuu innovatiivisten ympäristöteknologioiden kysynnän ja toimintaympäristön ollessa julkisen sääntelyn ja lupaprosessien kohteena. Ympäristöohjelmien vaatimustason muutokset sekä epävar-

muudet sekä lupaprosesseissa että riittävän suorituskyvyn kuvaamisessa saattavat vähentää investointihalukkuutta. Rahoittajat voivat kiinnostua teknologioista vasta niiden myöhäisissä kehitysvaiheissa, mikä vaikeuttaa pilot- ja prototyypitason hankkeiden rahoittamista. Toisaalta, koska rahoittajat eivät koe saavansa puhtaampien teknologioiden avulla saavutettuja yhteiskunnallisia hyötyjä omakseen, voi seurauksena olla näihin kohdistuvien investointitason lasku suhteessa toivottavaan tilanteeseen. Tällainen ulkoisvaikutuksen olemassaolo oikeuttaa julkiseen rahoitusosuuteen.

Edellä olevien ongelmien ratkaisemiseksi EPA päätti kohdistaa strategista rahoitusta sellaisten teknologioiden kehittämiseen ja kaupallistamiseen, jotka kykenevät saavuttamaan kriittiset tavoitteet, joilla on mahdollisuuksia läpimurtoon ja jotka edellyttävät julkista tukea menestyäkseen. Teknologioita arvioidaan kahdessa ryhmässä: (1) puhtaammat kuormitusta ehkäisevät teolliset teknologiat ja käytännöt, sekä (2) valvonta, ennallistamis-, seuranta ja muut teknologiat, jotka muodostavat perinteisen ympäristöteknologiasektorin. Julkista rahoitusta ei kohdenneta siten, että se syrjäyttäisi yksityistä rahoitusta.

Ongelmaryhmän (4) (innovatiivisten teknologioiden käyttöönoton edistäminen koti- ja ulkomailla) taustalla olevan ongelman perustana on se, että kun innovatiivinen teknologia on saatu markkinoille, tulisi sen levitä laajalti, ennen kuin sen ympäristöä säästävä vaikutus voi realisoitua ja sen kehittäjät tulla palkituiksi. Tämän edistämiseksi EPA pyrkii myötävaikuttamaan sellaisten informoitujen markkinaolosuhteiden luomiseen, joilla teknologiankehittäjät voivat kilpailla laadulla. Tehoton tiedonsiirto tekniikan kehittäjien, myyjien, käyttäjien ja hallinnon välillä (koko liiketoimintaketjun ympäristöominaisuuksista) heikentää asiakkaiden mahdollisuuksia hankintapäätöksiin, jolloin markkinamekanismi ei toimi tehokkaana 'renkinä' ympäristösuorituskyvyn parantamisessa. Uusilla innovatiivisilla ratkaisuilla on vaikeuksia osoittaa suorituskykynsä. Puolueettomalla tiedolla on tässä keskeinen merkitys, sillä myyjien tarjoama informaatio ei herätä asiakkaissa välttämättä riittävää luottamusta. Toisaalta yritykset voivat välttää "ei-välttämättömiä kontakteja ja tiedonsiirtoa" ympäristöviranomaisille, saattaen pelätä hallinnollisten vaatimusten nousevan viranomaisten tiedon lisääntyessä. Tästä voi seurata, että helposti tavoitettavaa, laajasti hyödynnettävää ja puolueetonta (läpinäkyvää) tietoperustaa ympäristösuorituskyvystä ja kustannuksista ei pääse syntymään.

Parannuskeinoina EPA esitti, että sekä julkisten että yksityisten verkostojen tulisi parantaa tiedon levittämistä innovatiivisten teknologioiden kysynnästä, suorituskyvystä ja kustannuksista, jotta niille voitaisiin luoda "tehokkaampi markkinapaikka". Kysyntää katalysoidaan julkisilla hankinnoilla kotimaassa sekä vaikuttamalla ympäristöpolitiikkaan ja hallinnollisiin kehyksiin ulkomailla.

Strategiaraportin mukaan EPA:n yleisperiaatteet innovatiivisten teknologioiden tukemiseksi ovat:

- *sidosryhmien maksimaalinen mukaan ottaminen toimenpiteitä valmisteltaessa*
- *koordinaatio hallinnon eri tasoilla*
- *yhteistyö yksityisen sektorin ja yliopistojen kanssa*
- *puhtaiden teknologioiden edistäminen sekä*
- *edistymisen mittaaminen.*

EPA:n strategia on mielenkiintoinen mm. siksi, että se nostaa esille yhteyden ympäristötietoisuuden systemaattisen edistämisen sekä ympäristöteknologioiden markkinoiden luomisen välillä. Strategiassa on systemaattisesti pyritty sovittamaan ympäristöhallinnon toimia kannustaviksi innovatiivisten teknologioiden käyttöönoton kannalta. Innovaatioita tarkastellaan kuitenkin vain teknologian ja niiden käyttöönoton näkökulmasta, ei sosiaalisina tai organisatorisina uudistuksina, joilla olisi saavutettavissa ympäristöhyötyjä. Monentasoinen ympäristösuorituskykyä koskeva tieto arvioidaan keskeiseksi tekijäksi tehokkaiden dynaamisten ympäristöteknologioiden markkinoiden luomisessa. Strategian painopiste on teknologioiden kysynnän kannustamisessa ja tarjonnan esteiden purkamisessa.

5.3 Alankomaiden kestävän kehityksen teknologiastrategia

Paul de Jongh on analysoinut perusteellisesti viitteessä Alankomaiden kansallista ympäristöpolitiikkaa ja sen elementtejä (Meyer-Krahmer 1998). Alankomaita on pidetty myös Saksan teknologian arviointiviraston (TAB) tutkimuksessa esimerkillisenä maana innovaatio toimien ja kestävän kehityksen päämäärän integraation kannalta (Katz ym. 1997). TAB onkin selvittänyt myös ”Alankomaiden konseptin” siirtomahdollisuuksia Saksaan.

Alankomaiden ympäristöpolitiikan perinteet ovat 1970-luvun lopun tapahtumissa, jolloin hallitus päätti siirtää ympäristöosastonsa terveys- ja ympäristöministeriöstä asunto- ja maankäytön ministeriöön. Tällöin aloitettiin ympäristö- ja maankäytön sääntelyn deregulaatio -ohjelma. Samanaikaisesti myrkyjätteiden dumpausten paljastuminen juuri rakennetulla asuinalueella ja skandaalit joidenkin tärkeiden teollisuusyritysten sääntörikkomuksista vaikuttivat siihen, että ympäristöasiat pysyivät poliittisissa ohjelmissa. Hallinnon ja teollisuuden väliset keskustelut johtivat de Jonghin mukaan sopimukseen, jossa teollisuus otti ympäristöasiat aiempaa vakavammin mm. ottamalla sisäisiä ympä-

ristöjohtamisen kehyksiä käyttöön. Hallitus lupautui tarjoamaan tarkastelumahdollisuuksia pidemmän tähtäimen ympäristöohjelmien suhteen, jotta yllätyksiltä voitaisiin välttyä, ja edistää teollisuuden pehmeää sopeutumista uusien ympäristöstandardien käyttöönottoon. Aina 80-luvun alkuun asti ympäristöpolitiikka perustui ”aihe-aiheelta” -lähestymistapaan. Jotta olisi mahdollista tarjota kattava käsitys asioista hallinnon ulkopuolelle, oli tarpeen etsiä keinoja erilaisten aiheiden, säännösten ja ongelmien jne. yhdistämiseksi.

Toinen keskeinen syy ympäristöohjelmien integroimiselle oli vastuiden jakautumisen hajanaisuus keskushallinnossa. Vuonna 1982 hallitus teki selväksi, ettei ole mahdollista kerätä ympäristökysymyksiin liittyviä vastuita yhden suuren ympäristöministeriön alle. Työskentelemällä yhteistyössä yhteisen ympäristönsuojelusuunnitelman eteen yhteistyötä eri ministeriöiden välillä voitiin parantaa, ja ympäristöosaston koordinoivaa roolia vahvistaa. Sen sisäistäminen, että ympäristöpolitiikka on enemmän kuin säännösten kirjoittamista, edisti monien uusien taitojen käyttöönottoa ympäristöosastolla: mm. projektihallintaa, strategisten valintojen tekoa, epävarmuuksien hallintaa, neuvottelutaitoja, konsensuksen rakentamistaitoja, jne. Nämä kaikki seikat johtivat ympäristöpolitiikan ammattimaistumiseen ja paransivat ympäristöosaston statusta keskushallinnossa.

Kokonaisvaltaisen ympäristöpolitiikan rakenne löydettiin kahta toisiaan täydentävää tietä: A) keskeisiksi arvioitujen ratkaistavien ympäristöongelmien ja B) keskeisten kohderyhmien analyysin kautta. Ryhmän A teemoille valittiin koordinaattori, joiden tuli vastata mm. seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä on ongelman luonne syiden ja seurausten suhteen (kuvattuna mahdollisimman kvantitatiivisesti). Mikä on todennäköisyys, jolla syyt ja seuraukset liittyvät toisiinsa?
2. Mikä olisi sellainen ympäristön laatustandardi, jolla ongelmaa voitaisiin pitää ratkaistuna?
3. Mitkä talouden sektorit myötävaikuttavat keskeisimmin ongelman syntyyn, mikä niiden osuus on, ja mitä keinoja niillä on käytettävissään osuutensa vähentämiseksi, sekä mitkä ovat keinojen käyttöönoton kustannukset?
4. Mitä kuormittavia tekijöitä tulisi vähentää, kun kohdassa 2 määritetty ympäristön laatustandardin tavoite tulee saavuttaa?
5. Mitkä kohdassa 3 määritetyt keinot vaikuttaisivat tehokkaimmin kohdan 4 vähennyksiin ja millä aikataululla nämä keinot voitaisiin ottaa käyttöön?

De Jongh korostaa, että politiikkakeskusteluissa epävarmuudella (kohdassa 1) on suuri merkitys. Hän mainitsee mm. erään ministerin happamoitumista koskevan kannan: ”jos syitä ja seurauksia koskevan epävarmuuden taso on yli 80 prosenttia, meidän ei tulisi epäröidä toimenpiteitä, koska tällainen varmuuden taso ylittää selvästi kaikenlaisten kaupallisten investointien varmuustason.”

Ongelmien analyysin lisäksi nimettiin keskeisimmille kohderyhmille koordinaattorit, joiden tehtävänä oli rakentaa ja ylläpitää työskentely-yhteyttä kohderyhmiinsä ja koordinoita kaikkia niitä ohjelmia ja neuvotteluita, jotka vaikuttaisivat ko. ryhmään. Vuonna 1992 ympäristöosaston rakennetta muutettiin siten, että se mahdollisti kohderyhmien tunnistamisen. Koordinaattoreiden tuli analysoida kohderyhmäänsä seuraavasti:

1. Mitkä ovat kohderyhmän osuudet erilaisten ympäristöongelmateemojen syihin?
2. Mitkä ovat toivottavat kuormittavien tekijöiden vähenemät, joita kohderyhmältä tullaan pyytämään?
3. Mitkä ovat mahdolliset toimenpiteet, jotka kohderyhmä voi tehdä kohdassa 2 mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi ja mitkä ovat toimien kustannukset ja aikataulut?
4. Mikä on kohderyhmän taloudellinen ja sosiaalinen rakenne, ketkä ovat avainhenkilöitä, mitkä ovat avainorganisaatiot ja mitkä ovat progressiivisimmat yhtiöt tai organisaatiot ko. verkostossa? Mikä on muiden hallinnon organisaatioiden rooli ja vaikutus tarkasteltavaan kohderyhmään?
5. Mitkä ovat kohderyhmän (kansalliset ja kansainväliset) taloudelliset tulevaisuusnäkymät? Mitkä tekniset innovaatiot saattavat tulla kyseeseen tai / ja tulevat käyttöön (lähi-)tulevaisuudessa? Mitkä innovaatiot ovat relevantteja ympäristön kannalta?
6. Mitkä hallinnon toimet voisivat edistää tehokkaimmin kohderyhmien kuormituksen vähentämistä?

Tasojen A) ja B) analyysit toimivat eri ministeriöiden, hallinnon ja kohderyhmien välisen keskustelun edistäjinä, vahvistivat toimintaohjelmien laatijoiden tietämystä keinojen sopivuudesta sekä myös laajensivat sitä verkostoa, jossa ympäristöpolitiikalla on sijansa. De Jongh huomauttaa, että politiikkainstrumenttien analyysillä oli vain pieni rooli (kohta 6), ja analyysit kohdistuivat suoremmin (fysikaalisiin) toimiin ja niiden kustannuksiin. Nämä analyysit ja verkoston rakentaminen kestivät 1980-luvun loppupuolen ajan ja johtivat ensimmäisen kansallisen ympäristöohjelman syntyyn (NNEP 1, 1989). Tällä hetkellä jo kolmas ohjelma on käynnissä (NNEP 3, 1999). Tätä ohjelmaa voita-

neen pitää pikemmin yhteiskunnallisena sopimuksena, kuin hallinnon toimintaohjelmanna. Kestävän kehityksen tavoite otettiin ympäristöpolitiikan motiiviksi traditionaalisista terveyssyistä, ekologisista syistä sekä taloudellisista syistä. Kestävä kehitys muodosti tavallaan sillan ympäristö- ja talouspolitiikan välille.

Kansallisessa ympäristöohjelmassa otettiin lähtökohdaksi seuraava Brundtlandin komission kestävän kehityksen määritelmästä edelleen kehitetty versio:

"Kestävä kehitys määritettiin kehitykseksi, jossa jokainen sukupolvi ratkaisee omat ympäristöongelmansa jättäen jälkeensä seuraavalle sukupolvelle puhtaan ympäristön."

Alankomaissa RIVM -tutkimuslaitoksessa tehdyissä analyyseissä todettiin, että 70-90 prosentin vähenemät melkein kaikkien kuormittavien tekijöiden kohdalla olivat välttämättömiä noin 25 vuoden aikajaksolla. Tämä aikaperspektiivi havaittiin riittäväksi voimakkaiden taloutta ja yhteiskuntaa koskevien muutosten hahmottamisen kannalta ja toisaalta riittäväksi teollisuuden pelkäämien äkillisten poliittisten toimien kannalta.

Alankomaiden ympäristöohjelma muodostui seuraavista elementeistä: visio (kestävä kehitys), analyysi (RIVM -tutkimuslaitoksen havainnot), päämäärät (mitä tekijöitä pitäisi muuttaa), tavoitteet (mitä syitä tulisi muuttaa), keinot (strategioina, joilla muutokset toteutetaan), kustannukset (prioriteettien etsimisen mahdollistamiseksi), toimeenpano (käyttöönoton olosuhteet) ja valvonta (tulosten seuranta, palaute).

Ohjelma rakentui sille ajatukselle, että *"maailmaa eivät muuta raportit, vaan ihmiset"*, kun heidän roolinsa on määritetty ja kun heillä on mahdollisuuksia toteuttaa muutoksia. Näin ollen juuri ohjelman yhteiskunnallisella muodostamisprosessilla on keskeinen merkitys sen toteutumisen onnistumisen kannalta. Itse ohjelma tulisikin nähdä vain kestävään kehitykseen tähtäävän prosessin osana, jossa lopulliset askeleet ovat käytännöllisiä muutoksia tuotantolaitoksissa, kotitalouksissa ja yksilöiden käyttäytymisessä, sekä tavat joilla näitä pyritään edistämään, ovat vain työkaluja. De Jongh tuokin esiin sen ristiriidan, *"että monissa hallituksen keskusteluissa nämä työkalut kuten säännökset nähdään kuitenkin lopputuloksina."*

Muutoksiin johtavien prosessien analyysin perusteella hän esittää väestöllä ihmisillä olevan prosesseissa mm. seuraavanlaisia rooleja: rahoittaja, prosessin johtaja, liikkeellepaneva voima, informoija, vihollinen, osallinen, oikea käsi, yleisö ja media. Prosessin onnistuneessa suunnittelussa ja johtamisessa tulisi ottaa huomioon näiden kaikkien roolien olemassaolo.

Alankomaiden kansallisen ympäristöohjelman täytäntöönpano sopimuksin teollisuudessa on herättänyt huomiota sen innovatiivisuuden vuoksi. Teollisuuden näkökulmasta motivaatio yhteistyöhön löytyy halusta ”*ostaa varmuutta*” tai ainakin vähentää epävarmuutta suhteessa hallituksen toimenpiteisiin. Toisaalta toimintaohjelman täytäntöönpano säännöksiin olisi de Jonghin mukaan ollut kallista ja aikaa vievää. Ohjelman kääntäminen teollisuuden eri sektoreiden toimiksi sisälsi seuraavat edut:

- ◆ teollisuuden keskusliittojen ja avainhenkilöiden suora osallistuminen sopimusten allekirjoittamiseen
- ◆ teollisuuden palaute keskushallinnolle
- ◆ integroidun lähestymistavan säilyttäminen
- ◆ pitkän tähtäimen tavoitteet säilyvät ohjelmien tavoitteina
- ◆ teollisuus voi sopeutua joustavasti ja
- ◆ vahva kytkentä teollisuuden sisäisiin ympäristöjohtamisjärjestelmiin.

Epäilyksiä sopimusten tehoon on jäljellä kunnes tulokset nähdään. Prosessin alussa ympäristöryhmät ja parlamentin jäsenet olivat varsin epäileviä. Sopimukset eivät korvaa luvan myöntämisprosesseja, mutta ovat sen yläpuolella olevia johtamistyökaluja. Alankomaiden ympäristöjohtamislainsäädännössä luvat päivitetään 4-5 vuoden välein, ja kun sopimukset tehdään yrityksissä ja niihin liittyy parannusohjelmia, ohjelmat sovitetaan yhteen lupien myöntämisprosessien kanssa. Seuranta on järjestelmän keskeinen elementti.

Yksi esimerkki ympäristösopimuksesta ilman hallituksen osuutta on ympäristöjärjestö Maan ystävien ja Alankomaiden perunateollisuuden välinen sopimus muutoksista kasvinsuojeluaineiden käytössä kuluttajien valintojen tukemiseksi.

Edistyksellisyytensä vuoksi ”alankomaalaisella lähestymistavalla” tarkoitetaan integroitua ympäristösuunnittelun järjestelmää, joka perustuu pitkän aikavälin analyysiin ja täytäntöönpanoon eri sidosryhmienvälisen neuvotteluiden kautta. Järjestelmä voidaan nähdä muiden ympäristöohjelmien ”kattomekanismina”. Silti suunnitelmat eivät korvaa lainsäädännöllisiä ympäristöpolitiikan toimia, eivätkä sopimukset sääntelyä, vaan ne on nähtävä järkevän sääntelyn edeltäjinä. Neuvottelut eivät myöskään korvaa tieteellisiä löydöksiä syy-seuraussuhteista ympäristössä. Vaikka Alankomaiden mallissa ympäristöosasto on toiminut prosessin johtajana, de Jonghin mukaan se ei ole välttä-

mätöntä, vaan erityisesti paikallisella tasolla muutkin instituutiot voivat ottaa prosessin johtajan roolin.

Alankomaiden malli keskittää huomiota ympäristöongelmiin ja niiden fyysisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin, ei ohjaukeinoihin sinänsä. Nämä instrumentit sopeutetaan suhteessa kohderyhmään, täytäntöönpanon vaiheeseen ja muihin kansallisen ja kansainvälisen tason rajoituksiin. Keskeistä on myös keinojen yhdistäminen sidosryhmien intresseihin. Sidosryhmien liiketoimien jatkuvuutta ei aseteta kyseenalaiseksi, vaan sen sijaan jatkuvuuden saavuttamisen keinot ovat keskustelun kohteena. Pelkkä keskustelu politiikan työkaluista ilman kytkentää ratkaistavaan ympäristöongelmaan johtaa de Jonghin mukaan useimmiten luottamuksen murtumiseen hallinnon ja sidosryhmien välillä.

Päätelmissään de Jongh toteaa, että konsensuksen rakentamisprosessissa tieteellisellä tiedolla on keskeinen merkitys. Tietoon liittyy aina epävarmuutta, jota ei tulisi piilottaa päätöksentekijöiltä, vaan sillä tulisi olla näkyvä rooli ohjelmien suunnittelussa. Jatkuva kuormittavien tekijöiden, ympäristön laadun ja kustannusten seuranta ovat keinoja epävarmuuden hallitsemiseksi. Suorat kontaktit ympäristöryhmien, prosessien vastustajien, hallinnon ja teollisuuden ovat keinoja muutosprosessien vihollisten muuttamiseksi osallisiksi.

Alankomaiden kansallisen ympäristöohjelmassa konsultaatiot ja neuvottelut ovat keskeisiä osia yhteiskunnan mobilisoinnissa muutoksiin. Kannustejärjestelmä luotiin siirtämään kaikkien sosiaalisten ryhmien käyttäytymistä kestäväen kehityksen suuntaan. Menestys saavutettiin ensisijaisesti velvollisuuksien ja verojen avulla. Kunzen mukaan tuet havaittiin vähemmän menestyksekkäiksi.

Alankomaissa on analysoitu teknologian osuutta ympäristöpolitiikan tavoitteiden kannalta. Positiivisia vaikutuksia on odotettavissa erityisesti lyhyen tähtäimen ympäristöongelmien kannalta. Näissä kysymyksissä suorat ja epäsuorat tuet ympäristöteknologian kehittämislle ovat toivottavia. Hallituksen ohjelmat laajoille elinkaarijohtamisen ja kaskadimaisille uudelleenikäytön ja kierrätyksen järjestelmille antavat tukea keskipitkän aikavälin instrumenteille tutkimus- ja kehityspolitiikassa. Pitkän tähtäimen ympäristöpolitiikan toimikunnan mukaan teknologian ei uskota voivan vaikuttavan merkittävästi ympäristöongelmien ratkaisuun.

Alankomaissa on erityinen ”kestävän teknologian kehitysohjelma”, jossa tämä kysymys on tuotu esiin. Perustuen toivottuun kestävyuden tasoon 50 vuoden päästä vaatimukset päästöjen vähentämiseksi resurssien käytön suhteen määritettiin ja tarvittavat teknologiset kehitystoimet määritettiin erilaisten sosiaalisten tarpeiden suhteen ”back casting” -menetelmän avulla. Valituille teknologioille toteutettiin prosessien arviointi ja siihen

liittyvä ”*illustrative process*” –keskustelu, joka tarjoaa pohjaa ajateltavissa olevista teknologioista, joilla voisi olla positiivinen vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen. Näin yksityisen sektorin pitkän tähtäimen orientoituminen voi alkaa ilman, että valtion suora teknologisen kehityksen tuki olisi välttämätöntä.

Kaiken kaikkiaan teknologia- ja samoin tutkimus- ja kehityspolitiikkojen rooli on täydentävä kestävä kehityksen kannalta. Tärkein vaikutus odotetaan olevan kulttuurisilla ja rakenteellisilla muutoksilla. Vuoden 2000 alussa julkaistiin Alankomaiden ”kestävän teknologisen kehityksen” tutkimusohjelmasta yhteenvetoraportti (Weaver ym. 2000).

5.4 Kestävä kehitys ja innovaatiotoiminta: Japani

Japanin talous on erityisen riippuvainen energian tuonnista. Harkittu energiankäyttö on siten ollut t&k -aktiviteettien keskeinen tavoite aina 1960-luvulta asti. Lähtökohta Japanin kestäväälle kasvulle liittyy resurssien niukkuuteen ennemminkin kuin muuttuneeseen ympäristötietoisuuteen. Ydinvoimalla on ollut keskeinen rooli energiariippuvuuden vähentämisessä.

Kunzen mukaan Japanin hallitus näkee roolinsa ennemminkin yksityisten tutkimus- ja kehitysaktiviteettien säätelyssä ja koordinaatiossa kuin suorassa projektien tukemisessa. Pitkän aikavälin visiot tarjoavat perustaa kehityspotentiaalien arvioinnille. Näitä tuetaan viranomaisten ja teollisuuden välisillä dialogeilla. T&k -toimien harmonisointi suhteessa ”*ihmiskuntaan ja luontoon*” on ollut eräs 1990-luvun tavoitteista. Kilpailupolitiikka edesauttaa talouden yhteistyödialogeja luomalla liikkumatilaa kartellilaeissa.

Rion kokouksen jälkeen marraskuussa 1993 astui voimaan Ympäristöä koskeva peruslaki (ks. NIES 1999), jota pidetään keskeisenä Japanin ympäristöpolitiikassa. Tässä laissa otettiin käyttöön kestävä kehityksen tavoite - ”kestävä kehitys voidaan turvata edistämällä taloudellista kehitystä, samalla kun ympäristökuormitusta vähennetään”. Lain mukaan hallinto vakiinnuttaa ympäristösuunnitelman, jossa annetaan aikataulu uusien keinoja toteuttamiselle. Näitä ovat mm. ympäristövaikutusten arviointi, yleiset taloudelliset asetukset, tuki ympäristönsuojelun instituutioille ja projekteille, tuki ympäristömyötäisille tuotteille, ympäristömääräykset, tuki vapaaehtoisille yksityisille aktiviteeteille, tuki tiede-, tutkimus- ja kehitystoimille sekä kansainvälinen yhteistyö ml. teknologian siirto kehitysmaihin.

Vaikka Japanin hallitus korostaa tutkimus- ja kehitystoimia linkkinä taloudellisen kasvun ja ympäristönsuojelun välillä, Kunzen mukaan maalla ei ole pitkän tähtäimen strategiaa tai ”vihreää suunnitelmaa”. Samoin käytössä ei ole selvää määritelmää kestäväälle

kehitykselle, jolloin myöskään tutkimus- ja teknologiapolitiikkaa ei ole linjattu suhteessa tähän tavoitteeseen. Japanin hallituksen tutkimus- ja teknologiapolitiikka käsittelee ydinvoiman käyttöä, energian säästöä ja ympäristöteknologiaa kestäväna kehityksenä. Kunzen mukaan kestävä kehityksen globaaleja näkökohtia ei ole näkyvissä ainakaan keskeisenä teemana.

5.5 Kestävä kehitys ja innovaatiotoiminta: Ruotsi

Ruotsilla on pitkät perinteet ympäristöpolitiikassa ja keskeisiä seikkoja ovat olleet liikenne- ja energiakysymykset. Molemmilla sektoreilla valtio on toteuttanut suoria ja epäsuoria interventioita markkinoiden toimintaan tarkoituksenaan ympäristömyötäisten ratkaisujen ja niihin liittyvien innovaatioprosessien kannustaminen. Huomio on kiinnittynyt erilaisten kuormittavien tekijöiden vähentämiseen.

Uusiutuvien energiamuotojen tutkimusta ja energiahallinnan projekteja on tuettu laajasti. Liikennesektorilla on käynnistetty mm. vaihtoehtoisten polttoaineiden ja sähköautojen t&k -ohjelmia. Ruotsin hallituksen tutkimuslaissa vuodelta 1990 on asetettu päämääräksi kestävä kehitys ja siinä korostetaan monitieteisen tutkimuksen tärkeyttä tämän päämäärän kannalta. Ympäristöaiheiden monimutkaisuuden vuoksi korostettiin systeemilähtökohtaa. Poikkitieteellisiä teknisiä tutkimushankkeita ja teknillisiä, sosiaalisia, lääketieteellisiä ja lainopillisia kysymyksiä on nimetty kestävä kehityksen avainelementeiksi. Uudet teknologiat ja muutokset käyttäytymisessä nähdään siten yhtä tärkeinä tekijöinä päämäärään pyrittäessä. Vuoden 1994 alussa perustettiin strategisen ympäristötutkimuksen rahasto (MISTRA, n. 250 MSEK/a) rahoittamaan kestävä kehityksen tutkimusta.

Kestävä kehityksen operationalisoimiseksi Ruotsin hallitus on määrittänyt erillisiä vähennys- ja kierrätystavoitteita. Ne perustuvat laajaan sosiaaliseen dialogiin, julkisen sektorin kysyntään (*"vihreät hankintapolitiikat"*), markkinahenkisiin kontrollimekanismeihin, vapaaehtoiisiin sopimuksiin, ympäristömerkintää ja -auditointia koskevien projektien tukemiseen sekä vero- ja maksujärjestelmiin energia- ja liikennesektorien päästöjen vähentämiseksi.

Vuonna 1993 annettu "ekosyklilaki" laajensi valmistajien vastuita tuotteen eliniän pituiksi. Sillä pyritään vaikuttamaan tuotantoon niin, että luontoon päästetään vain sellaisia aineita, jotka se kykenee ottamaan vastaan tai "sietämään". Lailla pyrittiin parantamaan teollisuuden resurssien hallintaa eli pyrkimyksenä oli vaikuttaa "oikeisiin raaka-ainevalintoihin" sekä tehostaa resurssienkäyttöä, materiaalien kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. Monimutkaisten materiaalisykliden selvittämistä pidettiin edellytyksenä tehokkaalle resurssien hallinnalle ja kiertojen sulkemiselle. Kestävä kehityksen globaalin

vastuun kysymykset ovat näkyneet mm. Ruotsin hallituksen aloitteina CO₂-päästöjen hallinnalle Baltian- ja Itä-Euroopan maissa sekä Afrikassa.

Laajan verouudistuksen yhteydessä Ruotsi otti liikenne- ja energiasektorilla käyttöön ympäristöveroja vuonna 1991. Lyhyessä ajassa nämä verot aikaansaiivat vähennyksiä päästöissä. Ympäristötietoinen kuluttajakäyttäytyminen ja vähemmän saastuttavien vaihtoehtojen kehittäminen edesauttavat ympäristöverojen toimivuutta. Tulee kuitenkin huomata, että tätä kehitystä ovat tukeneet monet samanaikaisesti käynnistetyt toimenpiteet kuten informaation tarjonta, neuvonta, opetus ja investointituet.

5.6 Päätelmiä eri maiden kokemuksista

Kestävä kehityksen käsitteen tultua laajalle levinneeseen poliittiseen keskusteluun Brundtlandin raportin myötä vuonna 1987, toimi Rio de Janeiron konferenssi vuonna 1992 kansallisten toimintaohjelmien katalysoijana. Tämä on ollut nähtävissä sekä Japanin ”ympäristön perustuslaissa” ja USA:ssa presidentin kestävä kehityksen neuvoston nimeämisessä. Tästä huolimatta on syytä todeta, että ”kestävän kehityksen” terminologian käyttö ei välttämättä ole yhdenmukaista politiikkamuutosten kanssa.

Teknologioiden modernisointi voi vaikuttaa tulevaisuudessa merkittävällä tavalla luonnonvarojen säästämiseen. Silti aiempien analyysien perusteella on syytä varoittaa ylioptimismista sen suhteen, että resurssien säästämisen ja uusien teknologioiden välillä toimisi riippumattoman dynamiikka. Epävarmuuksia tälle ”yhtälölle” aiheuttavat monet päällekkäiset trendit. Myös erilliset säästövaikutukset voivat ”ylikompensoitua” taloudellisen kasvun vuoksi. Lisäksi monissa tapauksissa voidaan havaita vain epävarmoja merkkejä säästävien teknologioiden soveltamisesta. Näillä alueilla tarvitaan teknologioiden käytön esteiden sosio-ekonomista tutkimusta. Tuottajien ja kuluttajien valmistamiseksi muutoksiin tarvitaan sekä pitkäjänteistä tutkimus- ja teknologiapolitiikkaa että toimenpidehorisonttia. Tulevaisuudessa ongelmien tekniset ratkaisut muuttuvat yhä monimutkaisemmiksi ja ne vaativat merkittävää ajallista ennakkointia ja valmistelua sopiakseen systeemiin ympäristöihin.

Vertailujensa perusteella Kunze tekee seuraavat havainnot:

- ◆ Ekosysteemien tutkimus on levinnyt kaikkiin maihin. Ekologisen perustietämyksen hankinta palvelee sekä ihmisten valintojen seurausten määrittämistä että varhaisen varoituksen järjestelmiä, jotka kertovat uusista ympäristöongelmista.
- ◆ Teknisten ratkaisujen kehittäminen ympäristöhaittojen välttämiseksi, vähentämiseksi ja korjaamiseksi on ollut teknologiapolitiikan keskeinen kenttä tarkastelluissa maissa muutamia vuosikymmeniä. Integroitujen ympäristöteknologioiden kehittä-

mistä on edistetty 1990-luvun alusta alkaen ja sitä on erityisesti korostettu USA:n ympäristöteknologia-aloitteissa.

- ◆ Luonnonvarojen (ml. energia) käytön tehostaminen erilaisissa yhteyksissä on kuulunut tutkimus- ja teknologiapolitiikan kenttään, koska siihen liittyy taloudellisia hyötyjä. Niinpä sitä voidaan luonnehtia kestävien tutkimus- ja teknologiapolitiikkojen elementiksi, kun se liitetään kestävyyttä osoittaviin tavoitteisiin (Ruotsi, Alankomaat). Erityisesti materiaalikiertojen sulkeminen auttaa tehokkuuden parantamisessa ja sitä on käsitelty kaikissa tarkastelluissa ohjelmissa. Ohjelmien sitovuus on tehokkainta Alankomaiden ja Ruotsin politiikoissa, joissa on myös selkeimmät suunnitelmat materiaalikiertojen sulkemiseksi arvostetuimmalla tavalla (kaskadimainen uudelleenkäyttö, resurssin allokointi arvokkaimpaan käyttökohteeseen). Tämä saattaa vaikuttaa pelkkää materiaalien kierrättämistä enemmän kestävä kehityksen saavuttamiseen.
- ◆ Uusiutumattomien polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla on nähtävissä kaikissa tarkastelluissa maissa, joissa fossiilisille polttoaineille etsitään vaihtoehtoja. (Tämä trendi on nähtävissä kuitenkin vain energiasektorilla, mikä saattaa johtua myös käytettävissä olleen materiaalin yleisluontoisuudesta.)
- ◆ Maiden erot tulevat paremmin näkyviin toimijoiden sosiaalisessa, taloudellisessa ja poliittisissa olosuhteissa, joista ympäristöongelmat aiheutuvat. Ne determinoivat ongelmien ratkaisuja ja yleistä sosiaalista kehystä siirryttäessä kestäväan elämäntapaan ja talouteen. Näissä kysymyksissä Alankomaiden malli on poikkeava, koska tarkastelu lähtee sosiaalisten tarpeiden analyysistä.
- ◆ Kestävä kehityksen paradigmaan liittyvä globaalin vastuun dimensio heijastuu ohjelmissa sopivien teknologioiden kehittämisenä ja teknologian siirtona. Tämä dimensio näkyy kaikkien maiden ohjelmissa, vaikkakin joissakin marginaalisina aktiviteetteina ja lähinnä markkinointimahdollisuuksien hyödyntämisenä.
- ◆ Kestävyuden päämäärien määrittelyä tutkimus- ja kehitysprojektien tuen kriteereinä ei löydy tarkastelluista strategisista dokumenteista. (Myös tämä voi johtua ohjelma-dokumenttien yleisluontoisuudesta.)
- ◆ Kvantitatiivisia vähennystavoitteita suhteutettuna aikaraameihin on käytetty erityisesti Ruotsin ja Alankomaiden ohjelmissa. Alankomaissa ne on johdettu kestävä kehityksen operationalisoidusta määritelmästä.

Kunzen mielestä erityisesti Alankomaiden kestävä teknologian kehitysohjelma, yhdistettynä kansalliseen ympäristöohjelmaan osana kestävä kehitystä tukevaa tutkimus- ja

teknologiapolitiikkaa, vaikuttaa erityisen innovatiiviselta. Alankomaiden vahvasti yhteisöllinen ohjelma heijastelee myös Saksan parlamentaarisen komission linjauksia kestävä kehityksen sisällyttämisestä tutkimus- ja teknologiapolitiikkaan, eli suuntautumista kohti sosiaalisia tarpeita, innovaatioprosesseja ja monitieteisyyttä. Kunze arvioi Alankomaiden mallin siinä määrin hyödylliseksi ja geneeriseksi, että jatkossa tulisi selvittää sen soveltuvuutta Saksan ja muidenkin maiden tutkimus- ja teknologiapolitiikkaan. Tarkastelumallien ja metodien sovellettavuutta myös suomalaisessa politiikkakehyksessä voisi olla hyödyllistä selvittää.

6. Ehdotuksia ja hypoteeseja jatkotutkimuksille

6.1 Johdanto

Tässä luvussa kootaan aiempien lukujen johtopäätöksistä ehdotuksia innovaatiotoiminnan ja ympäristöasioiden integroimista koskevan jatkotutkimuksen aihepiireiksi ja hypoteeseiksi. Jatkotutkimuksen päämääränä on parantaa ympäristöinnovaatiotoiminnan mahdollisuuksia yrityksissä tuottamalla yhteiskunnan politiikkatoimien valmistelulle empiiristä tietoa ympäristöinnovaatioiden onnistumisen edellytyksistä ja esteistä. Tutkimusvoimavarat olisi tarkoituksenmukaista suunnata *yhteiskunnallisia ”ulkoisia” hyötyjä tuottaviin kohteisiin*, jotka *yhtäältä* tukevat sekä ympäristön tilan parantamista että kestävämpää teknologista ja taloudellista kehitystä, sekä *toisaalta* tukevat samalla suomalaisten yritysten t&k- ja innovaatiotoiminnan kautta niiden integroitua teknologista, taloudellista ja ympäristöllistä kilpailukykyä. Näiden tavoitteiden kannalta 1) innovaatioita ja innovatiivisia konsepteja, 2) yrityksiä 3) politiikkatoimia koskevien tutkimusten aloittamiselle voidaan löytää ainakin seuraavat kriteerit.

1. *Ongelmalähtöisyys*: tutkimuskohteiden tulee olla relevantteja ympäristöongelmien ja kestäväen kehityksen edellytysten vahvistamisen kannalta. Hyvä esimerkki ongelmalähtöisestä, ajankohtaisesta ja monipuolista tutkimusta edellyttävästä kohteesta on ilmastokysymys. Ilmastokysymyksen ratkaisemiseksi innovaatioita tarvitaan lukuisilla tasoilla mm. energian tuotanto-, varastointi ja käyttöteknologioissa, materiaavirtojen valinnassa, jätehuollossa, liikenteessä, organisaatioissa, ohjaustoimissa, kuluttajien käyttäytymisessä jne. Vaikka ongelman merkittävyys on keskeinen valintakriteeri tulee muistaa, ettei yksittäistä ympäristökysymystä voida ratkaista irrallisena aihepiirinä. Innovatiivisilta ratkaisuilta edellytetään käytännössä moniulotteista tarkastelua ja hyväksyntää niiltä tahoilta, joihin uudistus vaikuttaa.
2. *Oppimisen edesauttaminen*: tutkimuskohteiden tulee olla relevantteja t&k- ja innovaatiotoiminnan jatkuvan kehittämisen sekä toimenpiteiden ja voimavarojen suunnittamisen kannalta. Kohteiden tulee olla relevantteja kypsien, kehittymässä olevien ja uusien innovaatioiden onnistumisedellytysten parantamisen ja oppimisen kannalta. Myös epäonnistumisista voidaan oppia paljon. Tutkittavilta kohteista tulisi pyrkiä etsimään mahdollisuuksien mukaan yleistettäviä piirteitä ja niitä tulisi dokumentoida oppimisen edesauttamiseksi.
3. *Tarve*: tutkimuskohteiden tulee olla relevantteja kotimaisen soveltamispotentiaalinsa ja/tai vientimahdollisuuksien kannalta. Suhtautumistavat ympäristökysymysten hallintaan poikkeavat olennaisesti esim. raskaassa prosessiteollisuudessa ja ympäristönsuojeluun liittyvää teknologiaa valmistavassa ja vievässä teollisuudessa. Siksi tarvitaan ensiksi molempien *erillistä* tutkimusta, mutta lisäksi niiden *vuorovaikutusten*

tutkimusta (esim. liiketoimintaketjujen eri osapuolten yhteiset foorumit), jolla voisi kuvitella olevan innovointiin kannustavaa vaikutusta. Voisiko esimerkiksi Suomessa sijaitseva ympäristötekniikan teollisuus yhteisillä t&k- hankkeilla prosessiteollisuuden kanssa tukea sen ympäristökysymysten ratkaisujen löytymistä nykyistä tehokkaammin kotimaassa, ja tämän yhteistyön tuloksena löytää uusia vientimahdollisuuksia.

4. *Vaikutusmahdollisuudet:* tutkimuskohteiden tulee olla relevantteja yhteiskunnan teknologia- ja ympäristöpoliittisten, mutta myös muiden hallinnonalojen ohjaustoimien kehittämisen kannalta. Hankkeiden tulee antaa vastauksia siihen, millaisilla ympäristöpoliittisilla, teknologiapoliittisilla ja muiden hallinnonalojen ohjaustoimilla ja instrumenteilla, joko erillisillä tai useimmiten toisiinsa integroiduilla, kestävä kehitystä tukevaa innovaatiotoimintaa voitaisiin edistää ja mitä toimia tulisi tästä näkökulmasta välttää. Tutkimuskohteissa tulisi pyrkiä analysoimaan erityisesti niitä seikkoja, joihin on mahdollista vaikuttaa.

Seuraavassa esitetään jatkotutkimuksen aihepiirejä ja hypoteeseja koskeva suunnitelma, joka on jaettu kolmeen vuorovaikutteiseen aihepiiriin:

1. *Innovaatioihin ja innovatiivisiin konsepteihin* liittyvä tutkimus eli se millaiset innovaatiot ja yleistettävissä olevat teknillis-taloudelliset konseptit ja ajattelumallit voisivat tukea erilaisten ongelmakokonaisuuksien ratkaisemista.
2. *Yritystason* tutkimus eli se mitä yritystasolla voidaan tehdä mm. ympäristöinnovaatiotoiminnan edistämiseksi, ja miten yhteiskunnan erilaiset ohjaustoimet ”näkyvät” innovaatioprosessien näkökulmasta.
3. *Yhteiskunnan politiikkatoimiin* liittyvä tutkimus, jossa pyritään kehittämään politiikkainstrumentteja ja niiden käyttötapoja sekä poistamaan ympäristöinnovaatioiden esteitä.

Kussakin aihepiirissä tulee tutkia riittävästi ympäristö- ja innovaatiotoiminnan *kontekstimuuttujia* (ks. kuva 2 ja taulukko 6). Tällaisia ovat ympäristön tila, t&k- ja teknologiakonteksti (esimerkiksi konsernin tai kansallinen innovaatiojärjestelmä), teollinen rakenne muutosnäkyminen (esimerkiksi tieto- ja viestintätekniikan kasvu), eri alojen yritysten ominaisuudet ja muutosmahdollisuudet (esim. erot raskaassa prosessiteollisuudessa ja ympäristöteknologiaa valmistavassa ja vievässä teollisuudessa), toimintaympäristö muutoksineen (esimerkiksi erot säännellyillä ja avatuilla markkinoilla, muutosten hitaus), hinnat, sekä sosiaaliset normit ja kulttuuritekijät. Ympäristöinnovaatioprosessien, olosuhdetekijöiden ja ohjauksen välisten vuorovaikutusten parempi tun-

teminen saattaisi mahdollistaa toisiaan vahvistavien keinojen löytämisen sekä yritysten että politiikan tasolla.

6.2 Innovaatioiden ja innovatiivisten konseptien tutkimus

Jatkossa tulisi arvioida yhtäältä sitä, minkä ongelmien ratkaisemiseksi tiedossa olevat teknilliset ja teknillistaloudelliset ratkaisut ovat riittäviä, ja toisaalta sitä, missä tarvitaan kokonaan uusia innovaatioita. Tarpeiden systemaattinen selvittäminen edesauttaa eri tahojen t&k-panosten suuntaamista. Teknologian ennakoinneissa on yksilöity kestävä kehitystä tukevia teknologian kehittämiskohteita, jotka osaltaan tukevat painopistevalintoja (esim. Lievonen, 1996). Siellä, missä olemassa olevat teknologiat ja teknillistaloudelliset konseptit osoittautuvat riittäviksi, toimien pääpaino on teknologian siirron nopeuttamisessa sen soveltajille. Lisäksi tulisi selvittää sitä, miten hyvin erilaisia kestävä kehityksen liiketoiminta- ja innovaatiokonsepteja voidaan soveltaa käytäntöön eri toimialoilla.

Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohtaisesti innovaatioprosessin ja innovaatioiden luonteeseen sekä innovatiivisiin konsepteihin liittyviä tutkimuskohteita.

6.2.1 Innovaatioprosessit ja innovaatioiden luonne

Tutkimusstrategian tavoitteena on jatkuvaan innovoimiseen kannustaminen. Lopputuloksen painottamisen sijaan tulisi tarkastella *innovaatioprosesseja* niihin liittyvine mahdollisine *ympäristöinnovaatioverkostoineen*, sekä niihin vaikuttavia tekijöitä ja olosuhteita mahdollisimman empiirisin keinoin. Ympäristöinnovaatioiden syntyprosesseissa vaikuttavien tekijöiden taustoja ja motiiveja tulisi selvittää. Kiinnostavaa ja relevanttia olisi ymmärtää, missä määrin signaalit ympäristöinnovaatioiden kehittämiseksi ovat tulleet yhteiskunnan erilaisista *regulaatiotoimista* verrattuna markkinoiden odotettuun kysyntään tai ”inhimillisiin tekijöihin”, ja toisaalta sitä, mikä tässä on ollut *teknologiaan ja tieteeseen* panostamisen tai vaikkapa yrityksen omien sisäisten aloitejärjestelmien merkitys.

Ympäristöön liittyvien innovaatioiden tutkimuksen yhteydessä on kehiteltävä itse innovaatioihin että niihin liittyvien keskeisten toimijoiden ja olosuhdetekijöiden tyypittelyjä ja käsitteitä. Vasta nämä luovat perustaa tilastollisille analyyseille, joiden pohjalta tulevaisuudessa voidaan ehkä parantaa arvioita aikaansaattujen muutosten innovaatiovas-teesta. Toisaalta näiden tekijöiden sekä erityisesti ympäristöinnovaatioita estävien seikkojen tunteminen voisi auttaa innovaattoreita viemään läpi haluamiaan uudistuksia.

Kestäviin ratkaisuihin ei välttämättä päästä vain teknologisilla ratkaisuilla ja siksi niiden ohella on tarkasteltava sosiaalisia, organisatorisia, johtamiseen liittyviä, käyttäytymiseen ja sen muutokseen liittyviä innovaatioita. Tulisi selvittää, missä määrin teknologisten ympäristöinnovaatioiden toteutuminen edellyttää viime kädessä käyttäytymiseen ja sen muutokseen liittyviä innovaatioita, sekä missä määrin nämä puolestaan edellyttävät tai kannustavat teknologisiin innovaatioihin.

Silloin, kun olemassa olevat teknologiat osoittautuvat ongelmien ratkaisussa riittäviksi, edistämistoimien pääpaino on *ympäristömyönteisen teknologian siirrossa ja levittämisessä*. Tällöin tapaustutkimuksissa tulee aiempien kokemusten pohjalta selvittää sellaisia tekijöitä, jotka joko voivat estää tai edistää ympäristöteknologioiden leviämistä (teknologian diffuusion tapaustutkimukset).

6.2.2 Innovatiivisten konseptien tutkimus

Eri tahoilla on kehitelty innovatiivisia, kestävän kehityksen edistämistä palvelevia ajattelutapoja, teknologia- ja liiketoimintakonsepteja sekä erilaisten ominaisuuksien yhtäaikaista tarkastelemista helpottavia työkaluja. Tällaisia konsepteja ovat perinteisen tuotekeskeisen ajattelutavan siirtäminen tuotteiden antamiin palveluihin (esimerkiksi hissitekniikasta kuljetuspalveluun); teollinen ekologia; tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen kestävän kehityksen ohjauksessa ja siihen liittyvä tuotteiden ja palvelujen ”informatisoiminen”; tuotteiden koon minimoiminen (miniatyrisointi) ja samalla niiden materiaalikäytön minimoiminen (dematerialisointi) sekä ympäristömyönteinen mm. kierätettävyyden huomioon ottava haittoja ennalta eliminoiva suunnittelu. Näitä konsepteja ja niitä operationalisoivia instrumentteja (esim. takuujärjestelmät) tulisi kehittää edelleen. Kokemuksia konseptien soveltuvuudesta eri liiketoimintoihin tulisi koota kenttätutkimuksilla toimialarajat ylittävän oppimisen tehostamiseksi ja konseptien siirrettävyyden ja yleistettävyyden arvioimiseksi. Tällaisia kestävän kehityksen innovaatiokonsepteja tulisi hyödyntää osana niin kasvihuonekaasupäästöjen kuin muidenkin ajankoh- taisten ympäristöongelmien hallintaa.

Lisäksi relevantteja tutkimuskohteita ovat innovaatioiden esteet kuten odottamattomat ja epätoivotut ”bumerangi” -vaikutukset (*rebound effects*) ja lukkiutuminen (*locking in*) *yksinomaan* nähtävissä oleviin mahdollisuuksiin, joita käsiteltiin laajemmin luvussa 2.

Muutos tuotekohtaisesta palvelukohtaiseen ajattelutapaan

Tapaustutkimuksissa tulee etsiä mahdollisuuksia uusien liiketoimintakonseptien kehittämiseksi. On tarpeen esittää kysymys: *millaisilla ympäristöä vähemmän tai ei lainkaan kuormittavilla vaihtoehtoisilla tavoilla tuotettujen lopputuotteiden avulla aikaansaadut*

hyvinvointipalvelut olisivat tuotettavissa? Tarkasteluissa voidaan hyödyntää mm. MIPS-konseptia. ”Tuotteesta palveluun –näkökulma” asettaa haasteen myös kestävä kehityksen *indikaattorien* kehittämiseksi mm. korostamalla laadullisia ja immateriaalisia seikkoja määrällisten ja materiaalien ohella.

Teollinen ekologia

Olemassa olevia teollisen ekologian sovelluksia ja niistä saatuja kokemuksia tulisi tarkastella, jotta niihin perustuvia periaatteita ja konkreettisia toimintamalleja voitaisiin kehittää ja esteitä poistaa. Jatkossa tulisi tutkia teollisen ekologian konseptiin perustuen mm. energiantuotannon, jätehuollon ja muun teollisuuden sekä mahdollisesti myös liikenteen materia- ja energiavirtojen integroimismahdollisuuksia ilmasto-ongelman hallinnassa. Lisäksi tulisi selvittää konseptin soveltamismahdollisuuksia alueellisten ja paikallisten yhteistyömahdollisuuksien kehittämisessä. Tässä nousee esiin mahdollisuudet tuottaa esimerkiksi ”sivutuotesähköä” pienten lämpökuormien yhteydessä mikro-CHP-teknologiaa kehittämällä.

Alueellisia teollisen ekologian ratkaisuja voidaan tukea yhdyskuntasuunnittelun avulla ja näitä mahdollisuuksia tulisi jatkossa selvittää. Samoin tulisi selvittää teollisen ekologian ratkaisusta syntyviä ongelmia, kuten esimerkiksi sivutuotteiden hinnoitteluun, keskinäiseen riippuvuuteen yms. liittyviä mahdollisia vastakkainasetteluja. Nämä saattavat merkittävästikin ehkäistä kestävämpien ratkaisujen toteuttamista. Ratkaisuja voitaisiin hakea sekä kehittämällä sopimuskonsepteja että materiavirtatietopankkeja.

Tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen kestävä kehityksen hyväksi - tutkimuskohteita

Tietoteknisten sovellusten hyödyntäminen teollisuusprosessien säädössä, energian- ja raaka-aineiden käytön hallinnassa ja monitoroinnissa, mutta myös asiakkaiden palautteen keräämisessä suoraan yritysten päätöksentekoprosesseihin, mahdollistaa monissa tapauksissa toiminnan reaaliaikaistamisen, tehostamisen ja luonnonvarojen säästön. Tietoteknisiä ”on-line” sovelluksia voidaan hyödyntää myös viranomaisvalvonnassa. Viestintäteknologian sovellusten laajentuva hyödyntäminen voi vähentää liikennettä ja sähköinen kaupankäynti voi mahdollistaa esimerkiksi ”henkilökohtaisten päästötilien ja kiintiöiden” soveltamisen.

Uusien suunnitteluprosessien kehittämistä koskevien konseptien luominen

Käänteistuotanto ja ”käänteistehdas”, jossa komponenttien ja materiaalien uudelleenkäyttö ja niiden ympäristökysymykset ovat suunnittelun olennainen lähtökohta, yhdis-

tettynä tuottajavastuuseen ja takuu-instrumenttien käyttöön, voisi osoittautua uudeksi kasvavaksi toimialaksi.

Kaikkien näiden konseptien sovellettavuudesta, siirrettävyydestä ja muista kokemuksista (onnistumiset ja epäonnistumiset) tulisi dokumentoida tietoa eri osapuolten käytettäväksi toimialarajat ylittävän oppimisen tehostamiseksi ja muiden yhteiskunnallisten hyötyjen saavuttamiseksi. Esille nousee myös kysymys siitä, minkälaisilla uusilla ohjaustoimilla ja työkaluilla näiden ”kestävän kehityksen konseptien” käyttöönottoa voidaan nopeuttaa ja niiden edistymistä seurata?

6.3 Tutkimuksen painopisteet ja hypoteesit yritystasolla

Tämän aihepiirin tutkimuksen tavoitteena on luoda edellytyksiä innovaatiovetoisen kestävämmän kilpailukyvyn kehittämiseksi yrityksissä. Koska innovaatiot toteutetaan useimmiten vuorovaikutteisissa liiketoimintaolosuhteissa, on olosuhdetekijöiden tunteminen keskeistä sekä yritysten ympäristöinnovaatioiminnan että yhteiskunnan ohjaustoimien tehostamiseksi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi olisi tarpeen tarkastella tapauskohtaisesti onnistuneiden ja epäonnistuneiden innovaatioiden näkökulmasta teknologia- ja ympäristöpolitiikan ohjauskeinojen merkitystä ja kehittämismahdollisuuksia. Tässä keskeiseksi nousee kysymys siitä, millaisilla periaatteilla, menettelytavoilla ja työkaluilla yritysten ympäristö- ja innovaatioimien integroimista voitaisiin edistää. Tähän liittyvät keskeiset tutkimusteemat ovat yritysten innovaatio- ja ympäristöstrategiat, yritysten johtaminen, organisaatio ja verkostot, ympäristöinnovaatioiden rahoitus, ympäristöinnovaatioiden kehittämistä tukevien työkalujen ja tietopohjan käyttö ja kehittäminen, sekä seurannassa tarvittavien indikaattorien kehittäminen. Saatuja kokemuksia tulisi arvioida ja parannustoimia käynnistää. Näitä toimia varten olisi luotava sopiva foorumi ja vastuutaho.

6.3.1 Innovaatiot ja ympäristöasiat yritysten liiketoimintastrategiassa

Yritysten innovaatio- ja ympäristöstrategioiden integroimista koskevassa tutkimuksessa on ainakin seuraavia aiheita.

Tutkimuskohteena voi *ensinnäkin* olla yrityksiä, joiden tuotantoon liittyviin ympäristökysymyksiin pyritään hakemaan innovatiivisia ratkaisuja (esimerkiksi energiateollisuus, raskas prosessiteollisuus). Tutkimuskohteena voi *toiseksi* olla yrityksiä, joiden liiketoiminta perustuu ympäristöteknologiaan tai joilla on ympäristöteknologiaan liittyviä liiketoiminta- ja vientimahdollisuuksia (esimerkiksi energia-alalla uusiutuvien energiatekniikoiden komponentit, energian käytön teknologiat). Tutkimuskohteena voi lisäksi olla yrityksiä, joilla on molempia edellä mainittuja toimintoja sekä sellaisia liiketoiminta-

ketjujen välisiä tai käyttäjien ja tuottajien välisiä yhteistyöketjuja, joissa yritykset yhteisillä ponnistuksilla voivat hakea innovatiivisia ongelmaratkaisuja. Kannustavatko vienninmahdollisuudet ja missä määrin innovaatiotoiminnan ja ympäristötoiminnan integroimiseen (esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen keinot)? Ei ole selvää, miten yritykset tunnistavat ”vihreän kilpailukyvyyn” merkityksen ja miten se vaihtelee eri aloilla ja liiketoimintaketjujen eri osissa. Kiinnostavan tapaustutkimuksen kohteena voisi olla energia-ala, jonka toimintaympäristötekijät ovat muuttuneet radikaalisti 1990-luvun lopulla sen siirryttyä avoimille markkinoille. Voidaanko energiasektoria aiemmin avatuilta markkinoilta (esimerkiksi tietoliikenne) löytää toimintamalleja ja siirrettävissä olevia liiketoimintakonsepteja?

Globaalin kestävän kehityksen ja viennin kannalta yksi relevantti kysymys on kehittyvien maiden tarpeiden huomioiminen, mm. se, onko niillä mahdollisuuksia ”ohittaa” teollistuneiden maiden ympäristöä kuormittavia kehitysvaiheita innovatiivisten strategioiden ja teknologioiden käyttöönoton avulla. Missä määrin suomalainen teollisuus voi tukea tällaista kehitystä?

Yritystason tutkimuksissa keskeinen kysymys liittyy siihen, edellyttääkö ympäristöasioiden hyvä hoito hyvää liiketaloudellista tilannetta tahi missä määrin ympäristöasioiden hyvä hoito on edellytys liiketaloudelliselle menestymiselle.

6.3.2 Johtaminen, organisaatio, ohjaussignaalit ja oppiminen

Yritysten johtamisella ja organisatorisilla seikoilla on mitä todennäköisimmin suuri merkitys innovaatiotoiminnan ja ympäristötoiminnan leikkauspinnassa syntyvien ympäristöinnovaatioiden synnyn kannalta. Tähän aihepiiriin liittyen voidaan tutkia miten teknologiajohtamista ja ympäristöjohtamista on integroitu toisiinsa ja onko t&k-toimintaa ja ympäristöasioita sekä myös asiakkaita lähellä olevaa markkinointia vastaa-vasti integroitu toisiinsa organisatorisesti. Keskeistä olisi selvittää onko integraatiolla vaikutusta ympäristöinnovaatioiden syntyyn ja mistä ohjaussignaalit ja aloitteet ovat tulleet. Yrityksen sisäisiä lähteitä voivat olla mm. konsernijohto, markkinointi, ympäristöosasto, t&k-yksikkö, muu henkilöstö, osakkaat. Ulkoisina lähteinä voivat olla mm. asiakkaat, loppukäyttäjät, kilpailijat, liiketoimintaketjussa tilaajat tai alihankkijat, innovaatioverkostot, tulevaisuusvisiot, teknologian ennakointi, YVA, laatutoiminta (standardit), viranomaiset, julkiset t&k-ohjelmat tai sattumatkin.

Tapaustutkimuksissa tulee selvittää, miten asiakkaiden ja muiden sidosryhmien vahvat tai heikot signaalit kanavoituvat yritysten toimintoihin ja miten yritykset niihin reagoivat (esim. käyttäjä-tuottaja –suhteen tehostaminen, yrityksen tuntosarvet ja ”hermoverkot”). Samoin on tunnettava yritysten sisäisiä (eri osastot, eri tytäryhtiöt) ja niiden väli-

siä oppimisprosesseja, jotka vahvistavat innovaatio- ja ympäristötoimien sekä myös mm. markkinoinnin välisiä kytkentöjä.

Pk-sektorin ja spin-off -yritysten osalta voidaan tutkia mm. esimerkkejä liittyen mahdollisiin radikaali-innovaatioiden syntyyn, niiden kehitykseen ja tukemiseen sekä innovaatioita alihankintoihin liittyvissä pkt-arvoketjuissa.

6.3.3 Rahoitus

Rahoitus saattaa muodostua keskeiseksi esteeksi ympäristöinnovaatioiden kehittämisessä ja siihen liittyy mm. seuraavia tutkimuskohteita:

Yksityisen rahoituksen osalta yrityksen sisällä yhtäältä t&k-menojen käyttö ympäristöteknologioihin ja toisaalta ympäristömenojen käyttö t&k-kohteisiin. Vaihtoehtoisia rahoituslähteitä ovat yrityksen omarahoitus, laina- ja pankkirahoitus ja riskirahoitus (ml. Suomessakin kasvava ”business-enkelirahoitus”). On relevanttia selvittää, miten hyvin yksityiset rahoittajat ovat perillä ympäristöinnovaatioiden rahoitustarpeista ja millä periaatteilla ne arvioivat niihin liittyviä riskejä.

Julkisen rahoituksen osalta keskeistä on selvittää valtion erimuotoisten t&k-tukien merkitystä ympäristöinnovaatioille. Julkisen rahoituksen yhtenä perusteluna ovat poikkeukselliset riskit ja yhteiskunnalliset hyödyt. Tulee selvittää millaisia ne kussakin tapauksessa ovat ja miten ne vaikuttavat (esim. epävarmuus tulevista markkinoista, pitkä aikajänne, investointien kannattavuuskriteerit, jne.). Keskeistä olisi tarkastella valtion tuen tarpeellisuutta ja välttämättömyyttä siitä näkökulmasta olisiko hanke toteutettu ilman valtion tukea ja mitä yhteiskunnallisia ulkoisia hyötyjä sillä odotetaan saavutettavan.

Kokemuksia kannustavista tekijöistä, esteistä ja ongelmista (mm. julkishyödykkeet vs. yksityiset hyödykkeet; organisatoriset seikat; arvoriidat, jne.) tulisi dokumentoida. Ympäristöinnovaatioiden julkista rahoitusta tulisi tutkia (Tekes, SITRA, SA, EU, jne) ja selvittää sitä, miten laajasti ja millä kriteereillä rahoittajat ympäristöinnovaatioita rahoittavat. Julkisen rahoitustuen muotoja olisi tarpeen tarkastella innovaation erilaisissa kehitysvaiheissa mahdollisten pullonkaulojen löytämiseksi (t&k-vaihe, pilot, proto, investoinnit ja käyttömenot). T&k-rahoituksen ja -yhteistyön muodoilla on mitä ilmeisimmin vaikutuksia innovaatioiden onnistumiseen (valtion tutkimuslaitokset, yliopistot), konsultit, verkostot, yhteistutkimukset vs. luottamukselliset yrityskohtaiset tutkimukset, epävirallinen tiedonvaihto).

6.4 Tutkimuksen painopisteet ja hypoteesit politiikan tasolla

Yhteiskunnan politiikkatoimiin liittyviä tutkimusteemoja ovat politiikan strategiat ja tavoitteet, hallinnonalojen organisaatioiden yhteistyö, politiikkainstrumentit, valtion tutkimus ja kehitystoiminta ja kansallinen innovaatiojärjestelmä, menetelmien, työkalujen ja konseptien kehittäminen, tietopohja ja indikaattorit, sekä politiikkatoimien vaikutusten ja integroimisen tulosten tutkiminen, seuranta ja arviointi.

6.4.1 Strategia ja poliittiset tavoitteet

Valtionhallinnossa ja -toimissa innovaatiotoiminnan ja kestävän kehityksen integroimisen strategian taustalla ovat hallituksen ja eduskunnan hyväksymät teknologia- ja ympäristöpoliittiset samoin muiden hallinnonalojen (energia, liikenne, maa- ja metsätalous jne.) tavoitteet. Erityisesti teknologiapolitiikan ja ympäristöpolitiikan piirissä tulisi selvittää seuraavia kohteita.

Teknologiapolitiikkaan liittyviä tutkimuskohteita ovat ympäristökysymysten huomioon ottaminen läpäisevästi kaiken t&k- ja innovaatiotoiminnan yhteydessä. Miten hyvin tässä ovat yhtäältä onnistuneet Tekes ja KTM sekä toisaalta ympäristöministeriö? Teknologian levittäminen on yksi merkittävimpiä kehittämiskohteita ja voidaan kysyä, vastaako mikään taho Suomessa tänä päivänä erityisesti ympäristöinnovaatioiden levittämisestä ja tarpeiden kartoittamisesta Suomessa. Onko valtion tutkimus- ja kehitystoiminnan edistämisessä ja kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittämisessä vielä käyttämättömiä mahdollisuuksia innovaatiotoiminnan ja kestävän kehityksen integroimiseksi? Ovatko ympäristökysymykset sisällytetty innovaatiojärjestelmän kehittämiseen tähtäävään tutkimukseen (KTM, SITRA, HY)? Olisiko tarpeen kehittää valtion tuen kohdentamiselle toisaalta kestävän teknologian kehittämisen kriteeristö ja toisaalta ympäristöohjauksen innovaatiomyötäisyyden kriteeristö?

Ympäristöpolitiikkaan liittyvä keskeinen kysymys on se miten hyvin innovaationäkökulma on integroitu ympäristöohjaukseen. Samoin tulisi selvittää, onko joissakin ympäristönsuojelutoimissa (vesiensuojelu, ilmansuojelu, jätehuolto) menestytty integroimisessa toisia paremmin. Tähän liittyen jatkossa on tärkeää myös se, missä määrin IPPC -direktiiviin liittyvän BAT-periaatteen kehittämiseen ja soveltamiseen on kytkettävissä innovaationäkökulmaa.

Muihin politiikan alueisiin liittyviä tutkimuskohteita ovat mm. teollisuus- ja kauppapolitiikan osalta se, miten ympäristö- ja innovaatiotoiminnan integroiminen tukee teollisuuspoliittisia tavoitteita edistämällä uusien vientituotteiden kehittämistä, ympäristökilpailukykyä sekä alan vientiä. Energiapolitiikan kohdalla on kysyttävä voidaanko ja mi-

ten ympäristö- ja innovaatiotoiminnan integraatiota tehostaa niin, että se tukee energia- poliittisia tavoitteita. Maa- ja metsätalouden hallinnonalalla esiin nousee suomalaisen maatalouden ja siihen perustuvan elintarviketeollisuuden kilpailukyvyn ylläpitäminen ja kehittäminen sekä samanaikainen ympäristöhaittojen vähentämisen haaste. Liikennepoliitikassa voidaan vaikuttaa Suomen ilmastotavoitteen saavuttamiseen esimerkiksi uusi- en polttoainennovaatioiden diffuusiota edistämällä.

6.4.2 Poliittikkainstrumentit

Ohjausinstrumenttien tutkimuksessa tulee etsiä vastauksia mm. siihen, miten hyvin teknologiapolitiikan instrumenttien (t&k-tuki, t&k-ohjelmat, teknologian siirto) avulla on kyetty edistämään ympäristönsuojelua. Toisaalta tulee selvittää sitä, miten hyvin ympäristöpolitiikan instrumenttien ja toimien (luvat, ilmoitukset, normit, standardit, taloudelliset ohjauskeinot, lainsäädännöllinen tuottajan vastuu, aiheuttamisperiaate) avulla on kyetty edistämään innovaatiotoimintaa, sekä onko innovointiin edistäminen ollut mukana toimenpideohjelmissa. Tulisi myös selvittää sitä, missä määrin ohjausinstrumenttien soveltamiseen on sisällytetty innovointiin edistävästi vaikuttavia ominaisuuksia kuten aikajänne, tiukkuus, kannustavuus innovaatioihin, suositukset tai velvoitteet selvittää innovatiivisia ratkaisumahdollisuuksia, joustavuus (mm. toteutusaikataulu), ennakoitavuus, epävarmuuden eliminointi, sekä kustannuksiin liittyvät periaatteet (taso, laskentatapa, aiheuttamisperiaate).

Tärkeä selvityskohde myös Suomessa on se, kannustavatko instrumentit parannustyyppiin end-of-pipe -ratkaisuihin vai innovatiivisiin ja ennaltaehkäiseviin prosessiratkaisuihin. Vapaaehtoisilla ympäristösopimuksilla on myös kasvava merkitys ja tulisi selvittää, ovatko ne ja missä määrin myötävaikuttaneet innovaatiotoimintaan yleisesti sekä erityisesti joko parannus- tai radikaali-innovaatioiden kehittämiseen. Julkishankinnoilla voi olla olennainen merkityksensä ympäristöasioissa ja tulisi selvittää myös niiden mahdollista myötävaikutusta ympäristöinnovaatioihin. Tämä liittyy myös siihen, voidaanko ympäristöinnovaatioita edistää yhteiskunnan toimin luomalla niille tätä kautta houkuttelevia ja riittävän stabiileja markkinoita (*market creation*). Samoin tulisi selvittää, voisiko ympäristökysymyksiin liittyvien tietojen julkistaminen (*information disclosure policies*) olla yksi avain kestävän kehityksen innovaatioihin kannustamiseksi ja niiden laajamittaisen käyttöönoton nopeuttamiseksi. Moderni vuorovaikutteinen kommunikaatiotekniikka antaa tälle tulevaisuudessa yhä paremmat edellytykset.

7. Loppulause

Tarve integroida yritysten innovaatio- ja ympäristötoimintaa toisiinsa kestävästä kehitystä edistävällä tavalla on tiedostettu jo kauan sekä Suomessa kansallisesti että kansainvälisesti. Vaikka tätä edistäviä toimia on toteutettu ja aiheesta on keskusteltu monista näkökulmista, tehokkaassa integroimisessa on vielä runsaasti tehtävää. Tämä kirjallisuuteen perustuva työ argumentoi aihepiiriä koskevan tutkimuksen laajentamisen puolesta *yhtäältä* ilmastokysymyksen kaltaisten merkittävien ympäristöongelmien ratkaisemiseksi ja *toisaalta* kotimaisen teollisuuden kestävästä kehitystä tukevien innovaatioiden, niiden viennin sekä kestävästä kilpailukyvyn edistämiseksi. Empiiriset tapaustutkimukset antavat tukevimmalla pohjalla saada tarvittavia vastauksia näistä molemmista näkökulmista. Tietoja tarvitaan niistä kokemuksista, joita ympäristöinnovaatioiden kehittämisestä ja käyttöönotosta yritystasolla on saatu, sekä siitä, miten yhteiskunnan ohjaustoimet ovat vaikuttaneet. Yritystasoinen tutkimus luo myös välttämätöntä perustaa yhteiskunnan toimien kehittämiselle jatkossa niin teknologia- ja ympäristöpolitiikan piirissä samoin kuin muillakin hallinnonaloilla. Jatkotutkimuksen päämääränä on parantaa ympäristöinnovaatiotoiminnan mahdollisuuksia yrityksissä ja tuottaa empiiristä tietoa ympäristöinnovaatioiden onnistumisen edellytyksistä ja esteistä yhteiskunnan politiikkatoimien kehittämiselle.

Lähdeluettelo

Advanced Environmental Technology From Finland 1993. Publisher: The Finnish Foreign Trade Association, Helsinki 1993.

Aichholzer, G. and Scienstock, G. (Eds.) 1994. Technology Policy, Towards an Integration of Social and Ecological Concerns, Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Ashford, N., Heaton, G. 1983. Regulation and Technological Innovation in the Chemical Industry. Law and Contemporary problems, Vol. 46, No. 109.

Backman, M. and Thun, R. (Eds.) 1999. Total Cost Assessment. Recent Developments and Industrial Applications, IIEE Communications 1999:4, Lund University.

Biemans, W.G. 1994. Internal and External Networks in Product Development – A Case for Integration. Second Workshop 'Meeting the Challenges of Product Development', 7-10.5.1994. Manchester, UK.

Bijker, W. and Law, J. (Eds) 1992. Shaping Technology/Building Society, Studies in Sociotechnical Change, MIT Press.

Blazejczak J., Edler, D., Hemmelskamp, J., Jänicke M. 1999. To be published in Klemmer, P. (ed.) Innovation effects on Environmental Policy Instruments, Berlin: Analytica.

Blumberg, J., Blum, G. and Korsvold, Å, 1996. Environmental Performance and Shareholder Value, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

BMBF 1998. Facts and Figures 1998. Report of the Federal Government on Research. Abridged Version. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Bonn.
<http://www.faktenbericht.bmbf.de/english/index.htm>

CEFIC 1998. Product Stewardship. Responsible Care for Business. European Chemical Industry Council. March 1998.

Christainsen, G. and Haveman, R. 1981. Public Regulations and the Slowdown in Productivity Growth, American Economic Review.

Crul, M. and Schnitzer, H. 1998. Asia Eco-Best Preparatory Roundtable, Transferring European Cleaner Industrial Technology to Asia: The Role of Cleaner Technology Centres, Background Paper, 27 October 1998, Lisboa, Portugal.

Denison, E. 1979. *Accounting for Slower Economic Growth*, the Brookings Institution, Washington DC, 1979.

Ditz, D., Ranganathan, J. Banks, R.D. 1995. *Green Ledgers: Case Studies in Corporate Environmental Accounting*, A World Resources Institute Book.

Dosi, G. 1988. The Nature of Innovation Process. Teoksessa: Dosi et al. 1988 *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, 221–238.

Environmental High-Technology From Finland, Mexpert Consulting Engineers, Ministry of the Environment, 1987.

EPA 1994. *Technology Innovation Strategy of the United States Environmental Protection Agency*. External Discussion Draft. January 1994.

Fischer, K. And Schot, J. (Eds) 1993. *Environmental Strategies for Industry*, Island Press.

Foray, D. and Freeman, C. (Eds) 1993. *Technology and Wealth of Nations, The Dynamics of Constructed Advantage*, Pinter Publishers, Published in Association with the OECD.

Foster, C. and Green, K. 1999. *Greening the Innovation Process*, Greening of Industry Network Conference, Paper presented in the Eight International Greening of Industry Network Conference, Chapel Hill, North Carolina, Nov. 14-17, 1999.

Freeman, C. 1992a. *Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues*, in *The Economics of Hope, Essays on Technological Change, Economic Growth and the Environment*, Pinter Publishers, 93–120.

Freeman, C. 1992b. *A Green Techno-Economic Paradigm for the World Economy*, in *The Economics of Hope, Essays on Technological Change, Economic Growth and the Environment*, Pinter Publishers, 190–211.

Freeman, C. 1987. *Technology Policy and Economic Performance, Lessons from Japan*, Pinter Publishers.

Freeman, C. and Soete, L. 1999. *The Economics of Industrial Innovation, Third Edition*, PINTER.

Gielen, D., Van Dril, A. 1997. The Basic Metal Industry and its Energy Use. Prospects for the Dutch Energy Intensive Industry. ECN-C-97-019.

Gielen D. 1999. Materialising Dematerialisation. Integrated Energy and Materials Systems Engineering for Greenhouse Gas Emission Mitigation. ISBN 90-5155-008-1.

Graedel, T.E. and Allenby, B.R. 1995. Industrial Ecology, AT&T, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, New Jersey 07632.

GRI 1999. Sustainability Reporting Guidelines – Exposure Draft for Public Comment and Testing. Global Reporting Initiative. (Downloaded from the Internet)

Hamel, G. And Prahalad, C.K. 1994. Competing for the Future, HBS, Boston.

Heaton, G., Banks, D. 1995. An Innovation Driven Environmental Policy. Issues in Science and Technology, Fall.

Heaton, G. 1997. Environmental Policies and Innovation: An Initial Scoping Study. Report Prepared for the OECD Environment Directorate and Directorate for Science, Technology and Industry.

Heiskanen, E., Kärnä, A., Lovio, R. 1995. Improving the Environmental Quality of Products: The Roles of Consumers, Business and Public Policy. Kuluttajatutkimuskeskus. Keskustelualoitteita 18/1995.

Heiskanen, E., Timonen, P. 1996. Ympäristötieto ja kulutusvalinnat. Osa 2. Informaatio-ohjauksen vaikuttavuus ja kohderyhmät. Kuluttajatutkimuskeskus, Työselosteita ja esitelmiä 24/1996.

Hemmelskamp 1997. Environmental Policy Instruments and Their Effects on Innovation. Journal of European Planning Studies, Vol. 5, No. 2.

Hernesniemi, H., Lammi, M., Ylä-Anttila, P. 1995. Kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus, ETLA, B 105, Sitra 145, Taloustieto Oy, Helsinki.

Hernesniemi, H., Viitamo, E. 1999. Suomen energiaklusterin kilpailuetu. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. Sarja B 154. Taloustieto Oy. 356 s. ISBN 951-628-297-0.

Hildén, M., Mickwitz, P., Luoma, P., Kiviluoto, A., Sjöblom, S., Mulders, A., Vedung, E. 1999. Evaluation of the Effects of Public Policy Instruments on Environmental

Know-how and Technology - Pilot Study Report. Finnish Environment Institute, Swedish School of Social Science, Univ. of Helsinki, Uppsala University.

Hillary, R., and Thorsen, N. 1999. Regulatory and Self-Regulatory Measures as Routes to Promote Cleaner Production, *Journal of Cleaner Production*, Volume 7, Issue 1, February 1999, pp. 1-11.

Hippel, von, Eric 1988. *The Sources of Innovation*, Oxford University Press.

Hollo, E.J. 1998. *Johdatus ympäristöoikeuteen*, Kauppakaari Oy, Lakimiesliiton Kustannus.

Hongisto, M., Heikkinen, A., Soimakallio, H., Järvinen, P. 1998. Sähköntuotantovaihtoehtojen ulkoiset ympäristökustannukset päätöksenteon apuna. *Energia-alan keskusliitto Finergy*, tutkimusraportti nro 4. Helsinki 1998. ISBN 952-440-003-0. 361 s.

HS 1999. "Modernin maailman valloittaja" ABB:n pääjohtaja Göran Lindahlin haastattelu Helsingin Sanomiin 12.9.1999, s. E1.

Huhtinen, J. 1997. *Yritys ja ympäristö – toimintamalli kone- ja metallituoteteollisuudelle*, MET Kustannus.

Johansson, A. 1997. *Tankar kring baklängesfabriken*, Julkaisematon muistio, VTT Kemiteknik.

Katsaus 2000. *Tiedon ja osaamisen haasteet*. Valtion tiede ja teknologianeuvosto, Helsinki 2000.

Katz, C., Hennen, L., Krings, B-J. 1997. *Monitoring "Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung" Sachstandsbericht*. TAB Arbeitsbericht Nr. 50. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

Kemp, R. 2000. *Technology Effects of Environmental Policy – An Overview of the Effects of Past Policies and Suggestions for Improvement*, Abstract in OECD 2000, 6.

Kivisaari, S. and Lovio, R. (Eds.) 1996. *Bright Ideas? Environmental Management in Finnish Perspectives*, Helsinki School of Business Administration, B – 164.

Kivisaari, S. and Lovio, R. 1996. *Greening of Management and Technology Studies*, teoksessa Kivisaari, S. and Lovio, R. (Eds.), 11-26.

Kivisaari, S., Lovio, R. and Pesonen, S. 1996. Old Large Energy Technology Corporations as Innovators and Developers of New Environmentally Sound Technologies – Driving Forces, Managerial Motivations and Strategies, teoksessa Kivisaari, S. and Lovio, R. (Eds.), 197-217.

Knight, W.A. 1998. Disassembly Analysis of Consumer Products, in Klosterman and Tukker (Eds), 81–93.

Kuhlmann, S. and Meyer-Krahmer, F. 1995. Practice of Technology Policy in Germany - Introduction and Overview, in Evaluation of Technology Policy Programmes in Germany, Ed. by G. Becher and S. Kuhlmann, Kluwer Academy Publishers, 3–32.

Kuusi, O. 1994. Materiaalit murroksessa, VATT Publications.

KTM 1980. Säästävän teknologian toimikunnan mietintö, Komiteamietintö 1980:33, Valtion painatuskeskus, Helsinki.

KTM 1993. Kansallinen teollisuusstrategia, Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 1/1993, Tampere.

KTM 1994. Energiatehokkaampien teknologioiden kaupallistaminen. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 75/1994.

KTM 1995a. Ekoviennin teoria. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 6/1995.

KTM 1995b. Energiateollisuus ja ekovienti. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 8/1995.

KTM 1995c. Ympäristötekniikan vienti. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 8/1995.

KTM 1995d. Suomen ekoviennin mahdollisuudet, Komiteamietintö 1995:3, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Painatuskeskus.

Lemola, T., Lovio, R., Loikkanen, T., Miettinen, R., Vuorinen, P. 1990. Teknologiatutkimus Suomessa, TEKES, Publication 24/90, Helsinki.

Leone, F. ja Hemmelskamp, J. 1998. The Impact of EU-Regulation on Innovation of European Industry. Papers presented at the Expert Meeting on 'Regulation and Innovation' Sevilla, 18.-19. Jan 1998.

Lievonen, J. 1996. Kansainvälisiä tekniikan kehitysarvioita. Espoo, VTT Teknologian tutkimusryhmä, Työpapereita No 26/96.

Loikkanen, T. 1999. Innovation System and Sustainable Development – Towards an Innovation Driven Development Path, in Schienstock, G. And Kuusi, O. (Eds) Transformation Towards Learning Society, The Challenge for a Finnish Innovation System, SITRA 213, Helsinki, 356-376.

Loikkanen, T. ja Thun, R. 1999. Towards A Comprehensive Energy and Environmental Approach and its Consequences to Research and Development, SIHTI 2, Energy and Environmental Technology, Final Report, Tekes and VTT, Eds. R. Thun and M. Korhonen, Espoo 1999, 23 – 26.

Loikkanen, T. and Seppälä, E-O. 1994. Towards A Social Orientation in Finnish Technology Policy, in Aichholzer, G. and Scienstock, G. (Eds.), Technology Policy, Towards an Integration of Social and Ecological Concerns, Walter de Gruyter, Berlin.

Loikkanen, T., Mälkki, H., Virtanen, Y., Katajajuuri, J-M, Seppälä, J., Lievonen, J., Reinikainen, A. 1999d. Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena – nykytila ja kehittämistarpeet. Teknologiakatsaus 68/99. Tekes, Teknologian kehittämiskeskus. ISBN 951-53-1432-1.

Lundvall, B-Å. 1992. (Ed) National Systems of Innovation, Towards Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter Publishers.

Meadows, D. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development 1998. A Report to the Balaton Group.

Meyer-Krahmer, F. (ed.). 1998. Innovation and Sustainable Development – Lessons for Innovation policies. Technology, Innovation and Policy. Series of Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI). Physica-Verlag. ISBN-3-7908-1038-X.

Miettinen, R., Lehenkari, J., Hasu, M., Hyvönen, J. 1999. Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkoissa. Tutkimus kuudesta suomalaisesta innovaatiosta. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra (Sitra 226). Taloustieto Oy. 218 s.

Mont, O. 2000. Product-Service Systems, Final Report, AFR-report 288, IIIIEE, Lund University, Swedish Environmental Protection Agency.

Mäenpää, I., Juutinen, A. 2000. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö Suomessa, yhteenveto. Oulun yliopisto, Thule-Insituutti. Ekotehokas Suomi projekti. Osaraportti 1. 29.2.200.

Mälkki H., Hongisto M., Turkulainen T., Kuisma J., Loikkanen T. 1999. Vihreän energian kriteerit ja elinkaariarviointi energiatuotteiden ympäristökilpailukyvyyn arvioinnissa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT tiedotteita 1974. Espoo 1999.

Nelson, R.R. and Rosenberg, N. 1993. Introduction in Nelson (Ed) 1993.

Nelson, R.R. 1981. Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures, Journal of Economic Literature, Vol. XIX, 1029 – 1064.

Nelson, R.R. (Ed) 1993. National Innovation Systems, A Comparative Analysis, Oxford University Press.

NNEP 1, 1989. National Environmental Policy Plan. To Choose or to Lose. Bilthoven Netherlands: RIVM.

NNEP 3, 1999. National Environmental Policy Plan 3 (NNEP3) Cabinet of Netherlands. VROM. http://www.minvrom.nl/environment/environmental_programme/411.htm.

NIES 1999. The Basic Environment Plan. National Institute for Environmental Studies, Government of Japan. <http://www.nies.go.jp/english/lib-e/bplan-e/coverpg.html>

Niskanen, P., Eela, R. , Hälikkä, S. ja Luukkonen, T. 1998. Suomalaiset EU:n tutkimuksen neljännessä puiteohjelmassa. Suomen EU-T&K-sihteeristö ja VTT:n Teknologian tutkimuksen ryhmä. Tekes Kansainvälisten verkostojen raportti 3/1998, Helsinki.

Niva, M., Heiskanen, E., Timonen, P. 1996. Ympäristöinformaatio kuluttajan päätöksenteossa. Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisu 11/1996.

Noci, G., and Verganti, R. 1999. Managing 'Green' Product Innovation in Small Firms, R&D Management 29, 1, Blackwell Publishers Ltd.

NORD 1995. Nordic Council of Ministers. Sustainable Patterns of Consumption and Production. TemaNord 1995:588, Denmark.

NSTC. 1995. A Bridge to a Sustainable Future - National Environmental Technology Strategy. National Science and Technology Council (NSTC). USA. <http://www.gnet.org/filecomponent/2341.html>

NSTC. 1994. Technology for a Sustainable Future – A Framework for Action. National Science and Technology Council (NSTC). USA.

<http://www.gnet.org/filecomponent/2472.html>

OECD 1985. Future Directions for Environmental Policies, Issue Paper, Session 8, International Conference on Environment and Economics 18th-21st June, 1984.

OECD 1992. The Polluter Pays Principle. OECD Analyses and Recommendations. Environmental Directorate. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris 1992.

OECD 1996. The Global Environmental Goods and Services Industry, Paris, Jan. 1996.

OECD 1997. Evaluating Economic Instruments for Environmental Policy, OECD, Paris.

OECD 1998. Environmental Policies in Finland, OECD, Paris.

OECD 1999a. Technology and Environment: Towards Policy Integration. DSTI/STP(99) 19/Final. Directorate for Science, Technology and Industry. Committee for Scientific and Technological Policy .

OECD 1999b. Extended and Shared Forthcoming Producer Responsibility – Framework Report, OECD.

OECD 2000. Workshop on Innovation and The Environment, 19 June 2000, DSTI/STP/TIP/AH(2000)1.

Ormala, E. 1998. Innovation and Sustainable Development – Lessons for Innovation policies, in: Meyer-Krahmer, F. (ed.), 173-183.

OTA 1994a. Industry, Technology, and the Environment: Competitive Challenges and Business Opportunities, U.S Congress, Office of Technology Assessment, OTA-ITE-586 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, January 1994).

OTA 1994b. Perspectives on the Role of Science and Technology in Sustainable Development, U.S Congress, Office of Technology Assessment, OTA-ENV-609 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1994).

OTA 1995a. Innovation and Commercialization of Emerging Technology, U.S Congress, Office of Technology Assessment, OTA-BP-ITC-165 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1995).

OTA 1995b. Environmental Policy Tools: A User's Guide, U.S Congress, Office of Technology Assessment, OTA-ENV-634 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1995).

OTP 1998. Meeting the Challenge: U.S. Industry Faces the 21st Century. The U.S. Environmental Industry. Executive Summary. U.S. Department of Commerce, Office of Technology Policy. <http://www.ta.doc.gov/>.

PCSD 1999. President's Council On Sustainable Development.
<http://www.whitehouse.gov/PCSD/index.html>

Peattie, K. and Charter, M. 1997. Green Marketing, in Green Management, 388-412.

Pohjola, T. 1999. Environmental Modelling System – A Framework for Cost-Effective Environmental Decision-Making Processes. Johtamistaidon opisto. Femdi Research Series No 12. (Doctoral Dissertation). 258 p.

Porter, M.E., Van der Linde, C. 1996. Vihreä yritys on kilpailukykyinen: Miten sitoa yhteen ympäristötekijät, resurssien tuottavuus, innovaatiot ja kilpailukyky. Yritystalous 4/96. s. 45-58. (Porter, M. and van der Linde, C. 1996 Green and Competitive: Ending the Stalemate, in Business and the Environment, The Earthscan Reader, Ed. by R.Welford and R.Starkey, Earthscan Publications Ltd.)

Powell, W.W. 1990. Neither Market Nor Hierarchy: Network Forms of Organization. In Staw, B.M. and Gummings, L.L. (Eds.) Research in Organizational Behavior 12, 295-336.

Progress Through... 1995. Progress Through Partnership 11: Agriculture, Natural Resources and Environment, Office of Science and Technology, Technology Foresight Publications, 4/95.

Pänkäläinen, M. (toim.) 1988. Tuokiokuvia IVOn ympäristönsuojelusta. Imatran Voima Oy:n Konserniviestintä ja IVOn ympäristönsuojeluyksikkö. 79 s.

Rabl A. 1995. Discounting of long term costs: What would future generations prefer us to do? Appendix B. in Environmental impacts and their costs: the Nuclear and Fossil Fuel Cycles. External Costs of Fuel Cycles: Implementation of the Accounting Frame-

work in France. Contract JOU2-CT92-0236. European Commission DGXII, version 2.0.

Raiski, S. 1993. Käytännöt, teknologinen varanto ja tutkimus. Tampereen yliopisto. Yhteiskuntatieteen tutkimuslaitos. Julkaisuja 4/1993.

Roberts, E. 1991. *Entrepreneurs in High Technology*, Oxford University Press.

Rouvinen, P. 1994. Energian niukkuudesta teknologian vientiin, Energiaklusterin kilpailukyky, ETLA B 93, Helsinki 1994.

Schmidheiny, S. and Zorraquin, F.J.L, with the World Business Council for Sustainable Development 1998 *Financing Change, The Financial Community, Eco-Efficiency, and Sustainable Development*, The MIT Press.

Schmidt-Bleek, F. 2000. (kääntänyt/editoinut Michael Lettenmayer) *Luonnon uusi laskuoppi. MIPS - ekotehokkuuden mittari*. Gaudeamus, Helsinki. 311 s.

Schot, J. 1992. The Policy Relevance of the Quasi-Evolutionary Model: The Case of Stimulating Clean Technologies, in *Technological Change and Company Strategies*, Ed. by Coombs, R., Saviotti, P. and Walsh, V., 185-200.

Spangenberg, J.H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz 1997. *Material Flow based Indicators in Environmental Reporting. A Report for the EEA's Expert Corner*, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, October 1997.

Steger, U. 1993. The Greening of the Board Room: How German Companies Are Dealing with Environmental Issues. In: *Environmental Strategies for Industry – International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, 147-166.

Säästävä ja vähän pilaava teknologia 1985. Insinööritoimisto Mexpert, Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto A:33, 1985.

TEKES 2000. *Teknologian kehittämiskeskus, Vuosikertomus 1999*.

UNEP 1992. *Extended Producer Responsibility as a Strategy to Promote Cleaner Products*. Invitational Expert Seminar, Trolleholm Castle, Sweden. Arranged by Dept of Industrial Environmental Economics, Lund. UNEP IE/PAC Cleaner Production Programme. 122 p.

- UTILISE 1990. Innovaation onnistuminen. Teollisuuden innovaatiostrategia – Tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksellisuus. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto (SETELI), UTILISE -projekti. ISBN 951-817-484-9. 322 s.
- Utterback, J.M. 1994. *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press.
- VN 1984. Teknologiapoliittisen toimikunnan raportti, Valtioneuvoston kanslian monisteita 1984:1.
- VN 1996. Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta. Valtion tiede ja teknologianeuvosto, Helsinki 1996.
- Vuori, S. 1993. Tahattomat teknologiavirrat Suomen teollisuudessa. Discussion Papers, 443. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy (in Finnish).
- Vuori, S. 1994a. R&D, Technology Diffusion and Productivity in Finnish Manufacturing. Discussion Papers, 504. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy.
- Vuori, S. 1994b. Tutkimuspanostus, teknologian diffuusio ja tuottavuuden kehitys Suomen teollisuudessa. Series C 65. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy (in Finnish).
- Vuori, S. 1997. Technology Sources and Competitiveness – An analysis of Finnish Industries Series B 138. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy.
- Watanabe, C., Santoso, I. And Widayanti, T. 1991. *The Inducing Power of Japanese Technological Innovation*, Pinter Publishers, London.
- Weizsäcker, E. Von, Lovins, A.B. and Lovins, L.H. 1998. *Factor Four, Doubling Wealth, Halving Resources, The New Report to The Club of Rome*, EARTHSCAN, London.
- Welford, R. and Starkey, R. (Eds.) 1996. *The Earthscan Reader in Business and the Environment*, Earthscan Publications Ltd, London.
- White, A., Becker, M., Goldstein, J. 1991. *Total Cost Assessment: Accelerating Industrial Pollution Prevention through Innovative Project Financial Analysis. With Applications to the Pulp and Paper Industry*. Tellus Institute, Boston MA.

Weaver, P., Jansen, L., Van Grootveld, G. Van Spiegel, E., Vergragt, P. 2000. Sustainable Technology Development. ISBN 18-747-1909-8. 304 s.

Womack, J.P, Jones, D.T, and Roos, D. 1990. The Machine That Changed the World, Rawson Associates, New York.

YM 1986. Investointipäätös säästävän ja vähän pilaavan teknologian käyttöönotossa. Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto. Sarja A, 47/1986.

YM 1999. Ympäristöklusterin tutkimusohjelman web-osoite:
<http://www.vyh.fi/tutkimus/ohjelma/klusteri/index.htm>

YM 2000. Suomen kestävä kehityksen indikaattorit 2000
(<http://www.vyh.fi/poltavo/keke/indikaat>)

Muuta aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta

AAAS 1999. Science and Technology for the Nation: Issues and Priorities for the 106th Congress. Views from the Science and Technology Community on the House Science Committee's Report Unlocking Our Future: Toward a New National Science Policy. Results of a symposium held December 16, 1998. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Washington DC.

Ashford, N.A. 1993. Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy, in: Environmental Strategies for Industry, Ed. by K.Fisher and J.Schot, Island Press, 277-307.

Ashford, N.A. 1994. An Innovation-Based Strategy for the Environment, in: Worst Things First, The Debate Over Risk-Based National Environmental Priorities, Ed. by A.M. Finkel and D. Golding, Resources for the Future, Washington, D.C, 275-314.

BC 1998. Survey of Environmental Products and Services. Prepared for The Environmental Protection Agency and U.S. Department of Commerce by the Bureau of the Census (BC).

Brooks, H. 1992. Sustainability and Technology, Workshop 2. Science, Technology & Public Policy Program. John F. Kennedy School of Government, Harvard University, Cambridge, MA, USA. IIASA '92 An international conference on the Challenges to Systems Analysis in the Nineties and Beyond.

CAN 1994. A Strategy for the Canadian Environmental Industry. Published by Industry Canada and Environment Canada. ISBN 0-662-61356-2.

Cramer, J. and Schot, J. 1993. Environmental Comakership Among Firms as a Cornerstone in the Striving for Sustainable Development, Ed. by K. Fischer and J. Schot, 311-328.

EC 1998. Workshop on Integrated Product Policy. Brussels, 8 Dec. Programme & Book of Abstract. European Commission DGXI. 1998.

EC 1996. Overview of energy RD&D options for a sustainable future. European Commission, DGXII. EUR 16829 EN. ISBN 92-827-6359-5.

EC 1999. IPPC-directiivi: (<http://eippcb.jrc.es/pages/FAbout.htm>)

Elliott, R.N., Pye, M. Investing in Industrial Innovation: A Response to Climate Change. Energy Policy, Vol. 26, No 5. pp. 413-423. 1998.

EPA 1998. Stakeholder Attitudes on the Barriers to Innovative Environmental Technologies. United States Environmental Protection Agency. EPA 236-R-98-001.

Forström, B., Kautonen, M., Toivonen, J. 1997. Innovatiivisten pk-verkostojen menestyskijät. Teknologia katsaus 55/97. TEKES, Teknologian kehittämiskeskus. ISBN 951-53-0769-4.

Gabolde, J. 1988. Systemic Indicators – New Challenges for Indicators in science and Technology Policy-Making: A European View. Research Evaluation, Aug. 1998, pp. 99-104.

Green Management, A Reader 1997. Eds. P. McDonagh and A. Prothero, The Dryden Press.

Heikkilä-Laakso, K., Heikkilä, J. 1997. Innovatiivisuutta etsimässä. Irtiottoa keskinkertaisuudesta. Turun opettajankoulutuslaitos. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, julkaisusarja B:57.

Hernesniemi, H., Hongisto, M., Linnanen, L., Loikkanen, T., Luoma, P. 1999. Kiotosopimus ja yritykset. Esitutkimus strategioista. 7.9.1999. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. Keskusteluaiheita No. 685. ISSN 0781-6847.

Kemp, R. 1993. An Economic Analysis of Cleaner Technology: Theory and Evidence, in Fischer and Schot (Eds), 79-113.

Klostermann, J. and Tukker, A. (Eds.) 1998. Product Innovation and Eco-Efficiency. Twenty-three industry efforts to reach the Factor 4. Eco-efficiency and Industry, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-4761-7. 296 p.

Kuisma, M. Sustainable Development in the Finnish Science and Technology Policy. VTT group for technology studies.

KTM 1997a. Suomen energiastategia, Valtioneuvoston energiapoliittinen selonteko. 3.6.1997. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 5/1997.

KTM 1997c. Tiellä teknologiavisioon. Suomen teknologian tarpeita ja mahdollisuuksia. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 12/1997.

KTM 1997. Production, Products and Consumption Patterns in Sustainable Development, Ministry of Trade and Industry, Ad Hoc Committee Reports 7/1997.

Loikkanen, T., Hongisto, M., Tulenheimo V. 1999. Towards Innovation-Driven Environmental Sustainability – Hypotheses for Case Studies on Pulp and Paper and Energy Industries. VTT Chemical Technology. Paper presented for the Eight International Greening of Industry Network Conference, Chapel Hill, North Carolina, Nov. 14-17, 1999.

Lahti-Nuuttila, K. 1998. Suomalaisen paperi- ja selluteollisuuden ympäristöstrategiaan vaikuttavia tekijöitä. Helsinki, ETLA Keskusteluaiheita 646.

Lovins, A., Lovins, L. & Hawken, P. 1999. A Road Map to Natural Capitalism. Harvard Business Review. May/June 1999.

Määttä, K. 1999. Taloudellinen ohjaus ympäristönsuojelussa. Helsingin yliopisto. Yliopistopaino. ISBN 951-570-431-6. 289 s.

NORD 1995b. Nordic Council of Ministers. Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Nord 1995:20, Denmark.

Pearce, D. and Turner, K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment, Harvester Wheatsheaf.

Soete, L. and Kemp, R. 1990. Inside the 'Green Box' on the Economics of Technical Change and the Environment, 245-257, in *New Explorations in the Economics of Technological Change*, Ed. by C.Freeman, Pinter Publishers.

TAB. 1999. TA-Project: "Research and Technology Policy for A Sustainable Development". Description. TAB - Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. <http://www.tab.fzk.de/engl/projekte/Naforpo.htm>

The U.S. Environmental Industry, 1997. *Meeting The Challenge: U.S. Industry faces the 21st Century*.

UBA. 1997. *Umweltschutz und Beschäftigung – Brückenschlag für eine lebenswerte Zukunft*. Umweltbundesamt, Berlin. 160 pp.

Umweltbundesamt 1994. *Environmental Protection – an Economic Asset. Seven arguments for not setting a lead in environmental protection ... and what we think of them*. Federal Environmental Agency, Environmental Economics Section. Berlin. 128 p.