

Keskusteluaiheita - Discussion papers

No. 329

Pirkko Kasanen

**ENERGIAN SÄÄSTÖ YMPÄRISTÖHAITTOJEN
VÄHENTÄMISKEINONA, PÄÄTÖKSENTEKO-
KEHIKKO ENERGIAN YMPÄRISTÖHAITTOJEN
VÄHENTÄMISKEINOJEN VERTAILUUN**

This series consists of papers with limited circulation intended to stimulate discussion. The papers must not be referred to or quoted without the authors' permission.

KASANEN, Pirkko, ENERGIAN SÄÄSTÖ YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISKEINONA, PÄÄTÖKSENTEKÖKEHIKKO ENERGIAN YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISKEINOJEN VERTAILUUN. Helsinki : ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1990. 41 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 329).

TIIVISTELMÄ: Selvityksen tavoitteena on esitellä periaatteellinen kehikko, jolla voidaan arvioida mm. energian käytön vähentämistä ympäristöhaittojen rajoituskeinona. Selvitys jäsentyy päättämisprosessin vaiheiden mukaan. Päätöstilanteen taustana on pyrkimys rajoittaa energian tuotannon ja käytön haitallisia päästöjä. Muutkin keskeiset tavoitteet asetetaan, jotta verrattavien vaihtoehtojen kaikkia hyötyjä ja haittoja voidaan arvioida. Vaihtoehtoisia keinoryhmiä ovat puhdistus- ja polttotekniikka, polttoaineen vaihtaminen, energian tuotannon ja käytön tehostaminen, (energian) kulutuksen supistaminen ja talouden rakenteen muuttaminen. Näiden sisältämien teknisten ratkaisujen vertailemiseksi on arvioitava, min-käläisiin tulevaisuudennäkymiin eri vaihtoehdot johtaisivat. Sitten edetään toteamaan, mitkä vaihtoehdot toteuttavat annettuja tavoitteita tehokkaasti, ja tavoitteiden painottamisen kautta arvostamaan tulevaisuudennäkymiä. Arvostukset vaihtelevat henkilöiden ja ryhmien välillä. Päätöksen valinta ja toteuttaminen sekä tiedon kerääminen toteutetun päätöksen seurauksista ovat prosessin viimeisiä vaiheita.

ASIASANAT: Energian säästö, ympäristöhaitat, päätöksentekokehikko

KASANEN, Pirkko, ENERGIAN SÄÄSTÖ YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISKEINONA, PÄÄTÖKSENTEKÖKEHIKKO ENERGIAN YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISKEINOJEN VERTAILUUN. Helsinki : ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1990. 41 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 329).

ABSTRACT: The purpose of this study is to introduce a framework within which we can assess energy conservation as a means to reducing pollution, a.o.t. The study is organized according to the steps of a decision making process. The decision situation stems from the intention to reduce energy related pollution. Other essential goals will have to be set, too, so that all the costs and benefits of the alternative means can be assessed. The set of alternative means includes groups like cleaning and burning techniques, changing fuels, improving energy efficiency, reducing energy consumption and changing the structure of the economy. In order to compare all the technical solutions we have to predict the future developments resulting from each solution. Subsequently we have to find out which solutions further our goals efficiently. After weighing the goals according to the preferences of different people we can find out which alternative techniques lead to preferred futures. The different preferences may lead to conflicting conclusions as to the ranking of the alternatives. The choice of the decision, carrying it out and collecting information on its impacts are the final stages of the decision process.

KEY WORDS: energy conservation, pollution, decision making framework

ALKUSANAT

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen projektitutkimusyksikössä (ETLA-TIETO Oy) on Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) toimeksian-
nosta laadittu periaatteellinen päätöksentekokehikko energian
ympäristöhaittojen vähentämiskeinojen vertailuun. Erityisenä
mielenkiinnon kohteena on energian säästö ympäristöhaittojen
vähentämiskeinona.

Tutkimus on osa 10-12 selvityksen kokonaisuudesta, ns. Säästöpro-
jektista, jota Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) koordinoi
Säästöprojektille asetetun johtoryhmän valvonnassa. Tutkimusta
edeltää saman tekijän laatima selvitys Energian säästön määritte-
ly, joka on myös Säästöprojektin osa.

Tutkimusta on ohjannut projektiryhmä, johon ovat kuuluneet dipl.
ins. Arto Lepistö VTT:sta Säästöprojektin edustajana, FM Jaakko
Ojala KTM:stä, toim. joht. Juha Ahtola ETLATIETO Oy:stä, toim.
joht. Pentti Vartia Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksesta (ETLA) ja
KTL Pekka Ylä-Anttila ETLasta. Selvityksen on laatinut PhD Pirkko
Kasanen. Tekijä haluaa kiittää hyödyllisistä keskusteluista ja
muutosehdotuksista projektiryhmän jäsenten lisäksi myös Alec
Estlanderia ja Yrjö Vartiää. Tuloksista vastaa selvityksen laati-
ja.

Helsinki, toukokuu 1990

SISÄLLYS

1.	Johdanto	1
2.	Päätöstilanteen tutkiminen ja tavoitteiden asettelu	4
2.1.	Päätöstilanne	4
2.2.	Tavoitteiden asetanta	5
3.	Päätösmahdollisuuksien selvittäminen	8
4.	Päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuuden- näkömien muodostaminen	14
4.1.	Seurausten vertailun ongelmia	14
	1. Mittaaminen ja yhteismitallistaminen	
	2. Vaikutusten kohdistuminen ja jakautuminen	
	3. Alueelliset piirteet	
	4. Riskeihin suhtautuminen	
4.2.	Päätösvaihtoehtojen seuraukset	20
	1. Vaikutukset ympäristöön ja terveyteen	
	2. Taloudelliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset	
	Kustannukset	
	Työllisyysvaikutukset	
	Vaikutukset ulkomaankauppaan	
	Vaikutukset energiahuollon varmuuteen	
	Kuluttajien saama hyöty	
	Muut yhteiskunnalliset vaikutukset	
5.	Päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuudenkuvien arvostaminen ja vertailu	28
6.	Päätöksen toimeenpano ja seuranta	32
7.	Yhteenveto ja johtopäätökset	33
	Kirjallisuus	39

Pirkko Kasanen

ENERGIAN SÄÄSTÖ YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISKEINONA

Päätöksentekokehikko energian ympäristöhaittojen vähentämiskeinojen vertailuun

1. JOHDANTO

Viime aikoina Suomessa on tehty noin kerran vuosikymmenessä laaja- ja selvityksiä ja mietintöjä energiapoliittisten päätösten valmistelemiseksi. Äskettäin on valmistunut Energiakomitean työ (Komiteamietintö 1989:11), ja Kauppa- ja teollisuusministeriössä valmistellaan parhaillaan kansallista energias strategiaa. Mm. energian säästön eri näkökohtia tutkitaan energias strategian taustaksi. Tätä selvitystä edeltää energian säästön käsitteen määrittelyä koskeva selvitys, jossa energian käytön vähentäminen jaettiin kolmeen osatekijään: energiaa käyttävien toimintojen vähene- miseen, energian käytön tehostumiseen ja talouden rakennemuutoksen energiavaikutuksiin (Kasanen 1990).

Käsillä olevan selvityksen tavoitteena on esitellä periaatteel- linen kehikko, jolla voidaan arvioida energian käytön vähentämistä ympäristöhaittojen vähentämiskeinona. Sen avulla voidaan ottaa huomioon toisaalta energian käytöstä aiheutuvat ympäristöhaitat, sekä toisaalta energian käytöstä saadut hyödyt että ympäristöhait- tojen vähentämisen sivuvaikutukset.

Pyrittäessä rajoittamaan mm. rikki-, typen oksidi- ja hiilidiok- sidipäästöjä energian tuotanto ja käyttö ovat keskeisessä asemas- sa. Rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen rajoittamisesta on jo joitakin päätöksiä. Hiilidioksidipäästöjen rajoittamisen tavoitteet ovat vielä kansainvälisten neuvottelujen aiheena. Keinojen valikoima puolestaan on suppeampi kuin muiden päästöjen tapauksessa.

Kun rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen rajoittamisesta

ensi vaiheessa puhdistus- ja polttotekniikan keinoin on jo päätetty, päähuomio kohdistuu hiilidioksidipäästöihin. Tarkastelukehikko on kuitenkin yleinen, eikä tässä vaiheessa ole mahdollista edetä sovelluksiin, joten toisaalta kehikkoa voidaan käyttää myös muiden päästöjen rajoittamisen arviointiin, toisaalta täsmällisiä hiilidioksidipäästöjen rajoittamista koskevia johtopäätöksiä ei voida tehdä. Kun on kysymys tiettyjen rajoittamiskeinojen edullisuudesta, muiden kyseeseen tulevien keinojen on oltava mukana vertailussa, joten kehikko on myös siltä osin välttämättä yleinen.

Selvityksen yleisenä viitekehyksenä käytetään päättämisprosessin kuvausta, joka Törnqvistin ja Nordbergin (1968) mukaan sisältää seuraavat viisi vaihetta:

1. päätöstilanteen tutkiminen, ts. menneisyyden kuvan terävöittäminen ja sen sisältämän informaation selventäminen
2. eri päätösmahdollisuuksien selvittäminen
3. eri päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuudennäkymien muodostaminen
4. eri päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuudennäkymien arvostaminen ja vertailu
5. päätöksen valinta eri päätösmahdollisuuksista.

Toteuttamisprosessikin jaetaan kahteen osaan: päätöksen varsinainen toimeenpano ja tietojen kerääminen toimeenpannun päätöksen seurauksista (Törnqvist & Nordberg 1968). Nämä tiedot puolestaan palvelevat tulevien päätöksiä valmistelua.

Myös esim. Karjalainen ja Hämäläinen (1989) esittelevät vastaavan viisivaiheisen päätösanalyysin (ks. myös Seppäläinen & Hämäläinen 1986).

Selvityksen luvussa 2 esitellään päätöstilanne energian tuotantoon liittyvien ympäristöhaittojen osalta ja pohditaan yhteiskunnan tavoitteiden asettamisen ongelmia. Tietyn päästön rajoittamistavoitteen lisäksi tarvitaan käsitys yhteiskunnan muista tavoitteista, jotta päästöjen rajoittamisen sivuvaikutuksia voitaisiin arvioida.

Luvussa 3 käsitellään päätösmahdollisuuksia eli niitä vaihtoeht-

toisia energiatalouden keinoja, joilla päästöjä voidaan rajoittaa.

Luvussa 4 käsitellään päätösmahdollisuuksia vastaavia tulevaisuudennäkymiä eli odotettavissa olevia seurauksia ja niiden selvittämistä ja mittaamista. Tarkastelun aluksi tuodaan esiin seurausten vertaamiseen liittyviä ongelmia, jotka liittyvät mittaamiseen, vaikutusten jakautumiseen, alueellisiin piirteisiin ja riskeihin.

Luvussa 5 käsitellään eri päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuudennäkymien arvostamista ja vertailua. Aluksi käsitellään vaihtoehtojen tehokkuutta tavoitteiden saavuttamiskeinoina. Päätösanalyysin keinoja voidaan käyttää tavoitteita koskevien preferenssijärjestysten muodostamiseen niissä tapauksissa, joissa päätösvaihtoehtojen paremmuusjärjestys ei ole ilmeinen päättämisen prosessin edellisten vaiheiden tuloksena. Preferenssijärjestyksen muodostamiseen liittyy hankaluuksia, kun päätöstä tekevillä henkilöillä tai ryhmillä on sellaisia tavoitteiden painotuksia, jotka johtavat ristiriitaan.

Luvussa 6 käsitellään lyhyesti päätöksen toimeenpanoon liittyviä valintoja ja toimeenpanon seuranta, joka joskus johtaa uusien päätöstilanteiden syntymiseen.

Luvussa 7 esitetään yhteenveto ja johtopäätökset.

2. PÄÄTÖSTILANTEEN TUTKIMINEN JA TAVOITTEIDEN ASETTELU

2.1. Päätöstilanne

Tämän selvityksen lähtökohtana on pyrkimys rajoittaa energian tuotantoon liittyviä haitallisia päästöjä. Päästöjen haitallisuus tarkoittaa sitä, että päästöt vahingoittavat luontoa, ihmisten terveyttä ja rakennettua ympäristöä. Näitä vaikutuksia on paljon tutkittu ja niistä on runsaasti tietoa, mutta niihin liittyy myös epävarmuutta ja erimielisyyksiä. Vaikutuksia on käsitelty mm. energiakomitean ympäristö- ja terveysvaikutusten jaoston selvityksessä (KTM 1989b).

Energiakomitean mietinnössä jaotellaan edellämainittuja vaikutuksia aiheuttavat tekijät seuraavasti (Komiteanmietintö 1989:11, 52):

- 1) energiantuotantoketjun maa-alatarpeet¹
- 2) energiantuotantoketjun materiaalit tarpeet
- 3) tuotantoketjun ja energian käytön aiheuttamien haitallisten aineiden päästöt ja jätteet
- 4) onnettomuudet.

Muut lähteet luettelevat käytännöllisesti katsoen samoja vaikutuksia, joskin jäsentely vaihtelee jossain määrin (esim. IEA & OECD 1988, 44; Paldanius 1986, 47-48).

Energiantuotannon ja -käytön keskeisimmät päästöt ovat rikkidioksidi (SO₂), typen oksidit (NO_x), hiukkaset, erilaiset metallit, hiilivedyt ja näistä erityisesti polysykliset yhdisteet (PAC), häkä (CO) ja hiilidioksidi (CO₂) sekä radioaktiiviset aineet. Aineet ovat lähtöisin joko polttoaineesta itsestään (lentotuhka, metallit, radioaktiiviset aineet yms.), polttoaineen normaalista palamisesta (SO₂, CO₂) tai epätäydellisestä palamisesta (CO, hiilivedyt, aldehydrit, orgaaniset hapot, polysykliset aromaattiset yhdisteet), sekä palamisilman typen hapettumisesta (NO, NO₂, N₂O).

¹ joskus luonnonoloiltaan erityisen herkillä alueilla, esim. öljyn ja kaasun etsintä Alaskassa ja Kalifornian rannikolla (IEA & OECD 1988, 44).

(Komiteanmietintö 1989:11.)

Rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen rajoittaminen on ensi vaiheessa päätetty hoitaa päästöjen puhdistustekniikan ja poltto-tekniikan avulla. Päästöjen rajoittamista edelleen selvitetään parhaillaan. Tällöin rajoittamiskeinojen vertailu tulee uudelleen ajankohtaiseksi, koska teknisten keinojen kustannukset nousevat jyrkästi tietyn päästöjen rajoittamistason jälkeen. Tässä selvityksessä kiinnitetään kuitenkin erityistä huomiota hiilidioksidipäästöjen rajoittamismenetelmiin, erityisesti energian käytön vähentämiseen.

2.2. Tavoitteiden asetanta

Päästöjen rajoittamista koskevia päätöksiä, kuten muitakin päätöksiä, ohjaavat yhteiskunnan tai sen jäsenten yleiset päämäärät. Näiden päämäärien toteutuminen riippuu alemmantasoisista, yksityiskohtaisemmista tavoitteista. Päämääriä ja tavoitteita voidaan jäsentää monitasoiseksi hierarkiaksi. Tässä selvityksessä taustana päätöstilanteelle on huoli ympäristön tilasta ja tulevaisuudesta. Yhtenä päämääränä on siis ympäristön suojelu. Siitä voidaan erottaa alemman tason tavoitteina esim. happamoitumisen estäminen ja kasvihuoneilmiön välttäminen ym. Happamoitumisen estämisen alatavoitteina ovat mm. rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen supistaminen, kasvihuoneilmiön alatavoitteisiin kuuluu mm. hiilidioksidipäästöjen supistaminen, joka siis on tässä selvityksessä keskeisenä huomion kohteena. Terveysvaikutukset ja onnettomuusriskit ryhmitellään usein yhteen ympäristövaikutusten kanssa.

Jotta verrattavien vaihtoehtojen muita hyötyjä ja haittoja voitaisiin käsitellä, niihinkin liittyvät tavoitteet on syytä asettaa. Muut tavoitteet voivat liittyä esim. kansantalouden kehitykseen, joka on tärkeä aineellisen hyvinvoinnin ja kulutusmahdollisuuksien kehityksen kannalta (ks. myös Karjalainen & Hämäläinen 1989). Kansantalouden suotuisaan kehitykseen kuuluvat alatavoitteina mm. edullisen sähkön (tai yleensä energian) riittäväyyden varmistaminen, jolla taattaisiin energian käytöstä saatavat hyödyt, ulkomaankaupan tasapaino, pääomaresurssien sitoutumisen ja muiden

kustannuksien minimoiminen sekä työvoiman kysynnän ja tarjonnan tasapainottaminen.

Poliittiset ja yhteiskuntapoliittiset tekijät muodostavat joskus omat tavoiteryhmänsä (Karjalainen & Hämäläinen 1989).

Ensisijainen tavoite, tässä siis hiilidioksidipäästöjen supistaminen, mahdollisesti myös joidenkin muiden päästöjen supistaminen, voidaan asettaa määrällisenä. Muiden tavoitteiden osalta tiedetään toivottu kehityssuunta.

Tavoitteiden asettelussa ei voida päästä yksiselitteiseen ja objektiiviseen tulokseen. Tavoitteista tulee varmasti aina olemaan erimielisyyttä eri ihmisryhmien kesken. Tässä vaiheessa täytyy kuitenkin ottaa mukaan kaikki tavoitteet, jotka tosin voivat olla joidenkin ryhmien mielestä osittain tarpeettomia ja myös keskenään ristiriitaisia. Tavoitteita koskevien erimielisyyksien paljastaminen on eräs analyysin osatavoite. Vaihtoehtojen seurauksia koskeva analyysi selvittää aikanaan osaltaan eri tavoitteiden relevanssia päästöjen rajoittamismenetelmien vertailun tapauksessa - jos eri päätösmahdollisuuksien toteuttaminen ei vaikuttaisi tavoitteen toteutumiseen, ei tavoite ole oleellinen tämän analyysin kannalta.

Käytännössä tavoitteiden asettelu on monimutkainen poliittinen prosessi, jossa kansalaiset, asiantuntijat, poliittiset päättäjät ja virkamiehet toimivat vuorovaikutuksessa. Yhteiskunnan yleisten päämäärien asettaminen on kansalaisten ja heitä edustavien poliitikkojen asia, samoin sen toteaminen, minkälaisia asioita päämäärän ajatellaan sisältävän. Tässä prosessissa mm. tiedotusvälineiden asema on tärkeä. Mitä yksityiskohtaisempiin tavoitteisiin edetään, sitä tärkeämmäksi tulee eri alojen asiantuntemuksen rooli. Asioiden vuorovaikutussuhteista tarvitaan tietoa, jotta tiedettäisiin, minkälaisten alatavoitteiden toteutuminen edistää yleisempien päämäärien saavuttamista. Eri alojen hallinto (ministeriöt) tilaavat ja rahoittavat tutkimusta, jonka tarkoituksena on tuottaa tarvittavaa tietoa. Esimerkiksi ympäristönsuojelupäämäärä on muodostunut pitkän julkisen keskustelun tuloksena. Täsmällisempien tavoitteiden asettaminen edellyttää tietoa siitä, mitkä asiat vaikuttavat ympäristön laatuun. Määrällisiä hiilidi-

oksidipäästöjen rajoittamistavoitteita, jotka ovat esimerkki alimman tason tavoitteista, asetettaneen kansainvälisissä neuvotteluissa lähitulevaisuudessa. Niitä asetettaessa on jo käytettävissä tuloksia lukuisista tutkimuksista, jotka käsittelevät hiilidioksidin vaikutuksia, mutta silti tavoitteet joudutaan asettamaan tietoisena siitä, että tähän mennessä kertynyt tieto ei riitä poistamaan vaikutuksia koskevaa epävarmuutta.

Komiteat toimivat yleensä päätöksentekoa valmistelevina eliminä. Energiakomitea oli siinä mielessä poikkeuksellinen, että sen tehtävään ei kuulunut minkään päätöksen valmistelu. Eksplisiittistä tavoitteenasettelua ei ollut työn lähtökohtana, ei myöskään työn tuloksena. Implisiittisesti komitea kuitenkin pitänee tärkeinä yleisiä tavoitteita, jotka liittyvät ympäristöön ja luontoon, ihmisten terveyteen, talouteen, yhteiskunnallisiin näkökohtiin ja riskeihin, koska näitä aihepiirejä on mietinnössä käsitelty (Komiteanmietintö 1989:11).

Tavoitteiden asetteluun liittyy periaatteellinen ja käytännöllinen ongelma. Periaatteellinen ongelma koskee tavoiteasetteluun osallistumisen mahdollisuutta. Miten saadaan mukaan eri ryhmien tärkeinä pitämät tavoitteet? Käytännöllinen ongelma on miltei käänteinen: miten pystytään pitäytymään oleellisiin tavoitteisiin ja rajaamaan vähemmän tärkeitä tarkastelun ulkopuolelle, jotta päätöksen valmistelun seuraavat vaiheet eivät tulisi liian laajoiksi ja raskaiksi?

3. PÄÄTÖSMAHDOLLISUUKSIEN SELVITTÄMINEN

Energian tuotannon ja kulutuksen päästöjen teknisiä vähentämiskeinoja on ryhmitelty esim. seuraavasti:

- 1) päästöjen puhdistus esim. suodattamalla
- 2) polttotekniikan vaihto
- 3) polttoaineen vaihto (esim. kivihiilen korvaaminen maakaasulla, ydinvoimalla tai uusiutuvilla energialähteillä)
- 4) energian käytön tehostaminen, energian säästö (Kram & Okken 1989b).²

Neljäs kohta voidaan vielä jakaa kulutuksen tason muutoksista, energian tuotannon ja käytön tehostumisesta ja talouden toimialarakenteen muutoksista johtuvaan energian käytön vähenemiseen. Energian säästön määrittelyä ja sen osatekijöitä on käsitelty tarkemmin tätä selvitystä edeltävässä selvityksessä (Kasanen 1990).

Ns. environmental dispatch sisältää edellä esitetyn luokituksen keinoja yhtäaikaan. Environmental dispatch tarkoittaa sitä, että kulloinenkin sähkötehon tarve täytetään käyttäen voimaloita puhtausjärjestyksessä, toisin sanoen jättäen pahimmin saastuttavat voimalat vain kulutushuippujen aikana käytettäväksi (Lovins 1989, Bodlund et al. 1989). Puhtausjärjestyksen laatiminen saattaa joskus tuottaa ongelmia, jos pyritään minimoimaan monenlaisia päästöjä yhtäaikaan.

Jotta voitaisiin arvioida eri päätösmahdollisuuksien vaikutuksia tavoitteiden toteutumiseen, päätösmahdollisuudet tulee määritellä varsin tarkkaan, niin laadullisesti kuin sovellettavan mittayksikön osalta. Mittayksikkönä voitaisiin yleensä pyrkiä käyttämään tietyn päästön vähenemistä esim. 1000 tonnilla suhteessa vertailu-

² Hiilidioksidin vähentämiseksi mainitaan myös hiilidioksidin sitoutumisen lisääminen esim. laajamittaisten metsäistustusten avulla (Federal/Provincial/Territorial Task Force 1989 ja Blok 1989) ja hiilipitoisten materiaalien kierrättäminen (Kram & Okken 1989a). Näitä ei kuitenkaan käsitellä tässä selvityksessä, koska ne eivät kuulu energiasektorin toimialaan.

tasoon, tai prosentuaalisesti, esim. 1 % suhteessa vertailutasoon. Keino 1, päästöjen puhdistus, sisältää valikoiman erilaisten päästöjen puhdistamiseen erilaisissa tilanteissa soveltuvia tekniikoita.

Keino 2, polttotekniikan vaihto, sisältää myös valikoiman polttoteknisiä keinoja eri päästöjen vähentämiseen erilaisissa tilanteissa. Tässä tapauksessa mittayksikkö pitäisi tulkita tietyn polttotekniikan käyttöönotoksi siinä laajuudessa, että kyseinen päästö vähenee 1000 tonnia suhteessa vertailutasoon, tai esim. 1 % suhteessa vertailutasoon.

Keino 3, polttoaineen vaihto, sisältää useita vaihtoehtoja, joilla voidaan korvata joitakin nyt käytössä olevia polttoaineita, yleensä kivihiiltä, mutta periaatteessa muitakin, esimerkiksi öljyä. Vaihtoehtoja ovat esim. maakaasuvoimalat, ydinvoimalat, tuulivoimalat, puupolttoainetta käyttävät voimalat ym. Mittayksikön sovellutus tässä tapauksessa olisi esim. hiilivoimaloiden korvaaminen tietyllä vaihtoehtoisella energialähteellä siinä laajuudessa, että tarkasteltava päästölaji vähenee 1000 tonnia tai esim. 1 % suhteessa vertailutasoon.

Rajoitetaan neljäs keinoryhmä energian tuotannon ja käytön tehostamiseen. Se sisältää silloin hyvin runsaslukuisen ja monimuotoisen valikoiman teknisiä keinoja, joilla tehokkuutta voidaan edistää. Mittayksikkö olisi tietyn tehostuskeinon käyttö siinä laajuudessa, että tarkasteltava päästölaji vähenee 1000 tonnia tai esim. 1 % suhteessa vertailutasoon.

Muodostetaan viides ryhmä energiaa kuluttavien toimintojen supistamisesta. Tässäkin ryhmässä voidaan erottaa monia keinoja, ts. useita toimintoja, joiden supistaminen voisi tulla kysymykseen. Mittayksikön tulkinta tässä keinoryhmässä olisi tietyn toiminnon supistaminen siinä määrin, että tarkasteltava päästö vähenee 1000 tonnia tai esim. 1 % suhteessa vertailutasoon.

Talouden toimialarakenteen muutoksista muodostetaan kuudes ryhmä. Yksittäisten päätösvaihtoehtojen määrittely on melko hankalaa. Tässä tarkoitetaan kuitenkin sitä, että energiasäästötoimien osuus tuotannosta tai kulutuksesta laskee. Mittayk-

sikön sovellus olisi siis toimialarakenteen muuttuminen siinä määrin, että tarkasteltava päästö vähenee 1000 tonnia tai esim. 1 % suhteessa vertailutilanteeseen.

Käytännössä on tarpeen vähentää useita päästöjä yhtäikää, ja tämäkin vaikuttaa keinojen keskinäiseen edullisuuteen. Päästöjen vähentämiskeinojen teknistä soveltuvuutta eri päästöjen rajoittamiseen on kuitenkin helpompi alustavasti käsitellä päästölaji kerrallaan. Karkeiden keinoryhmien soveltuvuutta on arvioitu seuraavasti (yhteenveto taulukossa 1):

Rikkidioksidi. Päästöjen puhdistus ja polttoaineen vaihto ovat ensisijaisia, tekniikan vaihto ja energian käytön tehostaminen ja vähentäminen toissijaisia keinoja (Kram & Okken 1989b). Suomessa valtioneuvoston päätökset raskasta polttoöljyä tai kivihiiltä käyttävien voimalaitosten ja kattilalaitosten rikkidioksidipäästöjen rajoittamiseksi ovat toteutettavissa niukkarikkiseen polttoöljyyn/kivihiileen siirtymällä (keino 3) tai poistamalla rikkiä savukaasuista (keino 1). Kivihiilen yhteydessä mainitaan myös teknologian muutos, leijukerroskattilan käyttö (keino 2). Kivihiilen rikkipitoisuuden rajoittamisesta on erikseen päätös (keino 3). Öljynjalostamoiden rikkiyhdisteiden päästöjä koskevan päätöksen tarkoituksena on vaikuttaa rikin talteenottoasteeseen (keino 1) (Ympäristöministeriö 1988a.) Rikkipäästöjen vähentämisvaatimusten kasvaessa - mitä parhaillaan selvitetään ympäristöministeriössä - teknisten keinojen kustannukset nousevat huomattavan korkeiksi, joten polttoaineen vaihto (keino 3) ja energian käytön määrään liittyvät keinot (4-6) tulevat tärkeiksi.

Typen oksidit. Päästöjen puhdistus ja polttotekniikan vaihto ovat ensisijaisia keinoja, polttoaineen vaihto ja energian käytön tehostaminen ja vähentäminen toissijaisia (Kram & Okken 1989b). Suomessa uskotaan ensisijaisesti polttotekniikan kehittämiseen (keino 2). Tämän keinoryhmän valinta saattaa johtaa ristiriitaan erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteen kanssa. Tiedetyt polttotekniikat nimittäin lisäävät polttoaineen kulutusta ja siten myös hiilidioksidipäästöjä. Tekniikan kehittämiseen saattaa liittyä myös polttoaineen vaihto: hiilipolttoaineen laadulla on merkitystä polttoteknisin keinoin saavutettaviin NO_x-tasoihin, ja maakaasun poltossa polttoteknisten keinojen käyttö on

helpointa (keinot 3 ja 2 yhdessä). Myös savukaasujen puhdistusmenetelmien kehittäminen mainitaan (keino 1). (Ympäristöministeriö 1988b.) Jos kuitenkin päästöjen jäädyttämisen sijasta pyritään esim. 30 % päästöjen vähentämiseen, on jo kustannussyistä todennäköisesti käytettävä energian käytön vähentämiseen liittyviä keinoja (4-6) (Ympäristöministeriö 1989).

Hiilidioksidi. Polttoaineen vaihto ja energian käytön tehostaminen ja vähentäminen ovat ensisijaisia keinoja, puhdistaminen ja polttotekniikan vaihto toissijaisia (Kram & Okken 1989b). Keepin & Kats (1988) vertaavat kivihiilen korvaamista ydinvoimalla (keino 3) ja energian käytön tehostamista (keino 4) päättyen pitämään jälkimmäistä käytännössä helpommin toteutettavana keinona³. MIT:n Energy Laboratoryn tiedotuslehti esittelee myös menetelmän, jolla hiilidioksidia voidaan poistaa savukaasuista (keino 1). Menetelmän ilmeisenä haittana on suuri energian tarve (E-lab 1989).

Taulukko 1. Eri päästöjen rajoittamiseen soveltuvat tekniset keinot

Keinoryhmä	SO ₂	NO _x	CO ₂
1. Päästöjen puhdistustekniikka	x	x	(x)
2. Polttotekniikka	(x)	x	(x)
3. Polttoaineen vaihto	x	(x)	x
4. Energian tuotannon ja käytön tehostaminen	(x)	(x)	x
5. Energiaa käyttävän kulutuksen supistaminen	(x)	(x)	x
6. Talouden toimialarakenteen muutos	(x)	(x)	x

x = ensisijainen keino päästön vähentämiseen

(x) = toissijainen keino päästön vähentämiseen

Keino 5, kulutuksen supistaminen, on sikäli ongelmallinen, että sen käyttäminen laskee materiaalista elintasoja, mikäli rajoitetaan muutakin kuin "turhaa" kulutusta (toisaalta rajoittamattomat päästöt laskevat materiaalista elintasoja). Keino 6, talouden toimialarakenteen muutos, ei oikeastaan ole ainakaan lyhyellä tähtäyksellä energiapolitiikan käytettävissä oleva keino, sillä

³ Tutkijoiden laskelmien mukaan hiilidioksidipäästöt kasvaisivat edelleen, vaikka vähintään joka kolmas päivä voitaisiin rakentaa uusi 1000 MW ydinvoimala, mikäli energian kulutuksen määrään ei puututa.

talouden rakennemuutokset seuraavat monimutkaisista vuorovaikutussuhteista pitkällä aikavälillä. Toki rakennemuutoksen suuntaan voidaan jossain määrin vaikuttaa politiikan keinoin.

Vaihtoehtojen löytyminen edellyttää tietysti energiateknistä asiantuntemusta, mutta myös muiden alojen asiantuntemusta. Eri-tyisesti energian käytön vähentämiseen liittyy tietoa talouden toiminnasta ja kuluttajien käyttäytymisestä. Monenlaista teknistä ja luonnontieteellistä tietoa tarvitaan päästöjen vähentämiskeinojen suunnitteluun.

Kuten edellä esitettiin, jokainen keinoryhmä sisältää lukuisia erityyppisiä ratkaisuja. Periaatteessa kaikkien mahdollisten vaihtoehtojen tulisi olla mukana analyysissä. Käytännössä on päätettävissä, otetaanko esim. tiettyjä tekniikkavaihtoehtoja ollenkaan mukaan keinovalikoimaan. Vain mukaan otettuihin vaihtoehtoihin kohdistetaan arviointiprosessiin liittyviä tutkimusresursseja ym.⁴ Koska kysymys on yhteiskunnallisesta päätöksestä, saanee vaihtoehtoja olla mukana mieluummin liian monta kuin liian vähän. Vaihtoehtojen vaikutusten ja tehokkuuden analyysi karsii sitten tarpeettomia vaihtoehtoja pois. Toisaalta tähän liittyy sama ongelma kuin lukuisien tavoitteiden käsittelyynkin: Analyysi tulee työläemmäksi, ja perusteltujen päätöksien aikaansaaminen vaikeutuu. Selvästi kuitenkin vaihtoehtojen määrääminen on tärkeä ja potentiaalisesti päätökseen ratkaisevasti vaikuttava askel.

Vaihtoehtojoukkoon saadaan vielä uusi ulottuvuus, kun huomataan, että päästöjen rajoittamiseen käytettävien teknisten keinojen toteuttamiseen tarvitaan joitakin ohjauskeinoja. Erilaisten ohjauskeinojen avulla aikaansaadut muutokset - vaikkapa energian käytön määrässä tai polttoainevalinnassa - ovat oikeastaan eri vaihtoehtoja, koska niiden eräät vaikutukset voivat poiketa toisistaan oleellisesti. Erityyppiset ohjauskeinot voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

⁴ Esim. tuulivoima, joka kuuluisi kohtaan 3, on Hohmeyerin (1988) mukaan kilpailukykyinen sähköntuotantovaihtoehto Saksan Liittotasavallassa, mikäli sähköntuotannon yhteiskunnalliset kustannukset otetaan huomioon.

1. Määräykset. Tähän ryhmään kuuluvat energian käytön määrää koskevat rajoitukset, polttoaineen tai -tekniikan valintaa koskevat rajoitukset ja energiaa käyttävien laitteiden ominaisuuksia koskevat määräykset.
2. Hinnat. Hintoihin vaikutetaan lähinnä verojen ja maksujen välityksellä.
3. Tiedon lisääminen. Tietoa voidaan jakaa eri vaihtoehtojen ominaisuuksista ja niiden seurauksista ja pyrkiä vaikuttamaan energian käyttäjien päätöksiin joko vetoamalla heidän rationaaliseen harkintaansa tai ohjaamalla heidän arvostuksiaan tai mieltymyksiään.
4. Julkisen sektorin toimenpiteet tutkimuksen ja teknologian kehityksen edistämiseksi.

Myös näiden ohjauskeinojen vaikuttavuudesta ja vaikutuksista tarvitaan vielä merkittävästi lisää tutkimustietoa ja kokemuksia.

4. PÄÄTÖSMAHDOLLISUUKSIA VASTAAVIEN TULEVAISUUDENNÄKYMIIEN MUODOSTAMINEN

Jotta päätösmahdollisuuksia voitaisiin vertailla keskenään, on arvioitava, minkälaiseen tulevaisuuteen kunkin vaihtoehdon valinta johtaisi. Kutakin päätösmahdollisuutta vastaa tulevaisuudennäkymä, eli epävarmojen tulevaisuudenkuvien muodostama todennäköisyysjakautuma. Tavoitteiden asettelussa on jo määrätty, mitä tulevaisuuden piirteitä tarkastellaan. Kuitenkin tässä vaiheessa saatava tieto voi myös johtaa joidenkin tavoitteiden tarkistamiseen. Tällainen tarkistus voisi liittyä esim. eri päästöjen suhteelliseen vaarallisuuteen tai työllisyystilanteeseen.

Päätösvaihtoehtojen seurauksia arvioitaessa joudutaan tekemisiin useiden vaikeiden periaatteellisten ja käytännöllisten ongelmien kanssa, joita luonnehditaan seuraavassa. Vaikeuksien esittelyn jälkeen käsitellään lyhyesti energian käytön vähentämisen ja muiden päästöjen vähentämiskeinojen hyötyjä ja haittoja.

4.1. Päätösvaihtoehtojen seurausten vertailun ongelmia

1. Mittaaminen ja yhteismitallistaminen

Periaatteessa helposti mitattavissa ovat vaihtoehtoisten toimenpiteiden kustannukset, niihin liittyvä energian tuotannon tai kulutuksen muutos, ja toimenpiteiden vaikutukset vähennettäviin päästöihin. Täydelliseen yksimielisyyteen ei näistäkään päästä, koska esim. kustannusten arvioimiseen liittyy sellaisia valintoja kuin sovellettava korkotaso. Markkinoiden epätäydellisyyden takia myös yksiselitteiseltä näyttäviä hintoja voidaan joutua tarkistamaan arvioita varten.

Toimenpiteillä on vaikutuksia, joita pystytään mittaamaan, vaikka toisaalta vaikutuksen voimakkuudesta ei olekaan yhtä suurta varmuutta kuin esimerkiksi toimenpiteen kustannuksista. Esimerkiksi

toimenpiteiden työllisyysvaikutukset voidaan mitata työntekijämäärinä, vaikkapa toimialan ja työvoiman laadun mukaan jaoteltunakin. Päästöjen terveysvaikutuksia voidaan mitata sairaspäivinä, vaikutuksia metsän kasvuun puukuutiometreinä.

Toimenpiteillä voi olla myös vaikutuksia, joille ei ole luontevaa mittayksikköä, esim. esteettinen vaikutus tai turvattomuuden tunne.

Päätöksiä tehtäessä näitä erilaisia suureita pyritään joskus yhteismitallistamaan eksplisiittisesti. Yhteisenä mittayksikkönä käytetään yleensä rahaa. Käytännössä yhteismitallistaminen tapahtuu joka tapauksessa ainakin implisiittisesti, kun päätöksentekijä suhteuttaa rahassa mitattuja kustannuksia muihin vaikutuksiin ja päätyy valitsemaan jonkin vaihtoehdon, johon liittyy tietty kustannusten ja vaikutusten yhdistelmä.

Vaikutuksia ei kannata pyrkiä mittaamaan paremmin kuin osataan. Riippuu vertailumenetelmistä, missä määrin yhteismitallisia vaikutusten kuvauksia tarvitaan. Jos vaikutuksia arvioitaessa tehtävistä oletuksista (esim. laskentakorko) vallitsee erimielisyyttä, tarvittaneen esim. vaihteluvälin ääripäitä vastaavat laskelmat.

Yleistäminen on tärkeää, jotta ongelma pysyisi käsiteltävänä. Kuitenkin liiallinen aggregointi voi johtaa jopa etumerkkivirheisiin. Esim. työpaikkojen lisääntyminen voi olla myönteistä tai kielteistä tilanteesta riippuen.

Erilaisia päästöjen rajoittamiskeinoja verrattaessa voidaan mitaamisongelma minimoida siten, että kiinnitetään haluttu päästöjen rajoittamistaso, ja verrataan muiden vaikutusten ja kustannusten osalta niitä tapoja, joilla kyseiselle tasolle voidaan päästä. Voidaan myös arvioida rahassa päästöjen rajoittamisesta koituvat hyödyt, ja etsiä hyötyjen ja kustannusten erotuksen maksimoiva päästöjen rajoittamistaso ja -menetelmä. Markkinattoman hyödykkeen, kuten ilman laadun, arvon mittaaminen on hankalaa, muttei mahdotonta. Apuna voidaan käyttää jonkin siihen liittyvän markkinahyödykkeen arvon muutoksia, ihmisten mielipiteitä tai epäsuorasti saastumisen tai puhdistumisen vaikutuksia asioihin, joista koituu kustannuksia (metsän kasvun hidastuminen, materiaalien

kuluminen, ihmisten sairastavuus) (OECD 1989, Kasanen & Svento 1989).

2. Vaikutusten kohdistuminen ja jakautuminen

Hankkeiden vaikutuksia arvioitaessa joudutaan ratkaisemaan, keihin kohdistuvia vaikutuksia otetaan tarkasteltavaksi. Yhteiskunnallisen kustannus-hyötyanalyysin periaatteisiin kuuluu, että tarkasteluun otetaan kaikkiin ko. yhteiskunnan jäseniin kohdistuvat vaikutukset. Käytännössä joudutaan aina yleistämään ja yksinkertaistamaan. Periaatteessakin on joskus hankala ratkaista, otetaanko huomioon esim. tuleviin sukupolviin tai muiden maiden asukkaisiin kohdistuvia vaikutuksia.

Vaikutusten summan lisäksi niiden jakautuminen on tärkeä asia ainakin niiden mielestä, joihin vaikutuksia kohdistuu. Esim. hintojen muutokset vaikuttavat eri ihmisten elämään eri tavoin riippuen heidän kulutusrakenteestaan ja tulotasostaan. Työllisyysvaikutukset osuvat usein erityisen voimakkaasti tiettyjen toimialojen työntekijöihin, joskus jopa tiettyjen paikkakuntien väestöön.

3. Alueelliset piirteet

Tässä käsiteltävät päästöt kulkeutuvat ilmassa pitkiä matkoja. Rikkipäästöt ja typen oksidien päästöt liikkuvat esim. Euroopan puitteissa. Suomi ei pääsisi täysin eroon happamien sateiden aiheuttamista ongelmista, vaikka Suomessa lopetettaisiin kokonaan kaikki rikkipäästöjä ja typen oksidien päästöjä aiheuttava toiminta. On jopa mahdollista, että päästöjen haitat kohdistuvat voimakkaammin joihinkin muihin maihin kuin niihin, joista päästöt ovat lähtöisin, riippuen päästölähteiden sijainnista ja vallitsevista tuulista. Hiilidioksidi leviää ilmakehässä muodostaen globaalin ongelman. Kasvihuoneilmiön mahdolliset ilmastovaikutukset ja vaikutukset merenpinnan tasoon toteutuvat maapallon fyysisten ominaisuuksien määräämällä tavalla. Vaikutusten aiheuttamat kustannukset riippuvat siitä toiminnasta, jonka edellytykset

heikkenisivät, esim. kuivuva viljelyalue, veden alle jäävä rannikon suurkaupunki. Vaikutuksien suuruudella ja kustannuksilla ei kuitenkaan ole välttämättä mitään tekemistä alueiden tuottamien hiilidioksidipäästöjen määrien kanssa.

Päästöjen tuottamiseen johtavia päätöksiä tekevät lukuisat talousyksiköt kussakin maassa. Monet valtiot pyrkivät nykyisin tekemään päätöksiä päästöjen rajoittamisesta. Kukin valtio voi omalta osaltaan päättää päästöjen rajoittamisen määrästä ja keinoista ja valvoa päätösten toimeenpanoa. Kustannukset koituvat useimmiten päästöjä rajoittavan valtion kansalaisten maksettavaksi. Päästöjen rajoittamisesta koituvat hyödyt taas voivat osua osittain tai jopa enimmäkseen muille maille. Ongelmaa pyritäänkin ratkaisemaan kansainvälisen yhteistyön ja päästöjen rajoituksia koskevien sopimusten avulla (IEA & OECD 1988, 45).⁵

Kansallisella tasollakin erityyppiset hyödyt ja haitat jakaantuvat alueellisesti eri tavoin. Yleistä hyötyä tuottava laitos saattaa aiheuttaa paikallisia ympäristöhaittoja (mahdollisen kaukokulkeutumisen lisäksi), ja ehkä myös paikallisia hyötyjä (työllisyys, verot). Päästöjen vähentämisen kustannukset jakautuvat ehkä maksettavaksi laajemmin (veronmaksajat, tuotettavan hyödykkeen kuluttajat). Jos päästöjen rajoittamiseen pyritään voimakkailla hintasuhteiden muutoksilla, saattaa seurauksena olla kilpailukyvyyn muutoksia, tuotannon rakennemuutos ja tietyille alueille keskittyviä työllisyysongelmia.

Valinnat energialähteiden ja -muotojen välillä johtavat joidenkin alueellisten rakenteiden vahvistumiseen. Esim. turvevarat sijaitsevat enimmäkseen, ja ne on pääasiassa käytettävä, Pohjois-, Keski- ja Itä-Suomessa. Maakaasuputken sijainti määrää kaasun käyttömahdollisuuksia. Kaukolämmityksen käyttö edellyttää paikallisesti keskitettyä asumista. Hiilivoimalat ja öljynjalostamot yleensä sijoitetaan rannikolle, ja niihin liittyy satamien ja laivaväylien kehittämistarpeita. (Komiteanmietintö 1989:11, 95-96; KTM 1989a, 237-238.)

⁵ Taloudellisten ohjauskeinojen, erityisesti ympäristöverojen harmonisoiminen kansainvälisesti olisi myös tarpeen (Ingberg 1989).

4. Riskeihin suhtautuminen

Hyödyllisiin tavoitteisiin pyrittäessä joudutaan ottamaan huomioon yhteiskunnan ja ihmisten kannalta haitallisten seuraamusten mahdollisuus, jota voidaan tarkastella riskinä (Komiteanmietintö 1989:11, 104). Riskejä arvioitaessa pyritään usein määräämään vältettävän tapahtuman todennäköisyys ja mahdollisten vaikutusten suuruus. Nämä luvut tai niistä laskettava odotusarvo eivät sellaisenaan ratkaise päätöstilannetta, kun riskiä sisältäviä toimenpiteitä verrataan muuntyyppisiä hyötyjä ja haittoja aiheuttaviin toimiin. Riskin kokemiseen vaikuttavat monet muutkin elementit. Karjalainen ja Hämäläinen (1989) tiivistävät riskin kokemiseen vaikuttavia tekijöitä kolmeen ryhmään: missä määrin riskeihin voidaan vaikuttaa, millaisen uhkan riski synnyttää ja kuinka suuri hyöty on riskien vastapainona.

Riskien arviointiin liittyy edellä käsiteltyjä ongelmia, kuten mittaamisvaikeuksia, vaikutuksien jakautumisen ja niiden alueellisten piirteiden huomioonottamista. Lisäksi on mainittava kaksi erityisesti energiakysymyksiin liittyvää ongelmaa:

- Kuinka on painotettava epätodennäköisiä mutta mahdollisilta seurauksiltaan vakavia haittoja?
- Kuinka on otettava huomioon puutteellisesti tunnetut tai tuntemattomat haitat osana kokonaisriskiä (Komiteanmietintö 1989:11, 111)?

Ensimmäinen kysymys liittyy erityisesti ydinvoimaa koskevaan keskusteluun. Se on tärkeä tässä yhteydessä, koska ydinvoiman osuuden lisääminen energian tuotannossa on mainittu yhtenä mahdollisuutena pyrkiä rajoittamaan hiilidioksidipäästöjä.

Toinen kysymys liittyy hiilidioksidiin välittömästi. Tiettyjen kaasujen, mm. hiilidioksidin, kasvihuonevaikutus tunnetaan periaatteessa, mutta ilmastovaikutusten voimakkuus, alueellinen ilmenneminen ja ajoitus ovat epävarmoja. Edelleen on epävarmaa, missä määrin ja millä tavoin ihmiset ja yhteiskunnat pystyisivät sopeutumaan mahdollisiin muutoksiin (OECD Environment Committee, Group of Experts 1989).

Kasvihuoneilmiön vaikutukset voivat äärimmillään olla erittäin suuret ja sen luonteiset, että niitä haluttaisiin välttää. Ongelmallista on se, että siinä vaiheessa, kun ilmastovaikutusten toteutumisesta voidaan varmistua, vaikutukset on aiheutettu peruuttamattomasti, eikä niiden välttämiseksi voida tehdä mitään. Siis peruuttamattoman mutta epävarman vaikutuksen välttämiseksi tarvitaan toimia ennen kuin vaikutuksesta voidaan varmistua (esim. World Commission on Environment and Development 1987). Epävarmuuden takia hiilidioksidipäästöjen supistamiseksi suositellaan käytettäväksi keinoja, jotka ovat hyödyllisiä muidenkin tavoitteiden kannalta. Tällaisia keinoja ovat esim. sellaiset energian käytön tehostamistoimet, joiden avulla säästetään polttoainekustannuksissa enemmän kuin investointi- ym. tehostamiskustannusten verran. Myös sellaiset keinot, jotka auttavat vähentämään joitakin muitakin ympäristöhaittoja samanaikaisesti, ovat suositeltavia. Näitä keinoja voivat olla eräät polttoaine- ja tekniikkavalinnat sekä energian käytön vähentäminen. (Kram & Okken 1989a; Federal/Provincial/Territorial Task Force on Energy and the Environment 1989).

Energiataloudessa tehtävät päätökset vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen, joten päätöksiä tehtäessä vallitsee epävarmuus varsin monista muistakin asioista. Energian kysynnän kehitys riippuu mm. talouden kasvusta, teknologian kehityksestä ja talouden rakenteen kehityksestä. Näiden ennakkointiin liittyy aina epävarmuutta (esim. Boyle & Olivier 1989). Energiaratkaisujen hintakehitys on epävarmaa mm. polttoaineiden hintojen ja teknologisen kehityksen osalta. Ydinvoimaloiden purkamiseen ja jätteiden säilytykseen liittyy epävarmuutta sekä tekniikan että kustannusten osalta.

Yleisesti kustannus- ja vaikutusarvioista pitäisi todeta, miten varmana tietoa pidetään ja kuinka suuri on mahdollinen vaihteluväli. Samoin on tärkeää tietää, onko lisätietoja epävarmoista asioista saatavissa ja jos on, niin minkä ajan kuluessa ja millä keinoin (ja millä hinnalla). Vaikeasti vertailtavat, erityyppiset riskit on parasta esitellä erillisinä ja erilaisina, pyrkimättä yhtenäiseen riskimittariin. Tällöin riskeihin suhtautuminen ja niiden arvottaminen voidaan jättää tehtäväksi samalla, kun päätös- vaihtoehtojen muitakin seurauksia arvostetaan.

4.2. Päätösvaihtoehtojen seuraukset

Seuraavassa tarkastellaan yleisellä tasolla, miten energian tuotannon päästöjen vähentämismenetelmät vaikuttavat joihinkin sellaisiin asioihin, joiden voidaan ajatella kuuluvan yhteiskunnan tavoitteiden joukkoon. Päähuomio kiinnitetään siihen, minkälaisia mittauksia tarvittaisiin, ja miten niitä voitaisiin tuottaa.

1. Vaikutukset ympäristöön ja terveyteen

Vaihtoehtoja esiteltäessä, luvussa 3, todettiin jo, mitkä vaihtoehdot soveltuvat parhaiten kunkin päästölajin rajoittamiseen. Kukin keino voi lisäksi vaikuttaa muiden päästöjen määriin kuin siihen, jota pyritään ensisijaisesti rajoittamaan. Esimerkiksi polttotekniikan käyttö typen oksidien päästöjen rajoittamiseen voi vaikuttaa kielteisesti hiilidioksidin vähentämistavoitteen saavuttamiseen, koska eräät menetelmät merkitsevät energian kulutuksen kasvua. Energian käytön vähentämisen myönteiset vaikutukset rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen rajoittamiseen lienevät aluksi pieniä, koska näitä päästöjä on päätetty rajoittaa ensi vaiheessa puhdistus- ja polttoteknisiin keinoin. Rajoitusten tiukentuessa energian käytön vähentämisen merkitys kasvaa kaikkien päästöjen vähentämisessä. Jokaisen yksittäisen päätösvaihtoehdon osalta pitäisi siis selvittää, kuinka suuri on kunkin muun päästön lisäys tai vähennys. Esim. jos ensisijainen tavoite on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja päätösvaihtoehto on rakennusten sisälämpötilan laskeneminen talvisin, halutaan tietää, montako tuhatta tonnia rikkidioksidipäästöt vähenevät jokaista tuhatta vähennettyä hiilidioksiditonnia kohti suhteessa vertailutasoon, tai joustoina, eli montako prosenttia rikkipäästöt vähenevät jokaista vähennettyä hiilidioksidiprosenttia kohti. Odotusarvon lisäksi on syytä esittää myös ylä- ja alarajat.

Kaikki päästöjen rajoittamismenetelmät, lukuunottamatta kulutuksesta pidättäytymistä, edellyttävät yleensä investointeja laitteisiin. Näiden laitteiden valmistaminen aiheuttaa omat ympäris-

tövaikutuksensa, jotka tulisi tietysti ottaa huomioon, kun tavoitteena on haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen. Myös eri vaihtoehtoihin liittyvät kuljetustarpeet on syytä ottaa huomioon. Investointi- ja kuljetustarpeiden tarkastelun avuksi sopii panos-tuotosanalyysi. Nämä vaikutukset esitetään päästötonneina (tms) kutakin investoinnin avulla vähennettyä päästötonnia kohti, tai joustoina (%), vaihteluväleineen. Päästöjen puhdistuksessa talteenotetut aineet täytyy myös jotenkin säilyttää tai palauttaa ympäristöön. Esim. talteenotettu hiilidioksidi voitaisiin upottaa syvälle valtameriin, mutta vielä ei tiedetä, minkälaisia biologisia vaikutuksia siitä olisi (e-lab 1989b, 6). Aineiden määrät voidaan selvittää samaan tapaan kuin edellä on esitetty, ja niiden mahdollisista vaikutuksista voidaan esittää ainakin laadullisia, mielellään myös määrällisiä arvioita.

Päästöjen rajoitustoimilla voi myös olla talouden toiminnan kautta tulevia välillisiä vaikutuksia. Suuria investointeja edellyttävät päästöjen rajoitustoimet voivat rajoittaa talouden mahdollisuuksia muihin investointeihin. Tällöin siirtyminen aikaisempaa vähemmän saastuttavaan teknologiaan hidastuu, joten päästöjen rajoitustoimilla saavutettu päästöjen vähentymisen nettotulos jääkin tarkoitettua pienemmäksi - periaatteessa pahimmillaan negatiiviseksi. Tällaisen tarkastelun suorittamiseen tarvitaan talouden mallia, jossa on mukana teknologian kehitys. Eri teknologioita käyttävien talouksien toiminnan päästöt pitää arvioida. Nämäkin luvut, jos niitä saadaan, voidaan esittää tonneina vähennettyä päästötonnia kohti, tai joustoina.

Päästöt vaikuttavat haitallisesti mm. ihmisten terveyteen. Jos kuitenkin arvioidaan toimenpidevaihtoehtojen sivuvaikutuksia päästötonneina, kuten edellä on esitetty, ei näiden päästöjen terveysvaikutuksia tai muita seuraamuksia pidä enää ottaa mukaan vaikutusten tarkasteluun, jottei päästöjä laskettaisi useampaan kertaan. Toisaalta vaikutusten arvostamisen helpottamiseksi voi olla syytä kuvata, mitä kaikkea tietty päästötonni vaikuttaa ihmisten terveyteen ja muihin asioihin, joita pidetään tavoiteltavana. Tällöin ei päästötonneja sellaisenaan enää lasketa mukaan vaikutusten joukkoon. Terveysvaikutuksia mitataan esim. sairaspäivinä ja ennenaikaisina kuolemina. Tarkastelussa lienee syytä pitää mukana erilaisia ulottuvuuksia, jottei hyvin erityypp-

pisiä vaikutuksia yhteismitallistettaisi väkivalloin. Ne vaikutukset, jotka voidaan ilmaista määrällisinä, voidaan myös esittää muutoksina/päästötonnin vähentäminen (tai joustoina), mikäli vaikutukset ovat riittävän lineaarisia. Vaikutusten kynnsarvoja ei voi puristaa siihen esitystapaan.

Energian käyttöön liittyy kuitenkin muitakin terveysvaikutuksia. Esimerkiksi terveydelle välttämättömän tason ylläpitäminen perustarpeiden kuten ravinnon, puhtaan juomaveden ja lämmityksen osalta vaatii energiaa, joten äärimmäinen energian käytön rajoittaminen heikentäisi terveystavoitteen toteutumista. Samoin työympäristön turvallisuus edellyttää mm. valaistusta ja ilmanvaihtoa. Rakennuksien sisäilman laatu, joka vaikuttaa terveyteen, voi heikentyä liiallisen eristämisen ja tiivistämisen tuloksena, jolla tähdätään energian käytön tehokkuuteen, tai mikäli energian kulutuksen rajoittaminen vaikuttaa ilmanvaihdon riittävyyteen. Näiden vaikutusten osalta pitää ensin ymmärtää laadullisesti tarkasteltavien ilmiöiden syy-seuraussuhteita. Määrällisesti tulisi selvittää, mihin vaikutuksiin liittyy tiettyjä kynnsarvoja, mitkä taas ovat lähinnä lineaarisia.

Kaikkeen toimintaan liittyy onnettomuusriskejä, mutta tässä yhteydessä merkittävimpiä ovat polttoaineen valintaan liittyvät riskit. Ydinvoiman käyttö merkitsee suuren katastrofin pientä mahdollisuutta. Myös turpeen poltto tuo mukanaan palo- ja räjähdysriskejä, samoin periaatteessa maakaasu, joskaan sen käytössä onnettomuuksia ei ole Suomessa sattunut.

2. Taloudelliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset

Kustannukset

Useimmat toimet päästöjen rajoittamiseksi edellyttävät investointeja puhdistuslaitteisiin, uusiin energian tuotantolaitteisiin tai energiaa tehokkaammin käyttäviin laitteisiin. Investoinnista tulee pääomakustannuksia ja muutoksen toteuttamisesta voi aiheutua käyttöhenkilökunnan palkkakustannuksia, huolto-, korjaus- ja

vakuutuskustannuksia ym.⁶

Muuttuvien kustannusten muutos voi olla positiivinen tai negatiivinen. Energian käytön tehostaminen johtaa polttoainekulujen laskemiseen.⁷ Tietyt puhdistusmenetelmät taas johtavat polttoaineen tarpeen kasvuun.⁸ Polttoainetta vaihdettaessa otetaan huomioon kustannusten erotus.⁹

Kunkin keinoryhmän puitteissa on erilaisia ja erisuuruisia kustannuksia aiheuttavia teknisiä mahdollisuuksia vähentää päästöjä. Esimerkiksi kun hiilidioksidipäästöjä vähennetään energian käyttöä tehostamalla, kustannus-vaikuttavuussuhteeltaan edullisimmat tehostamiskeinot ovat taloudellisesti kannattavia. Mitä enemmän päästöjä pitää vähentää, sitä kalliimpia keinoja joudutaan käyttämään. Sama pätee esim. rikkipäästöjen poistoon puhdistustekniikalla, tosin kustannus-vaikuttavuussuhteeltaan edullisimmitään puhdistuskeinot eivät liene yksityistaloudellisesti kannattavia. Kuva 1 esittää Alankomaiden tilanteeseen laskettua energian käytön tehostamiskeinojen rajakustannuskäyrää suhteessa

⁶ Keepin & Kats (1988) vertaavat investointeja ydinvoimaan ja energian käytön tehostamiseen. He arvioivat, että energian käytön tehostamiseen investoidut varat tuottavat 2.5-10-kertaisen hiilidioksidipäästöjen vähennyksen verrattuna ydinvoimaan investoituihin varoihin.

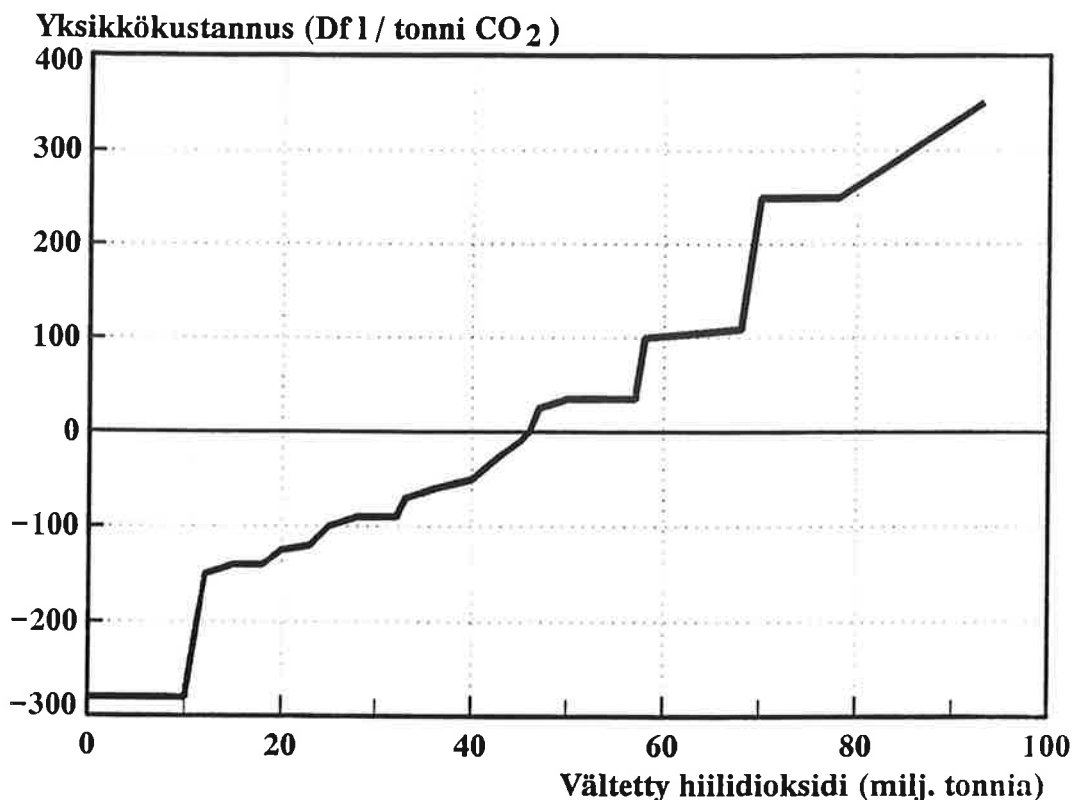
⁷ Polttoaineiden ja sähkön säästö ja eräisiin laitteisiin liittyvät säästöt tekevät Lovinsin (1989) mukaan energian käytön tehostamisesta taloudellisesti edullisen ratkaisun, johon liittyy lisähyötynä päästöjen väheneminen.

Blok (1989) esittää Alankomaita koskevan energiansäästön tarjontakäyrän, jonka mukaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiskustannukset energian käytön tehostamisinvestointien avulla ovat tiettyyn rajaan asti negatiiviset, mikä johtuu polttoainesäästöistä.

⁸ MIT:n tutkimuksessa arvioidaan, että hiilidioksidi voitaisiin poistaa savukaasuista 80-100-prosenttisesti, menetelmästä riippuen, ja upottaa mereen. Tehokkain menetelmä johtaisi noin kaksinkertaiseen polttoainetarpeeseen, ja siis kaksinkertaisiin polttoainekustannuksiin, verrattuna hiilen polttoon ilman hiilidioksidin poistoa (e-lab 1989, 4-6).

⁹ Rikkipäästöjä rajoittavien valtioneuvoston päätösten perusteet (Ympäristöministeriö 1988a) sisältää arvioita päätösten aiheuttamista investointi- ja polttoainekustannuksista. Energia-typpityöryhmän mietinnössä on arvioita typen oksidien vähentämiskustannuksista eri tekniikoilla (Ympäristöministeriö 1988b).

hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.



KUVA 1. Energian käytön tehostamiskeinojen rajakustannukset suhteessa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

Lähde: Blok 1989

Kustannuksia laskettaessa joudutaan tekemään valintoja, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Näitä ovat oletus investoinnin käyttöiästä, sovellettava korkotaso, polttoaineiden ja muiden kustannuserien hintakehitys tulevaisuudessa, oletukset inflaatiosta ja aika-arvostusta kuvaava diskonttokorko (KTM 1989a).

Joidenkin kustannuserien arviointi voi olla hyvinkin vaikeaa. Esim. ydinvoimalan purkamisesta ei ole vielä kokemuksia. Purkamisen ja ydinjätteen säilyttämisen kustannukset ovat vielä tuntemattomat, mutta koska niiden odotetaan nousevan huomattavan suuriksi, niiden huomioon ottaminen laskelmissa on tärkeää (esim. Uusi Suomi 22.10.1989).

Kunkin päätösvaihtoehdon välittömät kustannusvaikutukset pystytään ehkä likimääräisesti esittämään markkoina vähennettyä päästötonnia kohti, tai joustoina. Kuitenkin päästörajoituksen kasvaessa toimenpiteiden rajakustannukset usein kasvavat, jolloin kuvan 1 tapainen rajakustannuskäyrä antaa täydellisemmän informaation. Vaikutusten vaihteluväli sisältää sekä epävarmuudesta että erilaisista oletuksista johtuvaa vaihtelua.

Kustannuksien edellyttämä pääomien sitoutuminen ja vaikutus energian hintaan käynnistää monimutkaiset kerrannaisvaikutukset koko talouteen (KTM 1989a, 145-162). Ne ilmenevät myös työllisyydessä ja maksutaseessa, joita käsitellään erikseen. Edellä viitattiin kustannusrasituksen mahdollisesti aiheuttamiin välillisiin ympäristövaikutuksiin.

Työllisyysvaikutukset

Investointien toteuttaminen vaatii yleensä työvoimaa. Uuden tekniikan käyttö voi johtaa työvoiman tarpeen kasvamiseen tai pienenemiseen. Toimenpiteiden kerrannaisvaikutukset tuotantoon ja kulutukseen johtavat myös työllisyysvaikutuksiin. Työllisyysvaikutuksia voidaan pitää positiivisina tai negatiivisina tilanteesta riippuen. Talouden tila, ja erityisesti niiden alueiden ja toimialojen työllisyystilanne, joihin vaikutukset kohdistuvat, määräävät työvoiman vaihtoehtoiskustannuksen ja siten työllisyysvaikutuksen arvon. Edellä kohdassa 2 työvoimakustannukset luettiin kustannuksiin kuuluviksi.

Ratkaisuilla voi olla välillisiä työllisyysvaikutuksia. Mikäli vaikutetaan merkittävästi esim. jonkin toimialan kilpailukykyyn, toimialan työllisyys voi muuttua. Näiden vaikutusten arviointiin tarvitaan siihen soveltuvaa kansantalouden mallia. Arviot voinevat olla enintään suuntaa-antavia (ks. myös KTM 1989a.)

Vaikutukset ulkomaankauppaan

Energiatalous vaikuttaa maksutaseeseen suoraan polttoaineiden tuonnin (ja viennin) kautta. Vertailtavat ratkaisut voivat johtaa erilaisiin polttoaineiden (netto)tuontimääriin. Myös muiden materiaalien tai laitteiden tuonti voi muuttua. Nämä vaikutukset ovat selvitettävissä ja ilmaistavissa markkoina vähennettyä päästötonnia kohti, epävarmuustekijöistä johtuvine vaihteluväleineen.

Toimialojen kilpailukykyyn energian hinnan kautta kohdistuvat vaikutukset ilmenevät myös maksutaseen kehityksessä. Energiaa käyttävien toimintojen supistaminen voi heikentää maksutasetta, mikäli se kohdistuu vientiteollisuuteen. Näitä vaikutuksia lienee mahdollista selvittää suuntaa-antavasti.

Vaikutukset energiahuollon varmuuteen

Energiahuollon toimintavarmuus riippuu mm. polttoainejakauman monipuolisuudesta, tuontipolttoaineiden lähteiden jakaumasta ja polttoaineiden varastoitavuudesta, ja tietysti myös energian tuotannossa ja jakelussa tarvittavien investointien riittävydestä. Päästöjen pienentämiseen tähtäävät ratkaisut voivat vaikuttaa toimintavarmuuteen, mikäli ne muuttavat joitakin edellä mainituista tekijöistä. Energian käytön tehostaminen ja energiaa käyttävien toimintojen supistuminen edistävät varmuutta, koska ne vähentävät energiahuollon kansainvälistä riippuvuutta (ks. esim. Kasanen et al. 1989.). Varmuudesta on vaikea laatia yksiselitteistä indeksiä. Toimenpiteiden vaikutusten suuntia voidaan arvioida.

Kuluttajien saama hyöty

Energian käyttö yhdistettynä muuhun kulutukseen, esim. auton polttoaineena tai kotitalouskoneiden tarvitsemana sähköinä, tuottaa kuluttajille hyötyä. Energiaa käyttävien toimintojen supistaminen muuttaisi kulutuksen rakennetta siten, että kuluttajien saama hyöty laskisi, mikäli supistettaisiin muutakin kuin "turhaa"

kulutusta. Tällaisen hyödyn markkamääräiseen arviointiin voidaan käyttää maksuhalukkuuskäsitteeseen perustuvia menetelmiä (esim. OECD 1989).

Muut yhteiskunnalliset vaikutukset

Muita vaikutuksia koskeva tavoiteasettelu sisältää niin monia mahdollisuuksia, että sen käsittely edes esimerkinomaisesti on vaikeampaa kuin talouteen ja ympäristöön liittyvien tavoitteiden. Näin ollen muiden yhteiskunnallisten vaikutusten käsittely jätetään pääosin tämän selvityksen ulkopuolelle. Tässä voidaan kuitenkin mainita yksi esimerkki muista vaikutuksista. Energiaan liittyy lukuisia taloudellisia tai poliittisia kansainvälisiä riippuvuuksia. Päästöjen väheneminen tai energian tarpeen väheneminen yleensä heikentävät erilaisia kansainvälisiä paineita. Kuitenkin ydinvoiman käytön lisääminen voisi aiheuttaa kansainvälisiä ongelmia onnettomuusriskin takia. Uraanitalouteen liittyy jo voimakasta kansainvälistä valvontaa ydinaseiden leviämisen estämiseksi.

Tässä on toistaiseksi käsitelty päätösvaihtoehtojen vaikutuksia olettaen, että vain yksi vaihtoehto valitaan. Kuitenkin käytännössä päädytään johonkin useiden keinojen yhdistelmään. Keinojen yhtäaikainen toteuttaminen saattaa kuitenkin johtaa erillisia vaikutusten summasta poikkeaviin yhteisvaikutuksiin, ja joidenkin keinojen käyttäminen voi vaikuttaa toisten keinojen toteutettavuuteen.

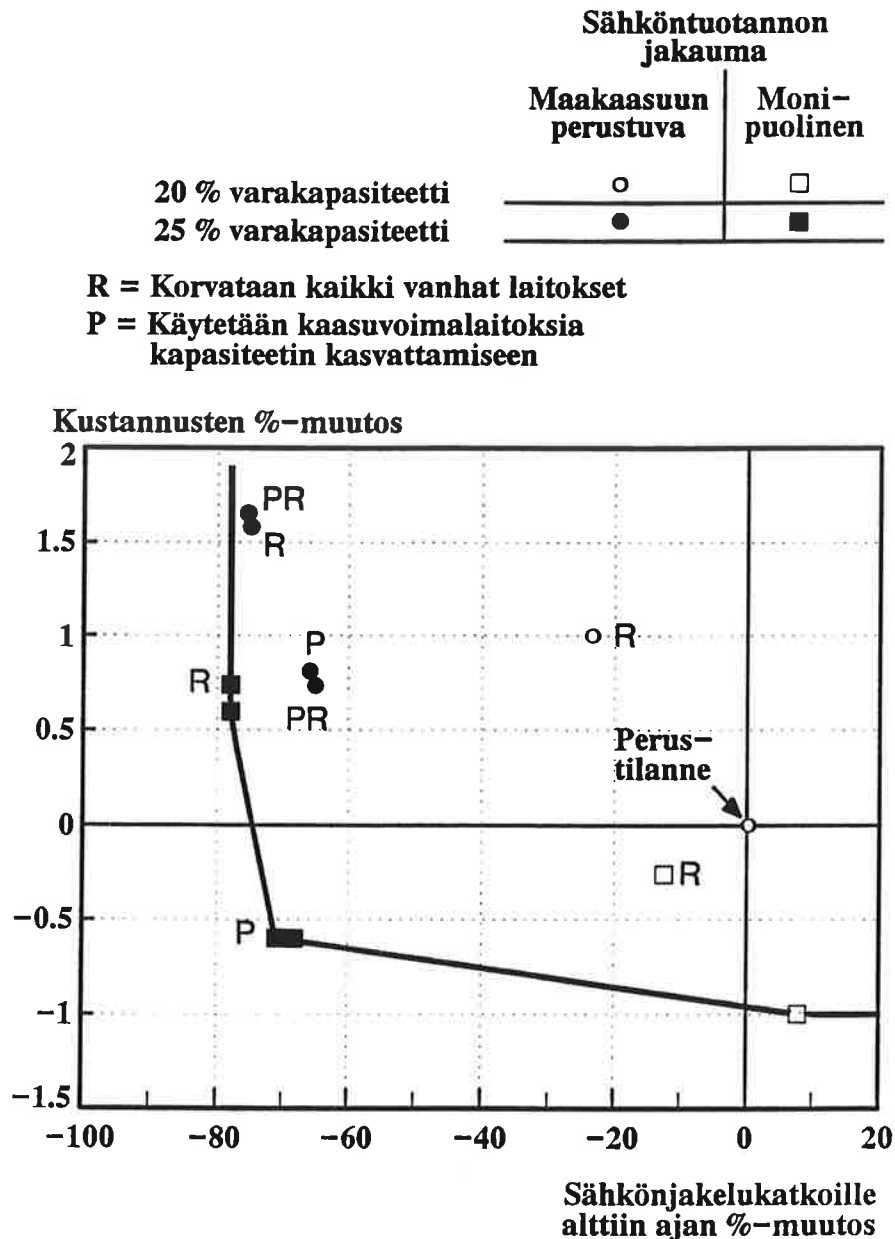
5. PÄÄTÖSMAHDOLLISUUKSIA VASTAAVIEN TULEVAISUUDENKUVIEN ARVOSTAMINEN JA VERTAILU

Päätösmahdollisuuksien vertailuun on syytä ottaa mukaan vain tehokkaita (Pareto-optimaalisia) vaihtoehtoja. Tehokas vaihtoehto on kussakin vaihtoehtoparin vertailussa parempi ainakin jonkin tavoitteen osalta. Toisin sanoen, vaihtoehto on tehoton, jos jokin muu vaihtoehto edistäisi jonkin tavoitteen saavuttamista ilman, että mistään muusta tavoitteesta joudutaan tinkimään.

Jos tehokkaita vaihtoehtoja on enemmän kuin yksi, joudutaan ratkaisemaan, missä suhteessa eri tavoitteiden toteutumista arvostetaan, koska yhden edistäminen johtaa toisesta tinkimiseen. MIT:ssä on tehty simulointimalli, jonka avulla voidaan vertailla päätösvaihtoehtojen vaikutuksia tavoitepareihin. Tavoitteiksi voidaan valita esim. sähköhuollon varmuus ja kustannukset sekä päästöt. Vaihtoehtoisten sähköntuotantostrategioiden vaikutukset kyseisiin tavoitteisiin selvitetään, olettaen erilaisia tulevaisuuskuvia polttoaineiden hintojen, sähköön kysynnän ym. osalta. Mallin avulla voidaan havainnollistaa eri vaihtoehtojen vaikutuksia tavoitepareihin (kuva 2) eri oletusten vallitessa. Malli paljastaa toisaalta, mitkä menetelmät ovat tehokkaimmat kyseisten tavoitteiden saavuttamisen kannalta, ja toisaalta, minkä verran joudutaan eri menetelmiä käyttäen tinkimään yhdestä tavoitteesta toisen edistämiseksi (e-lab 1989a, 1-4).

Tällaisen analyysin suorittamiseen tarvitaan käytettävien menetelmien asiantuntemusta. Ongelman yksinkertaistaminen edellyttää myös subjektiivisia ratkaisuja. Käsittelyyn valittavien tavoitteiden tai tavoiteparien valinta kuuluu näistä keskeisimpiin. Oleellisia päätöksiä tehdään myös ratkaistaessa, millä kriteerillä tarkasteltavan tavoitteen toteutumista mitataan.

Joskus on mahdollista tehdä valinta vaihtoehtojen välillä, kun on selkiytetty tavoiteasettelu ja tarkasteltu vaihtoehtojen seurauksia, ja usein vaihtoehtojen tehokkuuden tarkastelu viimeistään auttaa tekemään intuitiivisen päätöksen. Jos tavoitteiden ja



KUVA 2. Kustannusten ja sähkönjakelun varmuuden suhteen tehokkaiden sähköntuotantoratkaisujen etsiminen. Murtoviivan yhdistämät ratkaisut ovat tehokkaita, muut ovat tehottomia, siis tarpeettoman kalliita suhteessa saavutettuun varmuuteen tai tarpeettoman epävarmoja suhteessa kustannuksiin.

Lähde: e-lab 1989a.

vaikutusten suhde on edelleen liian monitahoinen intuitiivisesti käsiteltäväksi, voidaan käyttää formaalisia preferenssimalleja tavoitteiden painottamiseen, ja näin saadun preferenssirakenteen sekä vaikutuksia koskevien tietojen avulla johtaa (tehokkaiden) vaihtoehtojen paremmuusjärjestys. Eri preferenssimallit poikkeavat toisistaan paitsi siltä osin, mitä oletetaan päättäjän preferens-

sien esittämistarkkuudesta ja johdonmukaisuudesta, myös siltä osin, miten täsmällisesti vaikutukset on kuvattava.¹⁰ Mikäli halutaan käyttää formaalisia preferenssimalleja, saatetaan tarvita avuksi asiantuntemusta päätöksenteon alalta (Karjalainen & Hämäläinen 1989).

Päätätamisprosessin vaiheet voivat vain harvoin edetä järjestyksessä alusta loppuun. Tavoitteiden asettelu ohjaa vaikutuksia koskevan tiedon hankintaa, mutta yhtä hyvin vaikutuksia koskeva tieto voi pakottaa täsmentämään tavoitteita. Esim. epävarmuutta, riskiä ja vaikutusten jakautumista koskeva tieto voi johtaa tavoitteiden uudelleenarviointiin, jotta kyseisiin ilmiöihin osattaisiin suhtautua. Preferenssien selvittäminen voi paljastaa puutteita tavoitteiden asettelussa tai vaikutuksia koskevissa tiedoissa. Preferenssimallin antama ratkaisu voi myös pakottaa palaamaan analyysissä alkuun, esim. jos ratkaisuksi tarjoutuu vaihtoehto, jota päättäjä ei haluaisi hyväksyä. Silloin on syytä tarkistaa mm, ovatko kaikki tarpeelliset tavoitteet mukana.

Herkkyysanalyysissa kokeillaan, miten mallin tulokset muuttuvat, kun lähtötiedot ja mallin rakenne muuttuvat. On tärkeää selvittää, missä rajoissa toisaalta päättäjän antamat, arvostuksia koskevat vastaukset, toisaalta asiantuntijoiden käsitykset vaihtoehtojen vaikutuksista saavat liikkua ilman, että vaihtoehdoille laadittu paremmuusjärjestys muuttuu.

Tämä selvitys käsittelee valintoja, joita ei yleensä tee yksi päätöksentekijä vaan joko ryhmä tai joukko keskenään kilpailevia henkilöitä tai ryhmiä. Jokaisella ryhmällä ja henkilöllä on omat preferenssirakenteensa. Ei ole yhäntekävää, miten päätöksiä valmistelemissä prosesseissa käsitellään erilaisia, jopa keskenään ristiriitaisia näkemyksiä eri tavoitteiden toteutumisen tärkeydestä. Demokraattisen päätöksenteon edellytyksenä on, että tiedetään sekä minkälaisiin preferenssirakenteisiin että minkälaisiin vaikutuksia koskeviin tietoihin perustuvat ne esitykset, joiden perusteella päätöksiä tehdään. Vaihtoehtoisten esitysten laatiminen

¹⁰ Esimerkiksi hyötyteorian vaatimukset ovat varsin suuret, kun taas analyttisen hierarkiaproessin tapaisia malleja voidaan käyttää kevyemmin (ks. Seppäläinen & Hämäläinen 1986).

ehkä mahdollistaisi aidomman harkinnan. Yksimielisyyteen pyrkivä komiteatyöskentely, jota Suomessa käytetään päätöksien valmistelun apuna, ei tarjoa parhaita mahdollisia välineitä julkisen keskustelun käymiseen eikä päätöksentekijän aidon harkinnan tukemiseen.

Käytännössä energiapolitiikan luomista vaikeuttaa Ruostetsaaren (1987) mukaan se, että energia-alalla on energiamuotojen ja -lähteiden ympärille ryhmittäviä alasysteemejä, joihin poliittiset puolueetkin sitoutuvat. Alasysteemien toimintaa ohjaavat niiden omat intressit, jotka eivät välttämättä palaudu yhteiskunnan kokonaisuuteen. Ratkaisut muotoutuvat alasysteemien keskinäisen voimatasapainon tuloksena.

Alasysteemeiltä saatavat erilaiset toimintaehdotukset eivät välttämättä kata kaikkia yhteiskunnassa vallitsevia näkemyksiä tavoitteiden keskinäisistä painotuksista ja keinojen vaikutuksista tavoitteiden saavuttamiseen. Kullakin alasysteemillä on myös omat intressinsä käsiteltävän vaihtoehtojoukon rajaamiseen.

Useiden, ehkä kilpailevien päättäjien tapauksessa on lisäksi erityisen tärkeää ja myös erityisen vaikeaa varmistaa se, että päätöksen valmistelun eri vaiheet voivat ohjata toisiaan ja tarkentua prosessin kestäessä. Esim. vaihtoehtojen seurauksia koskevan tiedon pitäisi voida johtaa tavoitteiden tarkistamiseen, ja tavoitteiden pitäisi voida ohjata tietojen hankintaa. Tavoitteet ja niiden painotusta kuvaava preferenssirakenne voivat myös pakottaa etsimään uusia ratkaisuvaihtoehtoja.

6. PÄÄTÖKSEN TOIMEENPANO JA SEURANTA

Kun tietty päätösvaihtoehto on valittu, päätös pitäisi panna toimeen. Tässä selvityksessä käsiteltyjen päätösmahdollisuuksien toimeenpano on sangen monitahoinen tehtävä. Sekin voi edellyttää valintojen tekemistä. Luvussa 2 mainittiin vaihtoehtojoukon ulottuvuutena ne vaihtoehtoiset ohjauskeinot, joilla haluttuun tulokseen voidaan pyrkiä (määräykset, hinnat, tiedon lisääminen ja teknologian kehityksen tukeminen). Näiden keinojen soveltuvuus eri tarkoituksiin ja niiden sivuvaikutukset vaihtelevat. Yleensä oleellisia piirteitä toimeenpanossa ovat tiedon kulku toteuttajille ja heidän motivaationsa toimia päätöksen mukaisesti.

Toteuttamiseen liittyy oleellisena osana toteutumisen valvonta. Erityyppiset ohjauskeinot poikkeavat toisistaan myös valvonnan tarpeen ja kustannusten osalta.

Toteuttamisprosessin toisessa vaiheessa kerätään tietoja toteutetun päätöksen seurauksista - suunnitelluista ja tahattomista - ja päätöstilanteen muutoksista. Tässä pystytään myös täsmentämään niitä arvioita päätösvaihtoehtojen seurauksista, joihin tehty päätös perustui. Suunniteltujen seurausten toteutumattomuus tai tahattomien seurausten ilmaantuminen voivat johtaa uuden päätösongelman syntymiseen. Ulkopuolisen tilanteen muuttuminen, esim. poliittisten muutosten tai uusien tutkimustulosten takia, voi myös johtaa uuteen päätösongelmaan. Tällöin aloitetaan taas tavoitteiden tarkistaminen, päätösmahdollisuuksien etsiminen jne. Päätöksien toteuttamisen seuranta, tilanteiden muuttuminen ja uusien päätöstilanteiden syntyminen lienee energiapoliittiselle päätöksenteolle vähintään yhtä ominaista kuin erillisten, selkeästi valmisteltujen päätösten tekeminen.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä selvitys on osa sitä laajaa valmisteluprosessia, joka liittyy energiapoliittisiin päätöksiin. Äskettäin on työskennellyt Energiakomitea (Komiteanmietintö 1989:11), ja parhaillaan Kauppa- ja teollisuusministeriössä valmistellaan kansallista energiastrategiaa. Tämä selvitys liittyy energian säästön eri aspektien tutkimiseen, kuten edeltävä säästön käsitteen määrittelyä analysoinut selvityskin (Kasanen 1990).

Selvityksen tavoitteena on esitellä periaatteellinen kehikko, jolla voidaan arvioida energian käytön vähentämistä ympäristöhaittojen rajoituskeinona. Koska rikkipäästöjen ja typen oksidien päästöjen rajoittamisesta ensi vaiheessa puhdistus- ja poltto-teknisin keinoin on jo päätetty, pääasiallinen mielenkiinto kohdistuu hiilidioksidipäästöjen rajoittamiseen. Arviointikehikko on kuitenkin yleinen, ja soveltuu eri päästöjä koskeviin tarkasteluihin. Vastaavasti kehikossa käsitellään vaihtoehtoisia päästöjen rajoittamistapoja, vaikka ensisijassa halutaankin tarkastella energian tuotannon ja käytön tehostamisen ja vähentämisen edullisuutta päästöjen rajoituskeinoina.

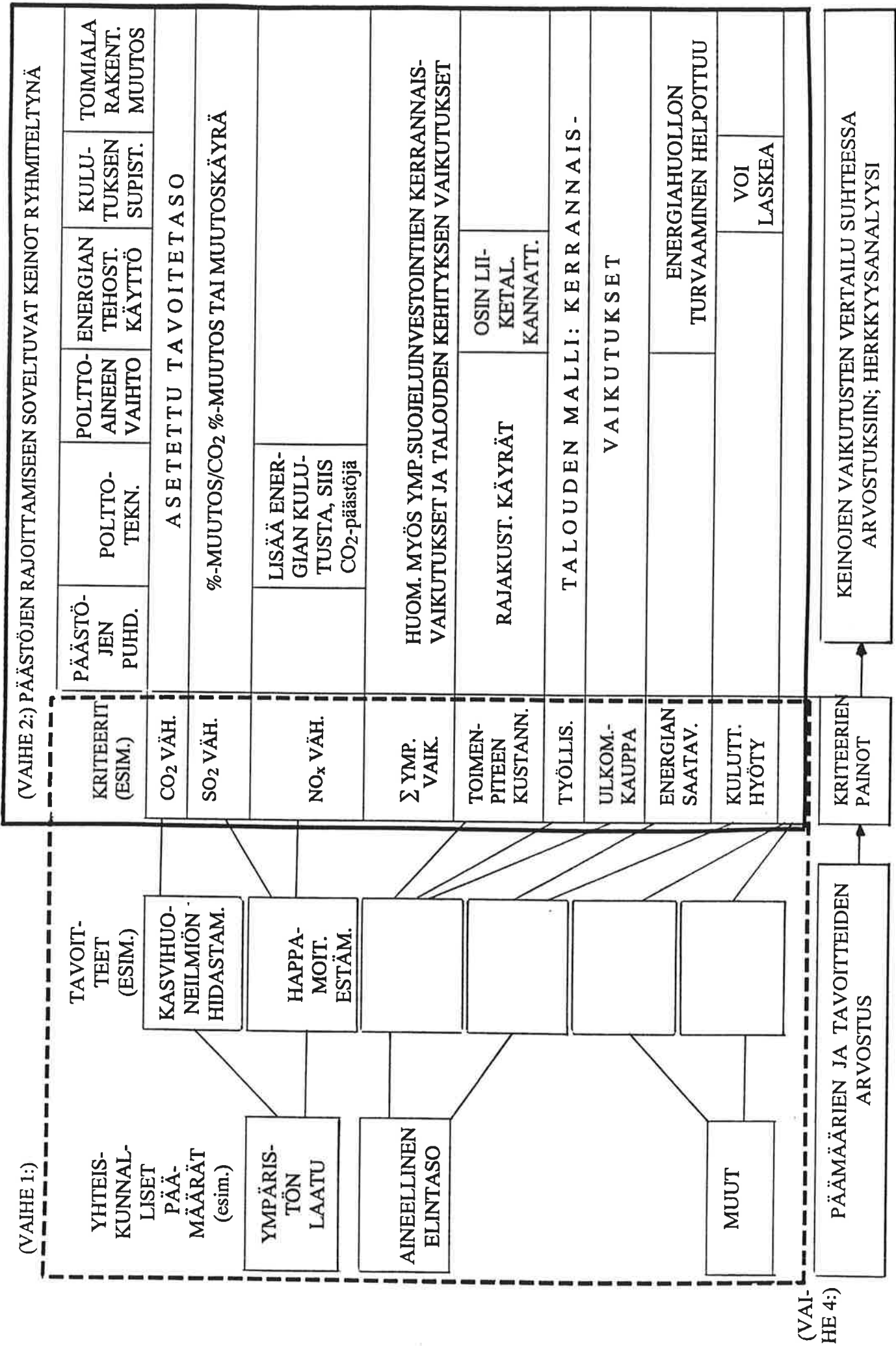
Arviointikehikko sopii toisaalta ensisijaiseen tarkoitukseensa päätösvaihtoehtojen vertailun jäsennykseksi, toisaalta myös jäsentämään kysymyksiä käytössä olevan päätösprosessin onnistuneisuudesta verrattuna päätöksentekoteorian mukaisiin periaatteisiin. Johtopäätökset tällaisesta vertailusta täytyy jättää odottamaan perusteellisempaa tutkimusta.

Tässä selvityksessä käsiteltävät valinnat eivät yleensä ole yhden päättäjän tehtävissä. Lisäksi myös valmistelun vaiheet, kuten tavoiteasettelu, vaihtoehtojen valinta ja seurausten arvioiminen, jakaantuvat lukuisille tahoille. Selvityksen johtopäätökset koskevat valinnan valmistelussa käytettävää ja käytettävissä olevaa tietoa, ja päättyvät usein kysymysmerkkiin.

Selvitys jäsentyy päättämisprosessin vaiheiden mukaan (ks. myös kuva 3.). Päätöstilanteen taustana on käsitys energian tuotannon

ENERGIAN SÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISKEINOJEN VERTAILUKEHIKOSSA

(VAIHE 3:) VAIHTOEHTOISTEN KEINOJEN VAIKUTUKSET



KUVA 3.

ja käytön ympäristövaikutuksista ja pyrkimys rajoittaa haitallisia päästöjä. Yhtenä tavoitteena on ympäristön laadun parantaminen. Sitä voidaan täsmentää eritasoisiin alatavoitteisiin, joista yksi on hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen. Jotta verrattavien vaihtoehtojen muita hyötyjä ja haittoja voitaisiin verrata, niihinkin liittyvät tavoitteet on syytä asettaa. Muut tavoitteet voivat liittyä esim. kansantalouden kehitykseen tai poliittisiin ja yhteiskunnallisiin tekijöihin.

Yksityiskohtaisten tavoitteiden asettelua ohjaavat yhteiskunnan tai sen jäsenten yleiset päämäärät. Tavoitteiden asettelussa ei voida päästä yksiselitteiseen ja objektiiviseen tulokseen. Käytännössä tavoitteiden asettelu onkin monimutkainen poliittinen prosessi, jossa kansalaiset, poliittiset päättäjät, erilaiset intressiryhmät, asiantuntijat ja virkamiehet toimivat vuorovaikutuksessa. Tiedotusvälineiden rooli on tärkeä.

Ongelmia tavoiteasettelussa on niin hierarkian ylä- kuin alaosisakin. Miten saadaan mukaan eri ryhmien tärkeinä pitämät, yleiset tavoitteet, laajentamatta tavoitteiden joukkoa mahdolltomaksi käsitellä? Tämä on yhteiskunnallisen keskustelun toimivuuteen liittyvä ongelma.

Toinen ongelma liittyy asiantuntemuksen tasoon ja tavoitteiden toteutumiseen vaikuttavien muuttujien vuorovaikutussuhteita koskevan tiedon epävarmuuteen. Osataanko yksityiskohtaiset tavoitteet asettaa tasoltaan - joskus jopa suunnaltaan - oikein, jotta yleisemmät tavoitteet toteutuisivat? Ongelmia on esimerkiksi sekä ympäristön kuormituksen kynnysarvojen määrittämisessä että tiettyyn aikaan, tietyssä paikassa toteutuvan työllisyysvaikutuksen suotavuuden toteamisessa. Nämä ongelmat asettavat haasteita tutkimuspolitiikalle ja -toiminnalle.

Vaihtoehtoisia keinoryhmiä energian tuotannon ja kulutuksen päästöjen vähentämiseen ovat puhdistustekniikka ja polttotekniikka sekä hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa tehokkaammat polttoaineen vaihtaminen, energian tuotannon ja käytön tehostaminen, (energian) kulutuksen supistaminen ja talouden rakenteen muuttaminen. Kukin ryhmä voi sisältää lukuisia erilaisia teknisiä ratkaisuja, joita voidaan soveltaa monessa eri laajuudessa. Vaih-

toehtojen määrittely ei ole ongelmaton. Vaihtoehtojen löytymisen edellyttää kyseisen tekniikan asiantuntemusta, usein myös talouden toimintaa ja kuluttajien käyttäytymistä koskevan tiedon asiantuntemusta. Periaatteessa kaikki mahdolliset keinot tulisi ottaa mukaan vaihtoehtojen valikoimaan. Vain mukaan otettuihin vaihtoehtoihin kohdistetaan arviointiprosessiin liittyviä tutkimusresursseja, mikä saattaa olla merkittävää ko. tekniikan kehitysmahdollisuuksien kannalta. Lisäksi energian tuotannon ja käytön tehostaminen ja kulutuksen supistaminen saattavat edellyttää laajoja muutoksia esim. kulutuksen rakenteessa yleensä, joten näiden vaihtoehtojen vertailu yksittäisten teknisten ratkaisujen kanssa on hankalaa. Vaarana voi olla se, että vertailtavuuden hyväksi tingitään vaihtoehtojoukon edustavuudesta.

Vaihtoehtojoukon muodostumiseen vaikuttavia päätöksiä tehdään eksplisiittisesti ja implisiittisesti monilla tasoilla, alkaen joistakin eduskunnan budjettipäätöksistä komiteanmietintöjen tekstin ja hallinnollisten rahoituspäätösten kautta tutkijoiden suorittamiin tutkimusten rajauspäätöksiin.

Uusi ulottuvuus vaihtoehtojoukkoon saadaan, jos pohditaan myös sitä, millaisilla ohjauskeinoilla kukin päätösvaihtoehto voitaisiin toteuttaa.

Jotta päätösmahdollisuuksia voitaisiin vertailla keskenään, on arvioitava, minkälaisiin tulevaisuudennäkyymiin eri vaihtoehtojen valinta johtaisi. Vaihtoehtojen seurauksia arvioitaessa joudutaan tekemisiin useiden vaikeiden periaatteellisten ja käytännöllisten ongelmien kanssa, joita ovat esim. mittaamisen ja yhteismitallistamisen ongelmat, vaikutusten jakautuminen, alueelliset piirteet ja riskeihin suhtautuminen. Seurauksia ovat esim. vaikutukset ympäristöön ja terveyteen, vaihtoehtojen taloudelliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset kuten kustannukset, työllisyysvaikutukset, vaikutukset ulkomaankauppaan, vaikutukset energiahuollon varmuuteen ja kuluttajien hyötyyn, sekä poliittiset vaikutukset. Energian käytön vähentämiseen perustuvien ratkaisujen edullisuuden arvioiminen edellyttää erityisesti investointien kautta ympäristöön kohdistuvien kerrannaisvaikutusten ja taloudellisten vaikutusten selvittämistä. On myös tärkeää huomata, että investointien aiheuttama taloudellinen rasitus voi johtaa muiden investointimah-

dollisuuksien supistumiseen, jolloin aikaisempaa vähemmän saastuttavan teknologian kehittyminen ja leviäminen käyttäjille viivästyy.

Kun vaihtoehtojen seurauksista on saatu tietoa, on syytä tarkistaa, mitkä vaihtoehdot toteuttavat asetettuja tavoitteita tehokkaasti. Tehokas vaihtoehto on kussakin vaihtoehtoparin vertailussa parempi ainakin jonkin tavoitteen osalta. Toisin sanoen vaihtoehto on tehoton, jos jokin toinen vaihtoehto edistäisi jonkin tavoitteen saavuttamista ilman, että mistään muusta tavoitteesta joudutaan tinkimään.

Mikäli edellä käsiteltyt vaiheet eivät vielä ole johtaneet jonkin vaihtoehdon valintaan, voidaan edetä päätösmahdollisuuksia vastaavien tulevaisuudennäkymien arvostamiseen. Tässä vaiheessa voidaan painottaa tavoitteita formaalisten preferenssimallien avulla, ja johtaa vaihtoehtojen paremmuusjärjestys näin saadun preferenssirakenteen sekä vaikutuksia koskevien tietojen avulla. Tavoitteiden painoja tai niistä vallitsevaa yksimielisyyttä ei tulisi pitää itsestään selvinä. Olisiko esimerkiksi mahdollista, että ympäristön laatu saisi suuremman painon suhteessa (muuhun) materiaaliseen elintasoon kuin miltä näyttää kulutustottumuksia tarkkailtaessa, jos olisi takeita siitä, että uhraukset todella johtaisivat ympäristön laadun paranemiseen ja ettei free rider -ongelmaa olisi?¹¹

Herkkyysanalyysissä lopulta kokeillaan, miten mallin tulokset muuttuvat, kun lähtötiedot ja mallin rakenne muuttuvat. On tärkeätä selvittää, missä rajoissa toisaalta eri ryhmien arvostukset, toisaalta asiantuntijoiden käsitykset vaihtoehtojen seurauksista saavat liikkua ilman, että vaihtoehdoille laadittu paremmuusjärjestys muuttuu. Tässä kohdassa käsiteltäviä kysymyksiä ovat esimerkiksi seuraavat: Kuinka suuri pitäisi ympäristötavoitteen arvostuksen olla suhteessa muihin tavoitteisiin, jotta kulutuksen supistaminen nousisi tärkeäksi keinoksi? Millä ydinvoimalan purkamisen hinnalla ydinvoima tulee epäedullisemmaksi kuin energian käytön tehostaminen?

¹¹ Uusitalon (1986) tutkimustulokset antavat pohjaa tämän suuntaiselle arviolle.

Kun toteutettava päätösvaihtoehto on valittu, sen toteuttamiseksi valitaan keinot. Eri päätösvaihtoehdot saattavat edellyttää erityyppisten ohjauskeinojen käyttöä, ja niihin liittyvät valvonnan tarpeet ja mahdollisuudet vaihtelevat myös. Päätöksen toteutumisesta kerätään tietoa, sekä suunniteltujen että tahattomien vaikutusten osalta. Tässä vaiheessa voidaan siis myös täsmentää tulevien päätösten avuksi niitä arvioita päätösvaihtoehtojen seurauksista, joihin tarkasteltava päätös perustui. Toteutumista koskeva tieto ja ulkopuolisen tilanteen muuttuminen yhdessä tai erikseen johtavat jatkuvasti uusien päätöstilanteiden syntymiseen.

KIRJALLISUUS

Blok, Kornelis (1989). A Dutch supply curve for energy conservation techniques. Paper presented to the ETSAP-workshop, International Energy Agency, Paris, 22-28 June, 1989.

Bodlund, Birgit, Evan Mills, Tomas Karlsson & Thomas B. Johansson (1989). The challenge of choices: technology options for the Swedish electricity sector. Teoksessa Johansson, Thomas B., Birgit Bodlund & Robert H. Williams (toim.): Electricity: Efficient end use and new generation technologies, and their planning implications. Lund: Lund University Press.

e-lab (1989a). Electricity for New England: New Approach to Utility Planning. e-lab (current research at the Energy Laboratory, MIT), April-September 1989, 1-4.

e-lab (1989b). Removing carbon dioxide from power plant emissions. e-lab (current research at the Energy Laboratory, MIT), April-September 1989, 4-6.

Federal/Provincial/Territorial Task Force on Energy and the Environment (1989). Report on reducing greenhouse gas emissions. Canada.

Hohmeyer, Olav (1988). Social Costs of Energy Consumption: External Effects of Electricity Generation in the Federal Republic of Germany. Berlin ym: Springer-Verlag.

IEA & OECD (1988). Energy policies and programmes of IEA countries. Paris, OECD.

Ingberg, Mikael (1989). Ympäristöveroja vai hallinnollista ohjausta. PTT Katsaus 4/1989, 20-22.

Karjalainen, Risto & Raimo P. Hämäläinen (1989). Riskianalyysi energiapoliittisessa päätöksenteossa. Helsinki University of Technology. Systems Analysis Laboratory. Research Reports B15, November 1989.

Kasanen, Pirkko (1990). Energian säästön määrittely. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskustelunaiheita 316.

Kasanen, Pirkko, Maija Koponen & Jyrki Kähkönen (1989). Suomen energiahuollon kansainväliset uhkatekijät. Nordia tiedonantoja Sarja A No.1 1989.

Kasanen, Pirkko & Rauli Svento (1989). Survey of the recent literature on the valuation of environmental goods. Oulun yliopiston taloustieteen osasto tutkimuksia No. 31.

Keepin, Bill & Gregory Kats (1988). Greenhouse warming: Comparative analysis of nuclear and efficiency abatement strategies. Energy Policy December 1988, 538-561.

Komiteanmietintö 1989:11. Energiakomitean mietintö.

Kram, T. & P.A.Okken (1989a). Two "low CO2" energy scenarios for the Netherlands. Prepared for IEA/OECD Expert seminar on energy technologies for reducing emissions of greenhouse gases. Paris, 12-14 April, 1989.

Kram, T. & P.A. Okken (1989b). National report for the Netherlands (First draft). The IEA Energy Technology Systems Analysis Project-/Annex III. Prepared for IEA/ETSAP Workshop, Paris, 22-28 June 1989.

KTM (1989a). Energia, kansantalous ja yhteiskunta. Energiakomitean yhteiskunnallisten ja taloudellisten vaikutusten jaoston selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiasasto. Sarja C:21.

KTM (1989b). Energiantuotannon ja -käytön ympäristö-, luonto- ja terveysvaikutukset. Energiakomitean ympäristö- ja terveysvaikutusten jaoston selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiasasto. Sarja C:22.

Lovins, Amory B. (1989). End-use/least-cost investment strategies. 14th Congress of the World Energy Conference Montreal 17-22 September 1989 "Energy for Tomorrow" 2.3.1.

OECD (1989). Environmental Policy Benefits: Monetary Valuation. Paris, OECD.

OECD Environment Committee, Group of economic experts (1989). Methodological guidelines for assessing the socio-economic impacts of climate change. OECD Environment Directorate Env/Eco/89.5.

Paldanius, Jari (1986). Suomen vaihtoehtoiset energiajärjestelmät: ekopoliittinen näkökulma. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiasasto. Sarja B:61.

Ruostetsaari, Ilkka (1987). Energiapolitiikka ja vaikuttajat. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiasasto. Sarja B:67.

Seppäläinen, Timo O. & Raimo P. Hämäläinen (1986). Päätösanalyysi ja sen energiapoliittiset sovellutukset. Helsinki University of Technology. Systems Analysis Laboratory. Research Reports B8, June 1986.

Törnqvist, Leo & Leif Nordberg (1968). Päätöntätieteen keskeisiä ongelmia. Porvoo, Helsinki: WSOY.

Uusi Suomi 22.10.1989. Kustannukset miljardiluokkaa.

Uusitalo, Liisa (1986). Suomalaiset ja ympäristö. Tutkimus taloudellisen käyttäytymisen rationaalisuudesta. Acta Academiae Oeconomicae Helsingiensis Series A:49. Helsinki.

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. Oxford, New York: Oxford University Press.

Ympäristöministeriö (1988a). Rikkipäästöjä rajoittavien valtioneuvoston päätösten perusteet. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Sarja D 40/1988.

Ympäristöministeriö (1988b). Energiantuotannon typen oksidien päästöjen teknistaloudelliset vähentämismahdollisuudet. Energiasuoritusryhmän mietintö. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Sarja C 33/1988.

Ympäristöministeriö (1989). Olemassaolevien energiantuotantolaitosten typen oksidien päästöjen rajoittaminen. Energia-suoritusryhmän mietintö 2. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Mietintö 43.

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY
LÖNNROTINKATU 4 B, SF-00120 HELSINKI

Puh./Tel. (90) 601 322
Int. 358-0-601 322

Telefax (90) 601 753
Int. 358-0-601 753

KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

- No 301 VESA KANNIAINEN, The Arch Model and the Capm: A Note. 30.10.1989. 10 p.
- No 302 VESA KANNIAINEN, Research Issues in Corporate Taxation. 30.10.1989. 10 p.
- No 303 TOM BERGLUND, Perceived and Measured Risk; An Empirical Analysis. 30.10.1989. 29 p.
- No 304 SEVERI KEINÄLÄ, Finnish High-Tech Industries and European Integration; Sectoral Study 2: The Data Processing Equipment Industry. 01.11.1989. 44 p.
- No 305 MASSIMO TAZZARI, Numeeriset yleisen tasapainon ulkomaankaupan mallit, teoria ja sovellutuksia. 02.11.1989. 64 s.
- No 306 JUKKA LASSILA, Preliminary Data in Economic Databases. 10.11.1989.
- No 307 SEVERI KEINÄLÄ, Finnish High-Tech Industries and European Integration; Sectoral Study 3: The Pharmaceutical Industry. 15.11.1989.
- No 308 T.R.G. BINGHAM, Recent Changes in Financial Markets: The Implications for Systemic Liquidity. 12.12.1989. 39 p.
- No 309 PEKKA ILMAKUNNAS, A Note on Forecast Evaluation and Correction. 27.12.1989. 13 p.
- No 310 PEKKA ILMAKUNNAS, Linking Firm Data to Macroeconomic Data: Some Theoretical and Econometric Considerations. 27.12.1989. 38 p.
- No 311 THOMAS WIESER, What Price Integration? Price Differentials in Europe: The Case of Finland. 27.12.1989. 30 p.
- No 312 TIMO MYLLYNTAUS, Education in the Making of Modern Finland. 22.02.1990. 36 p.
- No 313 JUSSI RAUMOLIN, The Transfer and Creation of Technology in the World Economy with Special Reference to the Mining and Forest Sectors. 23.02.1990. 34 p.
- No 314 TOM BERGLUND - LAURA VAJANNE, Korkoepävarmuus valuuttaoptioiden hinnoittelussa. 06.03.1990. 21 s.

- No 315 TOM BERGLUND - EVA LILJEBLOM, The Impact of Trading Volume on Stock Return Distributions: An Empirical Analysis. 15.03.1990. 27 p.
- No 316 PIRKKO KASANEN, Energian säästön määrittely. 06.04.1990. 52 s.
- No 317 PENTTI VARTIA, New Technologies and Structural Changes in a Small Country. 17.04.1990. 15 p.
- No 318 TIMO MYLLYNTAUS, Channels and Mechanisms of Technology Transfer: Societal Aspects from a Recipients Viewpoint. 17.04.1990. 21 p.
- No 319 TOM BERGLUND, Earnings Versus Stock Market Returns; How Betas Computed on These Variables Differ. 24.04.1990. 12 p.
- No 320 VESA KANNIAINEN, Intangible Investments in a Dynamic Theory of a Firm. 27.04.1990 30 p.
- No 321 ROBERT HAGFORS, Välillisen verotuksen muutosten hyvinvointivaikutukset - Näkökohtia arviointimenetelmistä. 11.05.1990. 23 s.
- No 322 VESA KANNIAINEN, Dividends, Growth and Management Preferences. 23.05.1990. 23 p.
- No 323 PEKKA ILMAKUNNAS, Do Macroeconomic Forecasts Influence Firms' Expectations? 28.05.1990. 26 p.
- No 324 PEKKA ILMAKUNNAS, Forecast Pretesting and Correction. 28.05.1990. 22 p.
- No 325 TOM BERGLUND - EVA LILJEBLOM, Trading Volume and International Trading in Stocks - Their Impact on Stock Price Volatility. 04.06.1990. 23 p.
- No 326 JEAN MALSOT, Rapport du printemps 1990 - Perspectives à moyen terme pour l'économie européenne (Euroopan keskipitkän aikavälin näkymät). 08.06.1990. 31 p.
- No 327 HILKKA TAIMIO, Naisten kotityö ja taloudellinen kasvu Suomessa vuosina 1860-1987, uudelleenarvio. 20.06.1990. 56 s.
- No 328 TOM BERGLUND - STAFFAN RINGBOM - LAURA VAJANNE, Pricing Options on a Constrained Currency Index: Some Simulation Results. 28.06.1990. 43 p.
- No 329 PIRKKO KASANEN, Energian säästö ympäristöhaittojen vähentämiskeinona, päätöksentekokehikko energian ympäristöhaittojen vähentämiskeinojen vertailuun. 01.07.1990. 41 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on rajoitetusti saatavissa ETLAn kirjastosta tai ao. tutkijalta. Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress; they can be obtained, on request, by the author's permission.