ETLA ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

Keskusteluaiheita
Discussion Papers
1.6.2011

No 1252

Innovaatiotoiminta

Näkemyksiä ympäristö- ja energia-alaan

Jari Hyvärinen*

* ETLA – Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, jari.hyvarinen@etla.fi

Raportti kuuluu ETLA:n ja Tekesin yhteishankkeesseen, jossa selvitetään tuottavuuden, kansainvälisen tuotannonjaon, talousennusteiden ja innovaatiotoiminnan vaikuttavuuden yhteyksiä.

Kiitän Paavo Sunia lukuisista vinkeistä taustamateriaalin ja aineiston suhteen.

ISSN 0781–6847

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä	2
1	**Johdanto**	**3**
2	**Ympäristö ja yhteiskunta**	**4**
	2.1 Ympäristönmuutos ja ilmaston lämpeneminen	4
	2.2 Ympäristön tila Suomessa	10
3	**Kestävä kehitys ympäristö- ja energia-alan näkökulmasta**	**16**
	3.1 Ympäristö- ja energia-alan markkinat	16
	3.2 Uusiutuva energia	21
4	**Ympäristö- ja energia-alan investoinnit ja resurssit**	**29**
	4.1 Investoinnit	29
	4.2 T&k- ja innovaatiotoiminta	31
	4.3 Resurssit	34
5	**Lopuksi**	**36**
	Lähteet	38

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitetään ympäristö- ja energia-alan rakenteita ja haasteita ilmaston lämpenemiseen. Siinä tarkastellaan aluksi ilmaston lämpenemisen vähentämiseen liittyviä tavoitteita, tutkimustuloksia sekä skenaarioita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Raportissa tutkitaan myös Suomen tavoitteita ympäristön parantamiseksi sekä Itämeren tilaa parantavia ratkaisuja. Raportin lopussa selvitetään markkinoita, liiketoimintaa, investointeja ja resursseja ympäristö- ja energia-alalla ja erityisesti uusiutuvassa energiassa sekä globaalisti että Suomessa.

Asiasanat: Ilmaston lämpeneminen, ympäristö, energia, uusiutuva energia, innovaatiotoiminta

Abstract

This study examines structures at the environment and energy sectors and those challenges to face ongoing climate change. Firstly it investigates goals behind steps how to decrease effects of climate change, and then research results and scenarios, which support to achieve these goals. Study also clarifies those goals set in Finland which improve environmental conditions, and moreover in the Baltic Sea. In the end, the study explores markets, business possibilities, investments and resources at the environment and energy sectors, and especially at the renewable energy sector both globally and in Finland.

Key words: Global warming, environment, energy, renewable energy, innovation activity

JEL: H23, O13, O33, O44

1 Johdanto

Ilmastonmuutos on esimerkki laajalle leviävistä ulkoisvaikutuksista. Ne maat, jotka sijoittavat vähäpäästöisiin teollisuuden ja palveluiden toimintamalleihin, eivät saa kaikkia investoimiaan hyötyjä itselleen. Toisaalta ilmastotalkoot luovat helposti vapaamatkustajan tilanteen eli maat, jotka saastuttavat enemmän, saattavat ottavat vastuuta vähemmän. Lisäksi joukossa on mukana matalan tulotason maita, joilla ei ole varaa investoida vähäpäästöiseen teknologiaan. Siksi onkin tärkeää saada kansainväliseen yhteistyöhön mukaan mahdollisimman laaja joukko ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia maita sekä saada sovittua mahdollisimman realistiset ilmastotavoitteet, joita kukin maa pystyy noudattamaan. Teollisuusmaiden koalitio ei tässä tilanteessa riitä, vaan mukaan on saatava sitoutettua nopeasti kasvavia kehittyviä maita. Samoin on tilanne Itämeren tilan parantamiseksi. Kaikkien Itämerta saastuttavien maiden on saatava aikaan yhteinen pitkäjänteinen strategia, joilla päästöjä vähennetään.

Elinkelpoisen ja puhtaan ympäristön turvaaminen sekä energiankulutuksen vähentäminen ovat sekä kansallisia että kansainvälisiä haasteita. Varautuminen ja sopeutuminen ilmastonmuutokseen edellyttää yhteiskunnan eri sektoreilta ennen kaikkea nykyistä parempaa kykyä hallita epävarmuutta ja reagoida joustavasti erilaisiin uusiin tilanteisiin. Lisäksi on entistä suurempi tarve hahmottaa ja hallita sekä oman alan arvoketjujen että muiden sektoreiden ympäristövaikutuksia. Tällä hetkellä energia- ja ilmastoalalla on ainakin seuraavia kotimaisia ja globaaleja haasteita:

1) Kansainväliseen ilmastomuutoksen ehkäisyyn sitoutuneet maat ovat kukin tarjonneet omia tavoitteitaan päästöjen vähentämiseksi. Yleisenä tavoitteena on asetettu lämpötilan nousun ylärajaksi kaksi astetta esiteolliseen aikaan nähden. Kansainvälisellä yhteistyöllä on saatava aikaan tilanne, jossa jokainen maa aidosti sopeuttaa omia päästöjään ympäristön kestokyvyn mukaan. Koska alan kehitys on regulaatiovetoista, sillä on suora vaikutus t&k- ja innovaatiotoimintaan. Kun tavoite on aidosti kansainvälisellä tasolla sovittu, niin sen jälkeen yritykset uskaltavat sitoutua t&k- ja innovaatiotoiminnan kasvattamiseen. Toimintoja on kehitettävä ja rakenteita muutettava päästöjen hillitsemiseksi yhteishengessä, jolloin päästörajoitukset luovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

2) Energiamarkkinoilla on havaittavissa kasvavaa hintojen volatiliteettia ja epävarmuutta saatavuudessa. Vähäpäästöiset energiainnovaatiot muuttavat tulevaisuudessa globaalin talouden rakenteita. Kun nämä innovaatiot ovat sekä päästöjä vähentäviä että tuottavia, niin energian tuotanto ja eritoten hinnoittelu irtaantuvat pitkällä aikavälillä fossiilisista polttoaineista. Tämä muuttaa energiamarkkinoiden riippuvuussuhteita.

3) Kuluttajien ja loppukäyttäjien valinnat ratkaisevat lopulta kestävän talouden kehityksen. Eettinen kulutus ja kuluttajien vastuu ympäristöstä ovat ratkaisevia tekijöitä, jotta tulevaisuuden investoinnit suuntautuvat kestävään kehitykseen perustuviin lopputuotteisiin. Siksi kuluttajille on tarjottava enemmän tietoa lopputuotteiden koko arvoketjun hiilijalanjäljestä. Pelkän lopputuotteen tuotantomuodon ympäristöystävällisyyden markkinointi ei ole pitkällä aikavälillä kestävä ratkaisu.

Myös vähäpäästöisen talouden oloissa tarvitaan tuottavuutta ja talouskasvua. Ilman talouskasvua ei saavuteta vähäpäästöistä elinkeinorakennetta, sillä vauraimmilla mailla – joissa talouskasvu on ollut nopeaa – on laajemmat toimintaedellytykset torjua ilmastonmuutosta. Ta-

louskasvu on siis väline, jolla ylläpidetään hyvinvointia ja samalla pidetään huolta ympäristön tilasta ja kestävästä kehityksestä. Kestävän kehityksen talouskasvulla rakennetaankin sen tyyppisiä palveluita ja teollisuustuotteita sekä julkisin varoin tarvittavaa infrastruktuuria kuten digitaalisia palveluja, jotka pitkällä aikavälillä takaavat kestäviä ratkaisuja.

Tämän raportin tavoitteena on hahmottaa ympäristö- ja energia-alan kokonaisuutta innovaatiotoiminnan vaikuttavuuden tueksi. Raportissa käydään läpi keskeisimpiä skenaariovaihtoehtoja, joitakin tutkimustuloksia sekä kansallisia strategioita, joiden tavoitteena on ilmastonmuutoksen ehkäiseminen. Raportti on osa ETLAn ja Tekesin yhteishanketta, jossa selvitetään tuottavuuden, kansainvälisen tuotannonjaon, talousennusteiden ja innovaatiotoiminnan vaikuttavuuden yhteyksiä.

2 Ympäristö ja yhteiskunta

Tässä luvussa tarkastellaan ympäristön muutoksen ja ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi tehtyjä tavoitteita sekä skenaarioita tavoitteiden toteuttamiseksi seuraavilla vuosikymmenillä. Lisäksi hahmotetaan Suomen roolia ja tavoitteita päästöjen vähentämiseksi sekä lyhyesti Itämeren tilaa.

2.1 Ympäristönmuutos ja ilmaston lämpeneminen

Ilmaston lämpenemisen johdosta uusiutumattomille luonnonvaroille haetaan vaihtoehtoja ja maailmanlaajuisesti puhutaan yhä enenevässä määrin uusiutuvien luonnonvarojen käytöstä energian, kemikaalien ja materiaalien tuotannossa. Eräs puhtaimmista uusiutuvan energian muodoista on aurinkoenergia, jota tuotetaan mm. aurinkopaneeleilla, sekä tuulivoima, mutta kemiallisten yhdisteiden ja materiaalien tuotto vaatii hiiltä sisältävää raaka-ainetta, biomassaa, erityisesti kasvimateriaaleja. Energian tuotannossa tulisikin tarkastella koko tuotantoketjua, eikä vertailla pelkästään esimerkiksi loppupäätä, jolloin polttoaine vapautuu poltettuna ilmakehään. Myös itse energian tuotantovaihe voi heikentää ilmaston laatua enemmän kuin fossiiliset polttoaineet, joten pitkällä aikavälillä kannattaa arvioida millä energiamuodolla olisi vähäpäästöisin tuotantoketju esimerkiksi hiili- tai ekologisella jalanjäljellä[1] mitattuna.

On esitetty arvioita siitä, että ilmaston lämpeneminen ei jakaudu tasaisesti. Arktisilla alueilla lämpötila on noussut liki kaksi kertaa niin nopeasti kuin maapallolla keskimäärin. Maa-alueilla lämpeneminen on ollut niin ikään kaksi kertaa niin voimakasta kuin merialueilla. Lämpeneminen ei myöskään välttämättä etene ajallisesti tasaisesti, vaan se voi välillä hidastua ja välillä taas kiihtyä. Jo tähänastinen lämpeneminen on aiheuttanut lukuisia muutoksia ympäristössä.[2] Näitä ovat mm.

- kylmien kausien väheneminen ja kuumien kausien lisääntyminen
- jäätiköiden massan, pohjoisen napa-alueen jääpeitteen ja ikiroudan supistuminen
- merenpinnan nousu
- satamisen, haihtumisen ja tuulten jakauman muutokset

[1] *Hiilijalanjälki* ilmoitetaan massana ja *ekologinen jalanjälki* ilmoitetaan pinta-alana.

[2] VNK (2009).

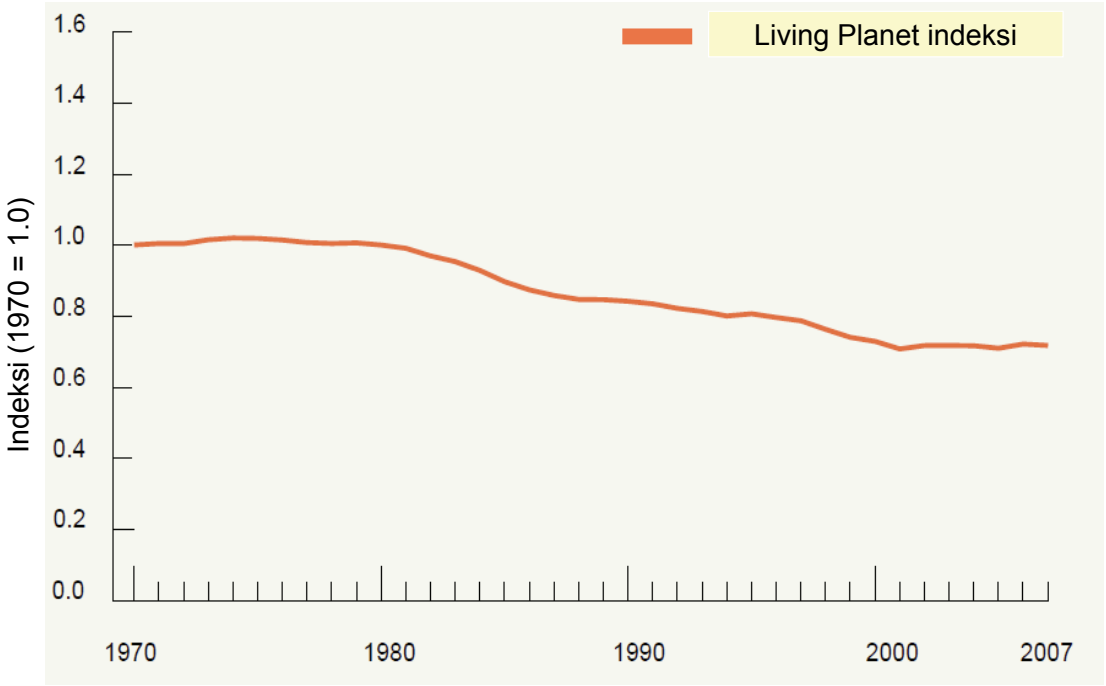
- kuivuuskausien voimistuminen ja piteneminen sekä rankkasateiden yleistyminen
- eliölajien siirtyminen viileämmän ilmaston perässä lähemmäs napoja ja korkeammalle

Kaikissa ilmastotekijöissä ei kuitenkaan ole havaittu muutoksia, eivätkä kaikki havaitut muutokset johdu ihmisestä. Esimerkiksi Antarktiksen merijää ei näytä supistuneen ja ilmastonmuutoksen yhteydestä trooppisten hirmumyrskyjen yleisyydestä on ristiriitaisia arvioita.

Vielä ei tarkalleen tiedetä, miten tiettyjen elintärkeiden asioidenkuten veden ja ruuan tuotannon painopisteet muuttuvat ilmaston lämpenemisen edetessä. Elintärkeät sateet voivat osua eri maantieteellisille alueille kuin tällä hetkellä ja aiheuttaa vilja- ja muiden satojen katokausia. Veden puute on ehkä tärkein este kehitysmaiden muulle kehitykselle. Monin paikoin kuivuus rajoittaa jo nyt merkittävästi ruuantuotantoa. Tärkeimpinä keinoina tavoitteen saavuttamiseksi on nähty integroitu vesivarojen hallinta ja kunnollinen vesihuolto. Integroidun vesivarojen hallinnan keskeinen periaate on koko vesistöalueen kokonaisvaltainen tarkastelu, jossa sovitetaan yhteen yhteiskunnan eri taloudellisten sektoreiden tarpeet ekologisesti ja sosiaalisesti kestävän kehityksen asettamissa rajoissa. Alueen asukkaiden aktiivinen osallistuminen on tärkeä osa prosessia.

Elinympäristömme on sidottu maapallon luonnon kiertokulkuun ja uudistumiseen. WWF:n raportin mukaan kulutamme luontoa nopeammin kuin se ehtii uudistua ja ihmisten luonnon pääomien kulutuksen kiihtyminen vaarantaa tulevaisuuden hyvinvoinnin.[3] WWF:n kehittämä Living Planet -indeksi on indikaattori, jonka avulla voidaan tarkkailla maapallon monimuotoi-

Kuvio 2.1 Living Planet -indeksi, 1970–2007



Lähde: WWF (2010).

[3] WWF (2010); The Living Planet Report (2010).

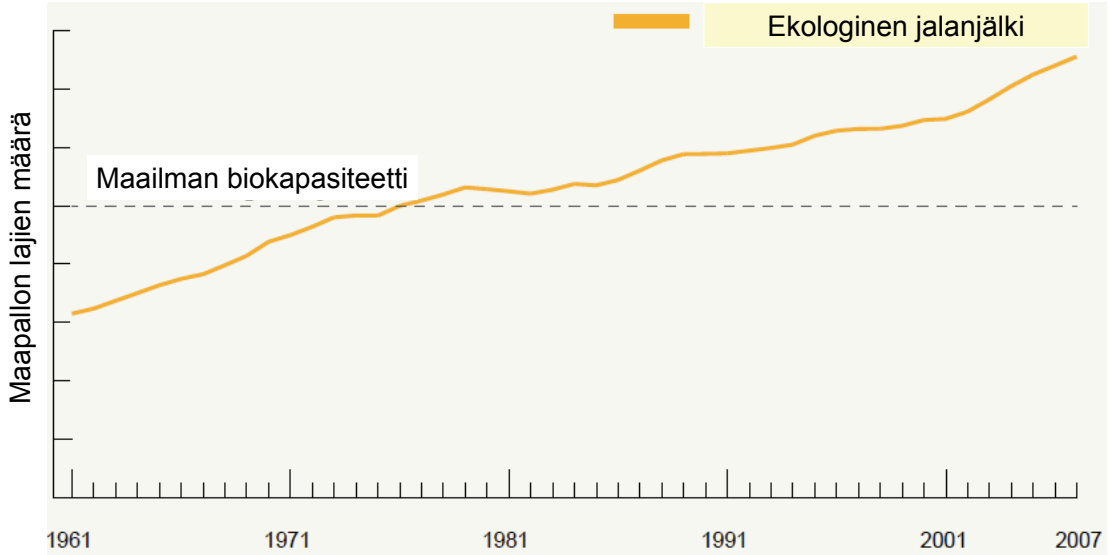
suutta. Indeksi mittaa luonnon kasvi- ja eläinlajien populaatioiden kehitystä hieman samalla tavalla kuin osakemarkkinaindeksit kertovat yritysten arvojen kokonaisuudesta tai kuluttajahintaindeksi ostoskorin hinnan kehityksestä. Indeksi osoittaa, että viimeisen 35 vuoden aikana maapallon kasvi- ja eläinlajien populaatiot ovat vähentyneet noin kolmanneksen.

Ekologinen jalanjälki on eräs laajaa huomiota saanut luonnonvarojen käytön mittari. Se kuvaa ihmisen kuluttamien uusiutuvien luonnonvarojen määrää suhteessa luonnon uusiutumiskykyyn ja hiilidioksidipäästöjen määrää suhteessa luonnon hiilensitomiskykyyn. Ekologinen jalanjälki ilmoitetaan laskennallisina hehtaareina, jotka ilmentävät kulutukseen ja jätteiden käsittelyyn tarvittavaa biologisesti tuottavaa aluetta. Jalanjälki voidaan laskea niin yksittäiselle ihmiselle kuin koko ihmiskunnallekin. Kaikkien ihmisten yhteenlaskettu ekologinen jalanjälki ylittää noin 50 prosentilla maapallon biokapasiteetin eli uusiutuvien luonnonvarojen tuottokyvyn.

Eri maanosissa on asetettu lämpötilan nousulle eräänlaisia takarajoja. Esimerkiksi Euroopan unioni on asettanut lämpötilan nousun rajaksi kaksi astetta. Rajoittamalla maapallon keskilämpötilan nousu kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan nähden voitaisiin merkittävästi rajoittaa ilmaston muuttumisesta seuraavia haittoja verrattuna tilanteeseen, jossa lämpötila nousisi selvästi yli kahden asteen tason. Tällaiset takarajat ovat keinotekoisia, mutta asettavat jonkinlaisia mittareita sille, missä haarukassa ilmaston lämpenemisen tulisi liikkua ja samalla antaa mahdollisuuden luoda keinoja, joilla lämpenemisen hillintään päästäisiin.

Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vakauttamisen edellytyksenä on päästöjen kasvun kääntyminen laskuun. Mitä alhaisempi vakautustaso, sitä aikaisemmin ja jyrkemmin päästöjen tulisi vähentyä. Seuraavien kahden tai kolmen vuosikymmenen aikana tehtävillä valinnoilla tulee olemaan suuri vaikutus mahdollisuuksiin saavuttaa alhaisia pitoisuustasoja.

Kuvio 2.2 Ihmiskunnan ekologinen jalanjälki, 1961–2005

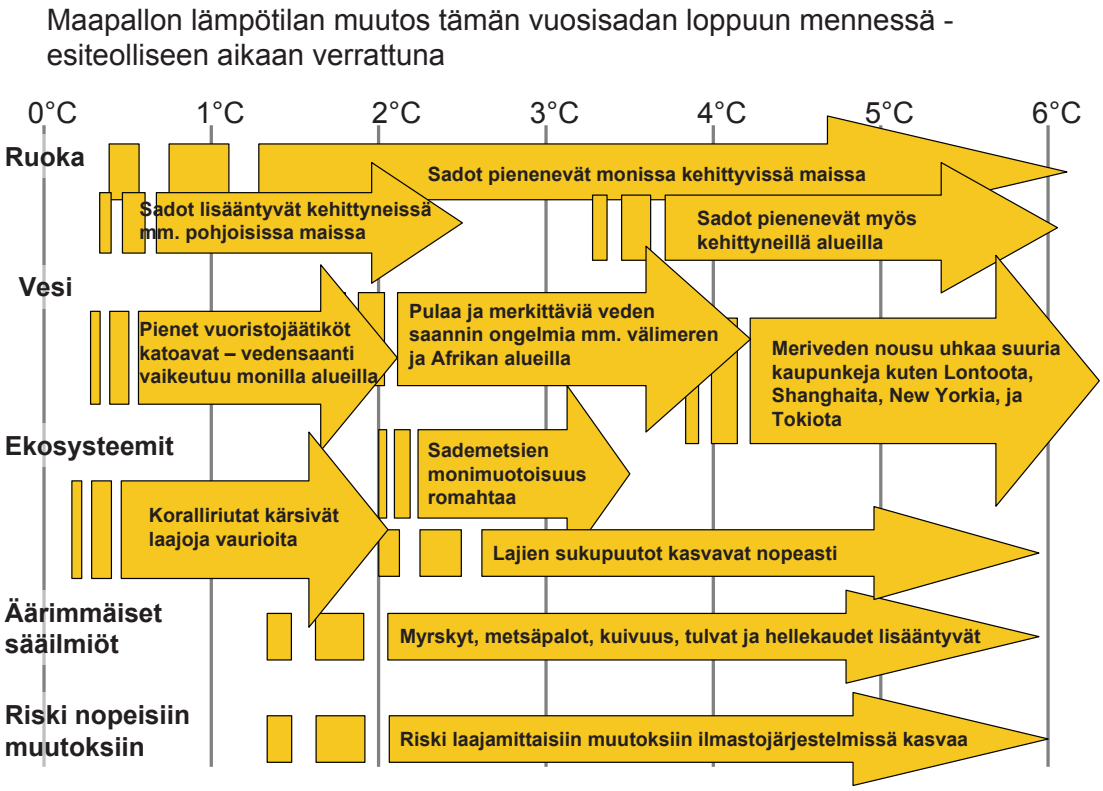


Lähde: WWF (2010).

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) julkaisi vuonna 2007 raportin, jossa arvioitiin eri skenaarioiden kautta, että maailman keskilämpötila nousisi tämän vuosisadan loppuun mennessä vähintään 1.1 astetta ja enintään 6.4 astetta.[4] Nämä skenaariot jaettiin neljään ryhmään demografisen, taloudellisen ja teknologisen kehityksen moottoreiden mukaan, mutta niiden sisään ei ole rakennettu erityisiä ilmastopoliittisia ohjelmia. Jos tämän vuosisadan kehitystä verrataan esiteolliseen aikaan, lämpeneminen olisi vähimmilläänkin lähes kaksi ja enimmillään jopa seitsemän astetta. Viime jääkauden ollessa laajimmillaan keskilämpötila oli 3–5 astetta nykyistä alhaisempi. IPCC:n arvioita tukevat muun muassa MIT:in (Massachusetts Institute of Technology) laskelmat, jonka mukaan lämpeneminen olisi suurella todennäköisyydellä jopa 3.5–7.4 astetta, ellei päästöjä rajoiteta.[5] Sternin (2006) raportissa esitettiin erilaisia skenaarioita ilmaston lämpenemisen vaikutuksista. Ne ovat samansuuntaisia kuin IPCC:n raportissa esitetyt skenaariot, jossa on kuvattu myös eri mantereille kohdistuvia vaikutuksia.

Taloustieteellisissä ympäristöalan tutkimuksissa ekonometriset simulointimallit ovat yleistyneet 1990-luvun alusta lähtien, ja näillä malleilla on tutkittu ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia talouteen. Näissä malleissa ovat peruslähtökohtana olleet kustannus-hyöty-analyysit, ja tavoitteena on arvioida minkälaisilla päästöjen lisäyksillä tai ilmaston lämpenemisellä on tietyn suuruiset vaikutukset esimerkiksi maiden tulotasoon BKT:llä mitaten. Mallit ovat

Kuvio 2.3 Ilmaston lämpenemisen vaikutuksia



Lähde: Stern (2006).

[4] IPCC (2007).

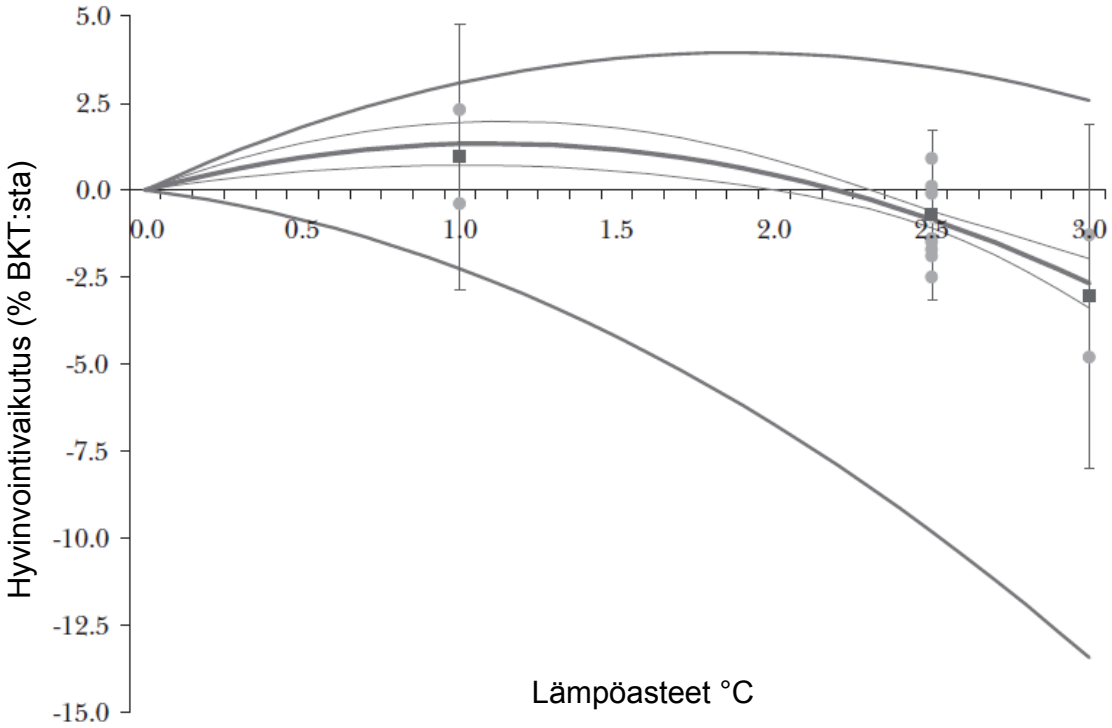
[5] VNK (2009).

suuntaa-antavia, koska tiettyjen päästöjen lopullisia vaikutuksia ilmaston muutokseen ei tarkalleen tunneta tai niitä ei pystytä huomioimaan malleissa. Myöskään tarkkojen kertoimien arviointi on haasteellista, kun tavoitteena ovat ilmaston lämpenemisen vaikutukset talouden eri tasoilla ja pitkällä aikavälillä.

Tol (2009) on tehnyt survey-tutkimuksen, jossa poimittiin 14 keskeisimmän tutkimuksen tulokset yhteen ja siltä pohjalta arvioitiin keskimäärin näiden mallien kautta ilmaston lämpötilan nousun vaikutuksia BKT:hen sekä heikoimmin että parhaiten selviytyvillä alueilla. Tarkasteluajanjaksona on käytetty vuosia 2000–2100, ja vaikutukset toteutuisivat vuosisadan loppupuoliskolla. Kuviossa 2.4 on esitetty näiden tutkimusten yhteenveto. Paksu käyrä keskellä kuvaa tuloksista tehdyn OLS-estimointikäyrää. Pallukat ovat estimaatteja, neliöt otoksen keskiarvoja, pystyviivat keskihajontoja ja ohuet käyrät 95 %:n luottamusvälejä. Kuvion mukaan käännepiste olisi noin 1.1 °C:n kohdalla, jonka jälkeen hyvinvointivaikutukset kääntyvät laskuun. Ulommat paksut käyrät kuvaavat kehitystä optimistisimpien ja pessimistisimpien skenaarioiden välillä, joilla hyvinvointivaikutukset ovat rajumpia.

Politiikkapäätökset, joita tehdään nyt, vaikuttavat näiden mallien mukaan vuoden 2050 jälkeen. Kansainvälistä yhteistyötä siis tarvitaan, koska yksittäisen maan politiikkavalinnat eivät ratkaise koko ongelmaa. Yhteistyö on myös poliittisesti haasteellista, koska hyödyt näkyvät pitkällä viiveellä ja niistä hyötyvät eniten tulevat sukupolvet. Lisäksi heikoimmassa asemassa tulevat olemaan matalan tulotason maat, jotka sijaitsevat kuumilla ilmastoalueilla ja joiden omat varat eivät riitä kansallisten päästöjen vähentämiseen. Kansainvälisillä ilmastoso-

Kuvio 2.4 Ilmaston lämpeneminen ja globaali talous



Lähde: Tol (2009).

pimuksilla on siis entistä vähemmän aikaa, ja pelkästään teollisuusmaiden yhteisymmärryksellä tilannetta ei ratkaista, vaan myös kehittyvät taloudet tarvitaan mukaan kansainvälisiin sopimuksiin.

Kohti kansainvälisesti yhdenpitävää ilmastosopimusta tähtäävä kokous pidettiin Kiotossa, jossa hyväksyttiin Kioton pöytäkirja vuonna 1997. Pöytäkirja tuli voimaan vuonna 2005, ja sen on ratifioinut vuoteen 2007 mennessä 176 maata. Kioton pöytäkirja velvoittaa kehittyneitä maita vähentämään kasvihuonekaasujen[6] päästöjä yhteensä 5.2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. Pöytäkirja ei asettanut kehitysmaille sitovia päästövähennysvelvoitteita, mutta velvoitti ne muun muassa laatimaan ja toteuttamaan ilmastonmuutosta hillitseviä toimintaohjelmia. Lisäksi Kioton pöytäkirja asetti kehittyneille maille tiukat ja yksityiskohtaiset raportointivelvoitteet, joissa kuitenkin maakohtaiset velvoitteet ovat erisuuruisia. Yhdysvallat jättäytyi pöytäkirjan ulkopuolelle.[7]

Kööpenhaminassa oli tavoitteena saada aikaan kansainvälinen sopimus ilmastonmuutoksen lievittämisestä vuoden 2012 jälkeen, jolloin Kioton sopimuksen voimassaolokausi päättyy. Kööpenhaminassa ei saatu aikaan sopimusta vaan ilmastojulistus, johon on kirjattu, että globaali lämpötilan nousu tulee pystyä pitämään alle kahdessa asteessa. Lisäksi kehittyneet maat antavat vuosittain köyhille maille yhteensä 100 miljardia dollaria ilmaston muutoksen hillitsemiseksi vuoteen 2020 saakka. Jotta teknologian siirtoon voidaan panostaa, kehittyneet maat ovat sitoutuneet uuden teknologian kehittämiseen ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.[8]

Kööpenhaminan ilmastokokouksen alla useat maat ilmoittivat sitoutuvansa kasvihuonekaasupäästöjensä vähentämiseen. Monet tahot, muun muassa EU, Kiina ja Yhdysvallat lupasivat päästöjen toteuttamiseksi alentamistavoitteensa.[9] Yhdysvalloissa toimiva EIA arvioi omassa katsauksessaan[10], minkä verran päästövähennyksiä olisi tehtävä, jotta lupaukset täyttyisivät sekä oman arvion päästövähennysten toteutumisesta vuoden 2010 alun tilanteessa.

Tulevaisuuden haasteena on se, että maat toteuttavat lupaamansa tavoitteet. Kööpenhaminan kokouksessa ei saatu aikaan kansainvälistä sitovaa sopimusta, joten maiden tavoitteet jäivät lupausten tasolle. Cancunissa, Meksikossa joulukuussa 2010 pidetyssä kokouksessa sovittiin erillisistä tavoitteista, joilla ilmastonmuutosta voidaan rajoittaa ja eritoten auttaa kehittyviä maita rakentamaan omia kestävän kehityksen tavoiteohjelmia. Eräs merkittävä tavoite oli sopia tarkemmista rajoitteista, joilla globaali ilmaston lämpeneminen saadaan pysäytettyä alle kahteen asteeseen. Tähän tavoitteeseen on tarkoitus päästä siten, että jokainen maa ottaa vastuun kansallisesti vähentää päästöjä, lisätä läpinäkyvyyttä sekä parantaa puhtaan teknologian kehittämistä ja leviämistä maiden välillä. Lisäksi on tavoitteena muun muassa lisätä rahoitusta kehittyvissä maissa, suojella metsiä ja kehittää instituutio- ja systeemitasolla keinoja, joilla tavoitteet voidaan toteuttaa.

Eräänä ilmastonmuutoksen vähentämisen keinona on ehdotettu päästöjen rajakustannusten veroa, jolla vähennettäisiin hiilidioksidipäästöjen kielteisiä ulkoisvaikutuksia ja kannustettai-

6 Hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, fluorihiilivedyt, perfluorihiilivedyt ja rikkiheksafluoridi.

7 www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi.

8 http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf.

9 http://unfccc.int/2860.php.

10 EIA (2010): International Energy Outlook.

Taulukko 2.1 Päästötavoitteet ja toteutuminen

Maa	*Vähennystavoite*	*Hiilidioksidi-päästöt, tavoitevuonna, Mt*	*IEO2010 arvio tavoitevuoden päästöistä[a], Mt*	*2007 päästöt, Mt*	*Tarvittava päästövähennys tavoitteen saavuttamiseksi, Mt*	*Vuosittainen vähennystarve*
Maat, jotka ovat sitoutuneet kaikkien päästöjen vähentämiseen						
Yhdysvallat	17 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä ja 83 % vuoteen 2050 mennessä	4 959	5 851	5 986	893	-1.4 %
EU	20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä	3 232	4 042	4 386	719	-2.1 %
	30 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä[b]	2 907	2 907	4 386	1 135	-3.1 %
Japani	25 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä	788	1114	1262	325	-3.6 %
Brasilia	36–39 % vuoteen 2020 mennessä	347	534	394	187	-1.0 %
Venäjä	15–25 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä	1 780	1 648	1 664	–	–
Maat, jotka ovat sitoutuneet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen						
Kiina	40–45 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä	9 810	9 057	6 284	–	–
Intia	20–25 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä	2 314	1 751	1 399	–	–

[a] Arvio tavoitevuoden päästöistä perustuu kunkin maan lakeihin ja asetuksiin vuoden 2010 alussa sekä olemassa olevaan teknologiaan, joilla päästöjä on tarkoitus vähentää.
[b] Jos vastaavansuuruisista päästövähennyksistä saadaan aikaan sitova kansainvälinen sopimus.

Lähde: EIA (2010): International Energy Outlook, s. 125.

siin energiatuotannon tehokkuuden lisäämiseen. Tällainen vero oli eräänlainen Pigoun sovellus kielteisten ulkoisvaikutusten korjaamiseen, joka voitaisiin asettaa joko tuottaja- tai kuluttajaverona. Auton käyttömaksu on esimerkki ympäristöverosta, jos se on sidottu ajoneuvon hiilidioksidipäästöjen määrään. Tämäntyyppisiä veroja on jo käytössä monessa maassa. Pigou-verosta ja sen kohteista on tehty lukuisia tutkimuksia. Esimerkiksi on estimoitu, kuinka suuri veron tulisi olla suhteessa hiilidioksidipäästöjä tonnia kohden. Lisäksi on tarkasteltu sopisiko vero paremmin tuottajalle vai kuluttajalle (ks. Tol (2009), s. 41, Tol (2008), s. 444).

2.2 Ympäristön tila Suomessa

Ilmastonmuutos ja Suomi

Suomella on erityisiä haasteita ja myös lukuisia mahdollisuuksia vähentää hiilidioksidipäästöjä. Eräs tapa kartoittaa näitä haasteita on käyttää ekologista jalanjälkeä, jota voidaan käyttää myös maa- ja asukaskohtaisesti. Suomalaisen keskimääräinen ekologinen jalanjälki henkilöä kohden on WWF:n Living Planet 2010 raportissa arvioitu noin 6 hehtaarin suuruiseksi. Laajan metsäalan ja harvan asutuksen ansiosta keskimääräinen biokapasiteetti Suomessa on noin

12 hehtaaria jokaista suomalaista kohden. Maailmassa biologisesti tuottavaa pinta-alaa riittää vain noin 2 hehtaaria yhtä ihmistä kohden.

Erityisesti luonnon monimuotoisuuden ja siihen vaikuttavien tekijöiden (maankäyttömuotojen ja maisemarakenteen muutokset, metsien pirstoutuminen) kehityksen seuranta Suomen kaltaisessa, pinta-alaltaan suuressa ja harvaanasutussa maassa, asettaa seurantamenetelmille erityisiä vaatimuksia. Tähän nykyaikaiset kaukokartoitus- ja paikkatietomenetelmät, yhdessä mobiiliteknologian ja hyvin kehittyneiden tietojärjestelmien kanssa, antavat hyvät edellytykset. Suomi on edelläkävijöiden joukossa näiden menetelmien kehittämisessä ja soveltamisessa, ja osaamiskokonaisuudelle on runsaasti kysyntää myös kansainvälisesti.[11]

Suomessa ympäristön tämänhetkistä tilaa, ilmastotavoitteiden kartoitusta tulevaisuudessa ja näihin liittyviä toimenpiteitä on selvitetty eri skenaarioiden avulla. Valtioneuvoston kanslian (VNK, 2009) tulevaisuusselontekoa varten laadittiin asiantuntijavoimin neljä skenaariota. Nämä esimerkinomaiset vähäpäästöisen Suomen polut nimettiin niiden johtoajatusten mukaan: tehokkuuskumous, kestävä arkikilometri, omassa vara parempi ja teknologia ratkaisee. Ohessa on listattu selonteon johtopäätökset Suomelle:[12]

- Energiatehokkuuden parantaminen edellyttää mm. uudisrakentamisen normien tiukentamista kohti nollaenergiatasoa ja velvoitteiden asettamista myös korjausrakentamiselle. Rakennuskannan uusiutumisen hitauden takia jo 2010-luvun talot on rakennettava vuoden 2050 tavoitteet huomioon ottaen. Kodinkoneiden ja muiden laitteiden tehokkuusnormeja tulee tiukentaa EU-tasolla.

- Vähäpäästöisen teknologian kehittämistä, kaupallistamista ja käyttöönottoa tarvitaan kaikilla poluilla. Erityisesti teknologiaharppauksia tarvitaan energiaintensiivisessä teollisuudessa ja biotalouteen siirtymisessä. Tämä edellyttää lisäsatsauksia tutkimukseen ja kehitykseen, kansainvälistä teknologiayhteistyötä sekä kotimarkkinoita synnyttäviä ohjauskeinoja.

- Kaikissa skenaarioissa uusiutuvaa energiaa tarvitaan merkittävästi lisää. Bioenergian käytön lisäys edellyttää korjuun ja varastoinnin tehostamista sekä työvoiman kouluttamista. Lisäksi tarvitaan uusia ratkaisuja suurten tuulimäärien integroimiseen energiajärjestelmään.

- Liikenteessä suurimmat päästövähennykset voidaan saavuttaa ottamalla käyttöön nopeasti tehokasta ajoneuvoteknologiaa, mikä edellyttää vahvoja ohjauskeinoja. Joukko- ja kevyen liikenteen suosiota on kasvatettava merkittävästi, mihin tarvittaneen sekä raideinvestointeja että taloudellisia ohjauskeinoja. Kestävien biopolttoaineiden kehittäminen ja käyttöönotto vaatii myös lisäsatsauksia.

- Maatalouden päästöjen merkittävä vähentäminen on haastavaa ilman kulutustottumusten muutoksia. Paljon päästöjä tuottavien ruokien käytön vähentäminen ja korvaaminen ilmastomyötäisemmillä helpottaisi päästötavoitteiden saavuttamista. Päästöjä voidaan vähentää myös kehittämällä tuotantomenetelmiä koko ketjussa. Jätteiden

[11] FinnSight 2015 (2006).

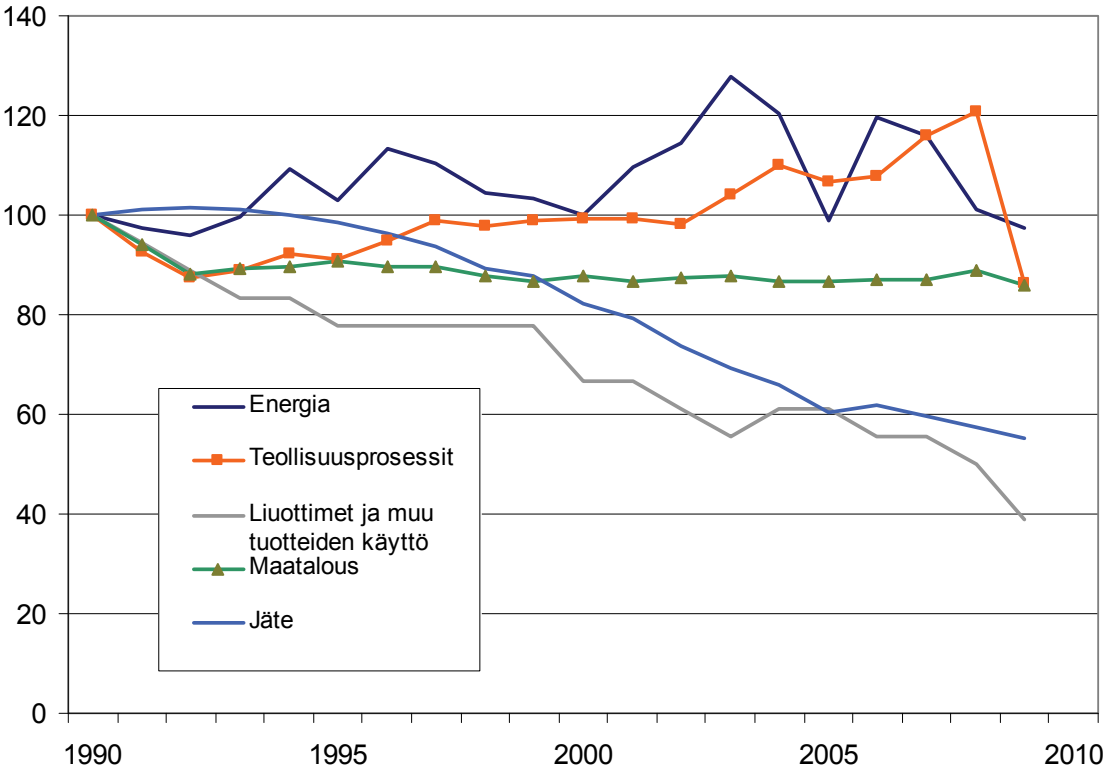
[12] VNK (2009).

kierrätyksen ja energiakäytön lisääminen sekä biohajoavan jätteen kaatopaikkakielto leikkaavat kaikissa skenaarioissa jätehuollon päästöjä.

Yllä kuvattua selontekoa on jo arvioitu siten, että sitä tulisi syventää eri sektoreille ilmasto- ja energiapoliittisiin talousvaikutuksiin työllisyydessä, teollisuudessa, investoinneissa, koulutuksessa ja maataloudessa. Myös skenaarioiden polkuriippuvuuksia kannattaisi näihin tekijöihin selventää. Lisäksi luonnonvarojen suhdetta ilmasto- ja energiapolitiikkaan tulisi täsmentää.[13]

Kun Suomen kasvihuonekaasupäästöjä[14] tarkastellaan viimeisen 20 vuoden aikana, niin energiateollisuuden ja teollisuusprosessien päästöt ovat säilyneet vuoden 1990 tasolla vahvasta talouskasvusta huolimatta. Maatalouden päästöt ovat myös säilyneet viime vuosina ennallaan, mutta sen sijaan jätesektorin sekä liuottimien ja muiden tuotteiden päästöt ovat vähentyneet merkittävästi viimeisen 20 vuoden aikana. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous-sektori (LULUCF[15]) on Suomessa nettonielu, sillä poistumat ilmakehästä ovat suuremmat kuin päästöt. Nettonielun suuruus vuonna 2008 oli 35.4 miljoonaa tonnia hii-

Kuvio 2.5 Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuosina 1990–2009, 1990=100



Lähde: Tilastokeskus.

[13] VNK (2011).

[14] Suomen kasvihuonekaasupäästöt vastasivat 70.1 miljoonaa tonnia hiilidioksidia (t CO2-ekv.) vuonna 2008 ja ne olivat noin 1.2 prosenttia alle Kioton pöytäkirjan velvoitetason.

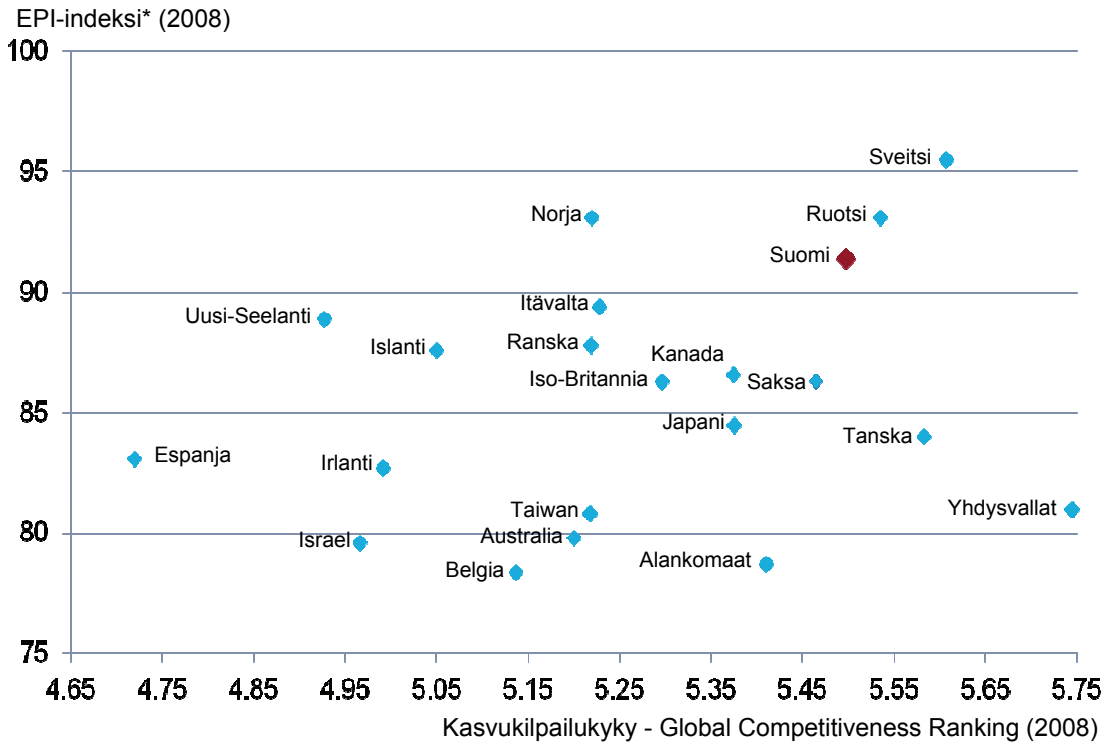
[15] LULUCF (Land use, land-use change and forestry) = Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätaloussektori kansallisessa kasvihuonekaasujen inventaariossa.

lidioksidia. Vuoden 2008 nettonielu oli noin 15 prosenttia edellisvuoden nielua suurempi. LULUCF-sektorin päästöjä ei kuitenkaan lasketa täysmääräisinä mukaan Kioton pöytäkirjan velvoitteeseen.

Kasvanut tietoisuus ilmastonmuutoksesta ja siihen liittyvistä uhkista on synnyttänyt paineen siirtyä ekologisesti kestävään tuotantoon ja kulutukseen. Painetta lisäävät raaka-aineiden ja energian niukkuus ja niiden jyrkästi nousseet hinnat.[16]

Kestävään kehityksen kansainvälisiä mittareita on lukuisia. Eräs mittari, jolla Suomen kestävän kehityksen tilaa voidaan verrata kansainvälisesti, on WEF:n kehittämä kestävän kehityksen ESI-ympäristöindeksi (Environmental Sustainability Index). Se on rypäs sosioekonomisia, ympäristö- ja insitutionaalisia indikaattoreita, jotka kuvaavat ja vaikuttavat ympäristön kestävyyteen kansallisella tasolla. ESI-indeksin mukaan Suomi sijoittui kansainvälisessä vertailussa kärkisijalle. Indeksiä on uudistettu ja se on nimetty EPI-indeksiksi (Environmental Performance Index), ja vuoden 2008 vertailussa Suomi sijoittui neljänneksi (kuvio 2.6). Ympäristön kestävä kehitys, energian käyttö ja ekotehokkuus nousevat jatkossakin entistä tärkeämmiksi.

Kuvio 2.6 Ympäristön laatu ja kasvukilpailukyky



* EPI = Environmental Performance Index

Lähteet: Global Competitiveness Report 2008–2009 (WEF) ja Environmental Performance Index (2008).

[16] Kansallinen innovaatiostrategia (2008).

EPI on rakennettu kuvaamaan kahden päätavoitteen ympäristövaikutuksia:

1. vähentää ympäristön vaikutuksia terveyteen (ympäristön terveystavoitteet); sairaudet ja ympäristön kuormitus, puhtaan veden vähenemisen vaikutukset ja ilman saastuminen vaikutukset ihmisiin sekä

2. suojella ekosysteemejä ja luonnonvaroja (ekosysteemin elinvoimaisuuden tavoitteet); ilman saastuminen (vaikutukset ekosysteemeihin), tuottavat luonnonvarat (metsänhoito, kalastus, maanviljelys), luonnon monimuotoisuus ja elinympäristö.

Itämeren tila

Itämeren saastumisen vähentäminen on tyypillinen esimerkki ulkoisvaikutusten merkityksestä. Pelkästään Suomen toimet eivät riitä Itämeren tilan parantamiseen vaan mukaan on saatava suurimmat typen ja fosforin kuormittajat, jotka ovat Puola ja Venäjä.

Itämeren pahin ongelma on rehevöityminen, joka on seurausta siitä, että vesistöön on joutunut liian suuria määriä typpeä ja fosforia. Ravinteita mereen joutuu mm. maa- ja metsätaloudesta, yhdyskuntien jätevesistä, teollisuudesta ja haja-asutuksesta. Rehevöitymisen näkyvinä merkkeinä ovat esimerkiksi jokakesäiset runsaat leväkukinnat, limoittuneet rannat ja samea vesi. Rehevöityminen on myös vaikuttanut eliöstöön - esimerkiksi särkikalojen lisääntymiseen arvostettujen ruokakalojen kustannuksella sekä ruokakalojen pitoisuuksien nousuna. Levät tuottavat myös myrkkyjä ja aiheuttavat massaesiintyminä terveysriskejä. Itämeren tila on kuitenkin hiljalleen parantunut, sillä kuormituksessa on tapahtunut selvää laskua viimeisen kymmenen vuoden ajalta (fosfori -15 % ja typpi -14 %). Tähän ovat vaikuttaneet valuma-alueilla tehdyt toimenpiteet, erityisesti teollisuuden ja yhdyskuntajätevesien tehokas puhdistaminen.[17]

Suurin osa Itämereen tulevasta raskasmetallikuormituksesta on peräisin valuma-alueen taajamista ja teollisuudesta, joka on kulkeutunut vähitellen Itämereen (n. 50 % lyijystä, 80 % elohopeasta ja 90 % kadmiumista). Loppuosa saapuu kaukokulkeutumana ilmakehässä. Raskasmetallit ovat kuormittaneet Itämerta aina 1900-luvun alkupuolelta asti, mutta viimeisten 30 vuoden kuluessa kuormitus on vähentynyt merkittävästi. Huolimatta yleisestä päästöjen ja Itämeren veden raskasmetallipitoisuuksien vähentymisestä ovat nämä pitoisuudet vielä useita kertaluokkia korkeampia kuin esimerkiksi Pohjois-Atlantilla.[18]

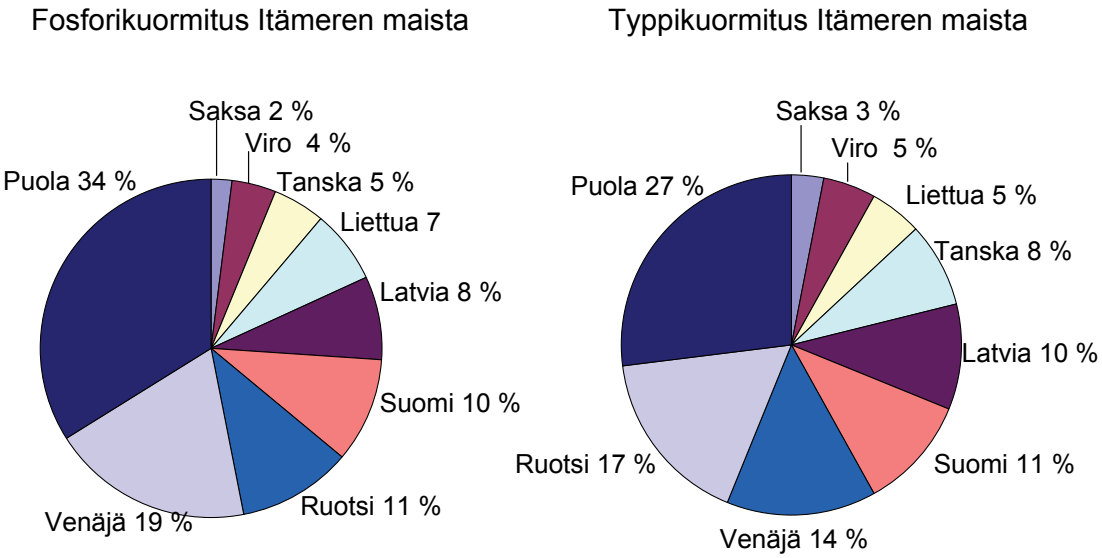
Viimeisen sadan vuoden aikana Itämeren alue on käynyt läpi monia yhteiskunnallisia ja taloudellisia muutoksia, joiden seurauksena Itämeren ympäristön tila on muuttunut dramaattisesti. Muuttuva taloudellinen ja poliittinen toimintaympäristö vaikuttaa ennen pitkää luonnonympäristön tilaan ja ympäristönsuojeluun, ja päinvastoin: tänä päivänä Itämeren heikko yleistila vaikuttaa voimakkaasti yhteiskunnallisiin toimintoihin. On olennaista tietää, mihin resursseja ja varoja tulee kohdistaa ja mitä yhteiskunnallisia rakenteita tarvitaan ponnistusten kohdentamiseksi oikein.[19] Lisäksi Itämeren alueen taloudellinen kasvu ja käyttöpaineet vaikuttavat Itämeren ekologiseen tilaan. Muun muassa Itämeri Argumenta -hankkeessa eri tieteenalojen

[17] Itämeren haasteet ja Itämeri-politiikka, Valtioneuvoston selonteko 23/2009.

[18] Itämeri 2008 – Merentutkimuslaitoksen Itämeriseurannan vuosiraportti.

[19] Itämeri Argumenta -hanke.

Kuvio 2.7 Rantavaltioiden osuus Itämeren kuormituksesta vuosina 2001–2006



Lähde: VNK 2007.

rooleja ja erilaisia näkemyksiä, tieteellisiä arvoja ja ymmärrystä pyritään sovittamaan yhteen keskustelemalla siitä, miten luonnontieteellisestä ja yhteiskunnallisesta perustutkimuksesta saatavaa tietoa voidaan soveltaa ja saada mukaan päätöksentekoon.

Itämeren tilan parantamiseen tähtääviä ohjelmia

Itämeren suojelu edellyttää julkisuutta, demokratiaa ja kansalaisaloitteellisuutta. Julkisuuden puute, demokratiavaje ja luonnonsuojeluliikkeen vastaisuus ovat selkeitä esteitä siirtymätalouksien maiden kansallisen ympäristöpolitiikan kehitykselle. Itämeren monimuotoisuuden suojelu edellyttää luovia ratkaisuja. Muun muassa seuraavia ohjelmia on käynnistetty Itämeren pelastamiseksi. 1) BIREME-ohjelman tavoitteena oli syventää Itämeren suojelun tueksi tarvittavaa tietopohjaa ja siten se osaltaan tuki myös Suomen hallituksen Itämeri -ohjelmaa; 2) BONUS ERANET -projektissa olivat mukana kaikki yhdeksän Itämeren maata (Latvia, Liettua, Puola, Saksa, Suomi, Ruotsi, Tanska, Venäjä ja Viro). BONUS ERANETin aihe oli tärkeä, sillä se tukee useita EU:n ajankohtaisia poliittisia tavoitteita muun muassa vesipuitedirektiiviä, meripolitiikkaa ja sen meriympäristöstrategiaa, kehitteillä olevaa Itämeri -strategiaa sekä Itämeren Suojelukomission Itämeren suojelun toimintaohjelmaa. Sen lisäksi, että ohjelma tuottaa uutta tietoa ja uusia työkaluja meriympäristön kestävän käytön tueksi se myös pyrkii parantamaan tutkimuksen ja päätöksenteon välistä tiedonkulkua.

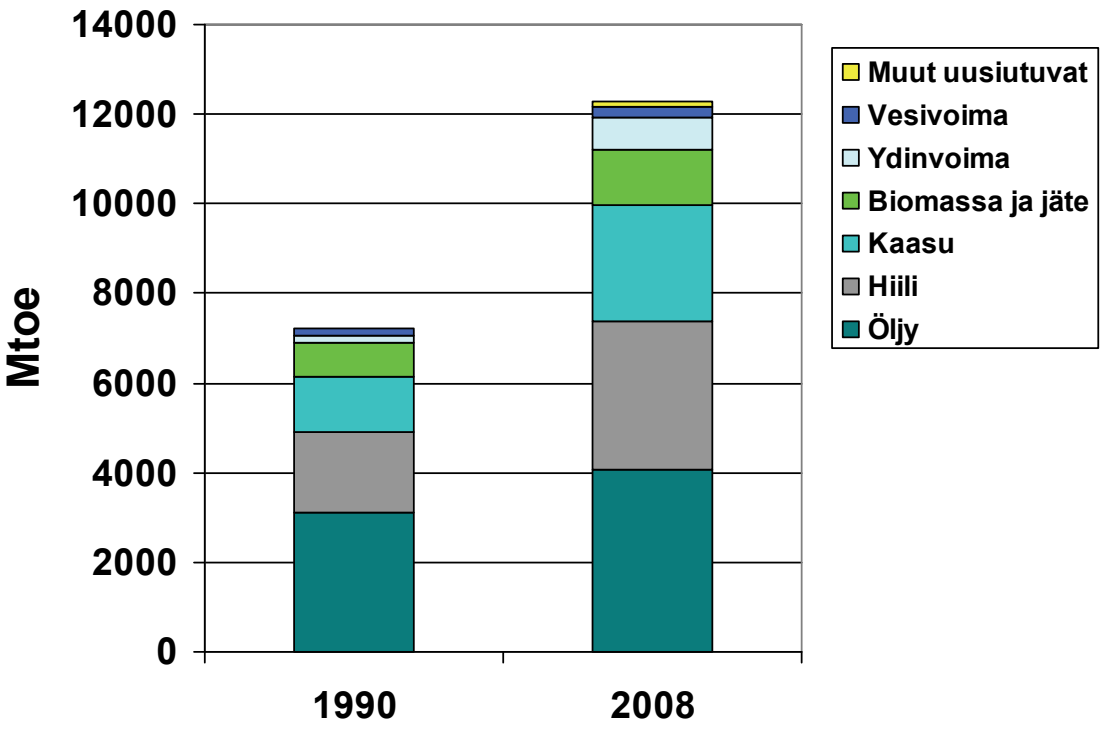
3 Kestävä kehitys ympäristö- ja energia-alan näkökulmasta

Tässä luvussa hahmotellaan ympäristö- ja energia-alan globaaleja kysyntätekijöitä, energian saatavuutta ja hintakehitystä sekä uusiutuvan energian kehitystä sekä globaalitasolla että Suomessa.

3.1 Ympäristö- ja energia-alan markkinat

Kuten kuviosta 3.1 havaitaan, energian kysynnästä suurin osa suuntautuu edelleen fossiilisiin polttoaineisiin, kuten öljyyn, maakaasuun ja hiileen. Energian käyttö on sidoksissa tulotason kasvuun lähes 1:1, mutta tämän sidoksen on tulevaisuudessa arvioitu heikkenevän, koska talouden rakenteet ovat muuttumassa vähemmän energiaintensiivisiksi ja teknologian kehittyminen tehostaa energian käyttöä. Kun energian kulutusta tarkastellaan sektoreittain, niin teollisuus, liikenne ja rakennusten lämmitys ja viilennys kuluttavat kukin noin kolmanneksen energiasta (kuvio 3.2). Seuraavan 20 vuoden aikana energian loppukysyntä teollisuudessa ja liikenteessä kasvaa OECD-maiden ulkopuolella ja erityisesti Kiinassa. Sen sijaan perinteisissä teollisuusmaissa energian loppukysynnän on arvioitu kasvavan rakennusten lämmityksessä.

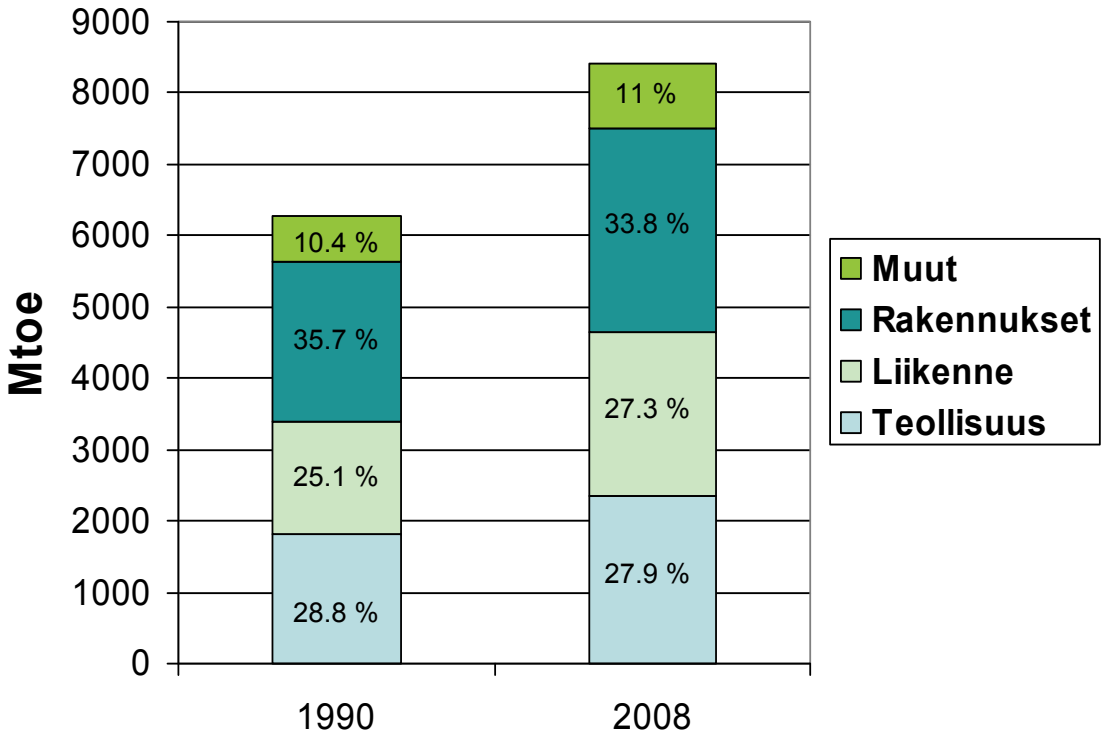
Kuvio 3.1 Primäärienergian* kysyntä globaalitasolla



* Primäärienergia (TPED, Total primary energy demand) sisältää energian tuotannon, muut energiasektorit poislukien sähkön ja lämmön tuotannon ja loppukysynnän poislukien sähkön ja lämmön tuotannon. toe (tonnes of oil equivalent) = öljyekvivalenttitonni, energiamäärä, joka vapautuu poltettaessa tonni raakaöljyä. Mtoe = megaöljyekvivalenttitonni

Lähde: IEA (2010).

Kuvio 3.2 Energian loppukysyntä* sektoreittain globaalitasolla



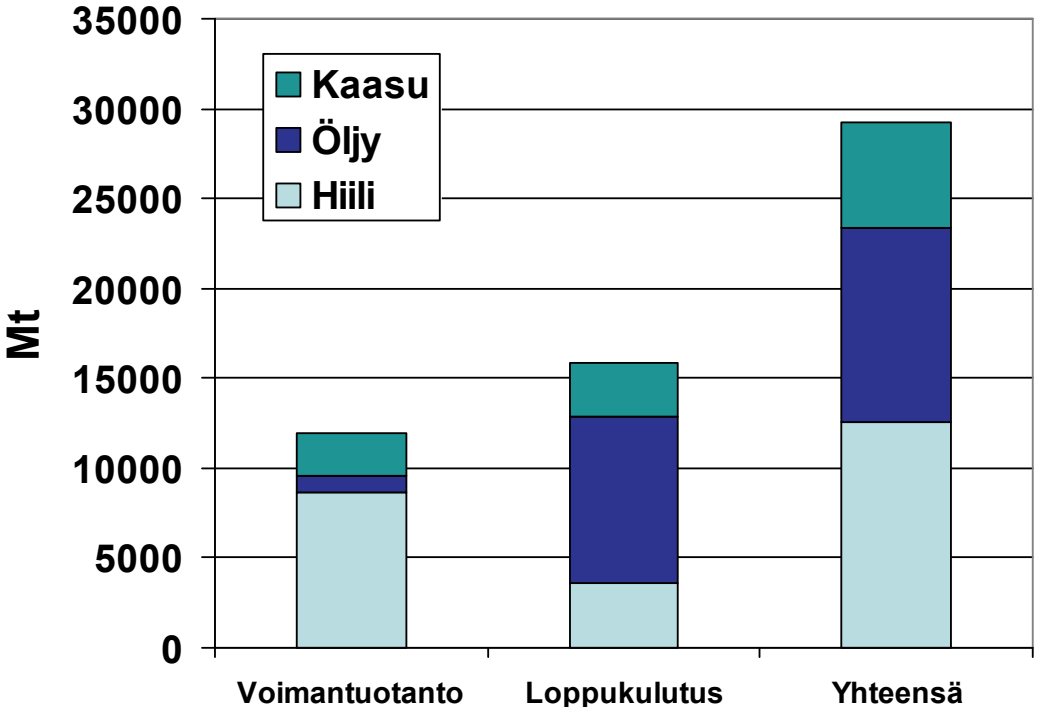
* Loppukysyntä (TFD, Total final demand) sisältää teollisuuden, liikenteen, rakennusten lämmityksen ja viilentämisen (asunnot ja palvelut) sekä muut (maatalous ja ei-energia käyttö).

Lähde: IEA (2010).

Hiilidioksidipäästöjen jakautumista globaalitasolla vuonna 2008 on vertailtu kuviossa 3.3. Päästöt on jaettu voimantuotantoon ja loppukulutukseen. Loppukulutuksen osalta liikenne aiheuttaa 40 % päästöistä. Hiilen päästöt ovat tässä vertailussa suurimmat – lähes kolmasosa kaikista päästöistä. Lisäksi IEA:n skenaarioiden mukaan hiilen päästöt ovat seuraavan kymmenen vuoden aikana kasvussa, koska erityisesti Kiinassa energian kysynnän kasvua ei voida tyydyttää kokonaan muilla energiamuodoilla. Myös muiden fossiilisten polttoaineiden kysynnän kasvu jatkuu kehittyvissä talouksissa ainakin 2020-luvulle saakka.

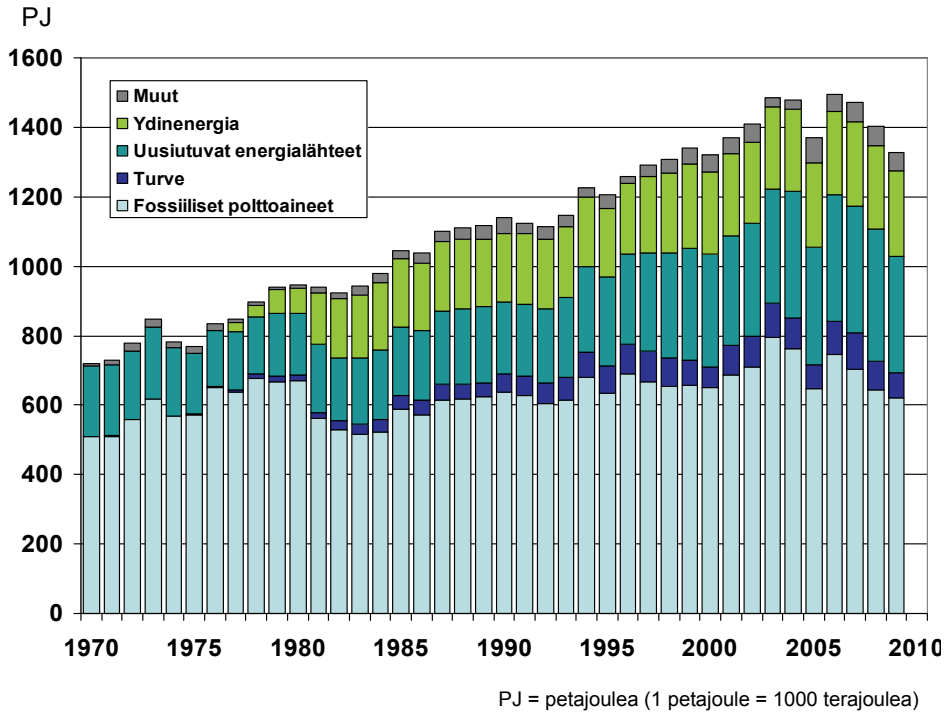
Suomen energian kulutuksen vähentämisessä on tiettyjä erityishaasteita, koska ilmaston lämpötila on alhainen pohjoisen sijainnin takia ja Suomi on harvaan asuttu maa. Myös Suomen teollisuuden rakenne on energiavaltaisempi, jos sitä verrataan esimerkiksi muihin kehittyneisiin maihin. Toisaalta tärkeää ei ole niinkään energian kulutuksen määrä vaan se, millä energiaa tuotetaan. Vuonna 2008 energian kokonaiskulutuksesta uusiutuvan energian osuus oli 28 %. Tilastokeskuksen tietojen mukaan energian tuotannon ja käytön hiilidioksidipäästöt ovat viime vuosina vähentyneet. Kun tarkastellaan energian kulutusta pitkällä aikavälillä, niin kuvion 3.4 mukaan fossiilisten polttoaineiden käyttö on pysynyt samalla tasolla ja uusiutuvien energialähteiden käyttö on tasaisesti kasvanut.

Kuvio 3.3 Hiilidioksidipäästöjen jakautuminen globaalitasolla vuonna 2008



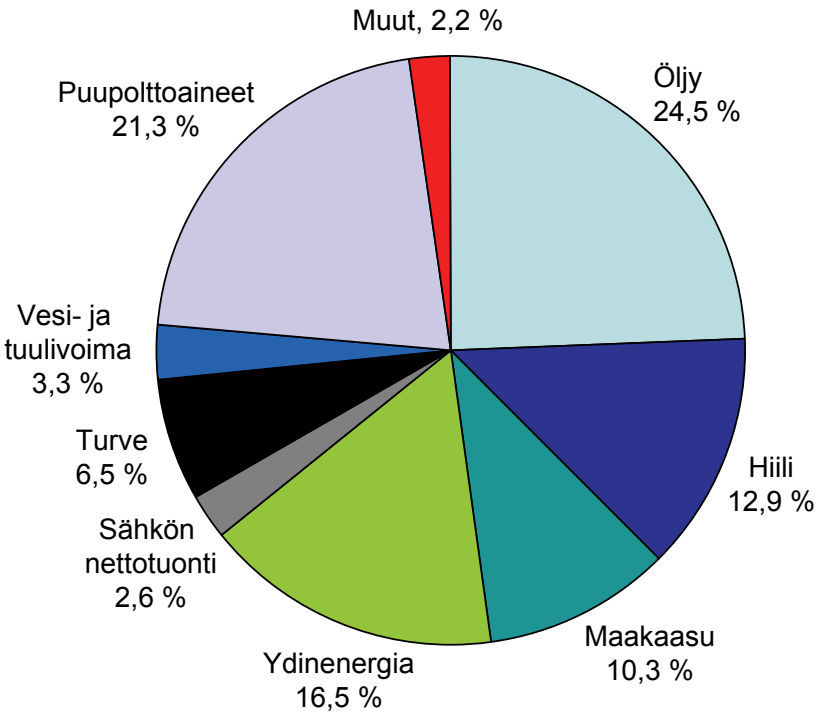
Lähde: IEA (2010).

Kuvio 3.4 Energian kokonaiskulutus suomessa vuosina 1970–2009



Lähde: Tilastokeskus.

Kuvio 3.5 Energian kokonaiskulutus Suomessa (1.44 milj. TJ) vuonna 2010



Lähde: Tilastokeskus.

Sähkön kysyntä ja tarjonta

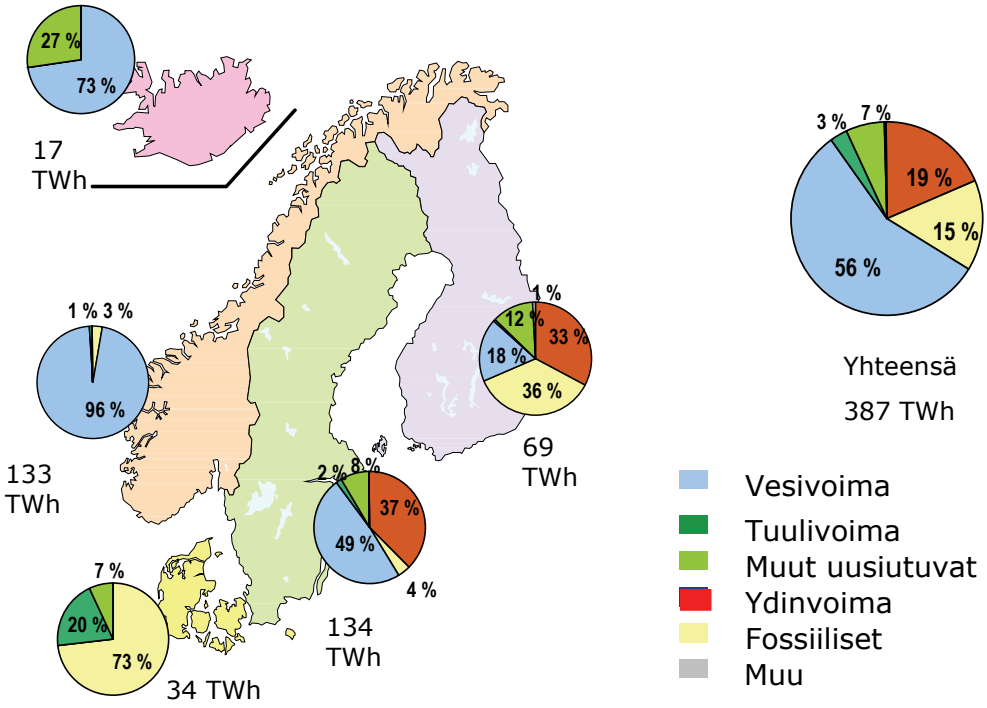
Globaalilla tasolla sähkön kysyntä oli yli 16 800 Twh vuonna 2008, josta OECD-maiden osuus oli noin 9 200 Twh ja OECD:n ulkopuolisissa maissa kulutus oli lähes 7 600 Twh.

Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska muodostavat pohjoismaiset sähkömarkkinat, joilla sähkön hinta määräytyy markkinaehtoisesti kysynnän ja tarjonnan mukaan. Suurin osa Pohjoismaiden Nord Poolin kautta myytävästä sähköstä tuotetaan vesi- ja ydinvoimalla sekä uusiutuvalla energialla ja vähenevä osa fossiilisilla polttoaineilla.[20] Silti fossiilisten polttoaineiden merkitys on vielä suuri Tanskassa ja Suomessa.

Ilmastonmuutoksen ja päästöjen kannalta keskeistä on energian tuotantorakenne. Vuonna 2009 Suomessa tuotettiin sähköä 69.2 TWh. Suomessa tuotetusta sähköstä tuotetaan nykyisin yli 60 % ilman kasvihuonekaasupäästöjä. Suomessa sähkön kulutus oli 87.5 TWh vuonna 2010 (kuvio 3.7). Teollisuus kuluttaa sähköstä 47 %, ja metsäteollisuuden osuus oli 25 % ja metallin jalostuksen 9 % koko sähkön kulutuksesta. Asuminen ja maatalous kuluttavat 28 % sekä palvelut ja rakentaminen noin 22 %.

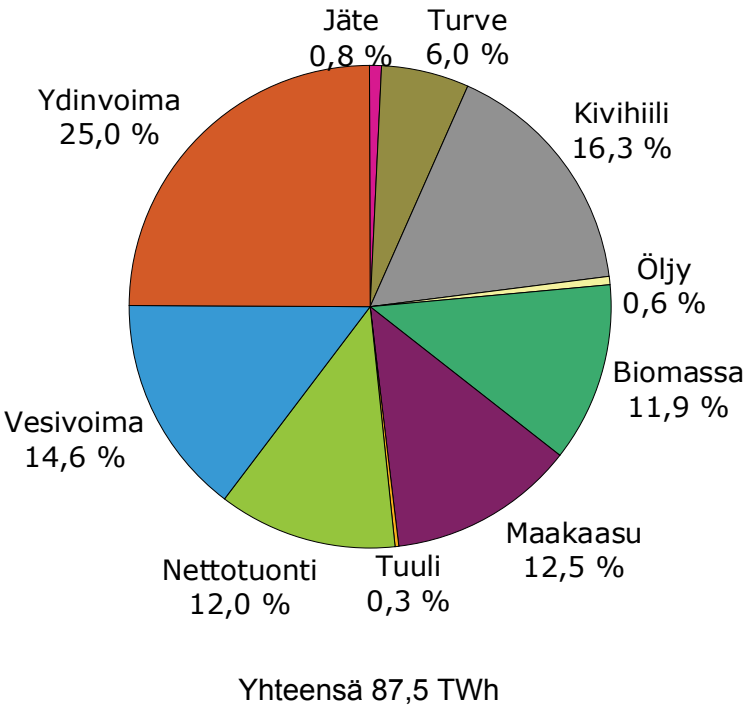
[20] Liski – Kauppi (2008), Liski – Murto (2009).

Kuvio 3.6 Sähkön tuotantomuodot Pohjoismaissa vuonna 2009



Lähde: Energiateollisuus ry.

Kuvio 3.7 Sähkön hankinta energialähteittäin Suomessa vuonna 2010



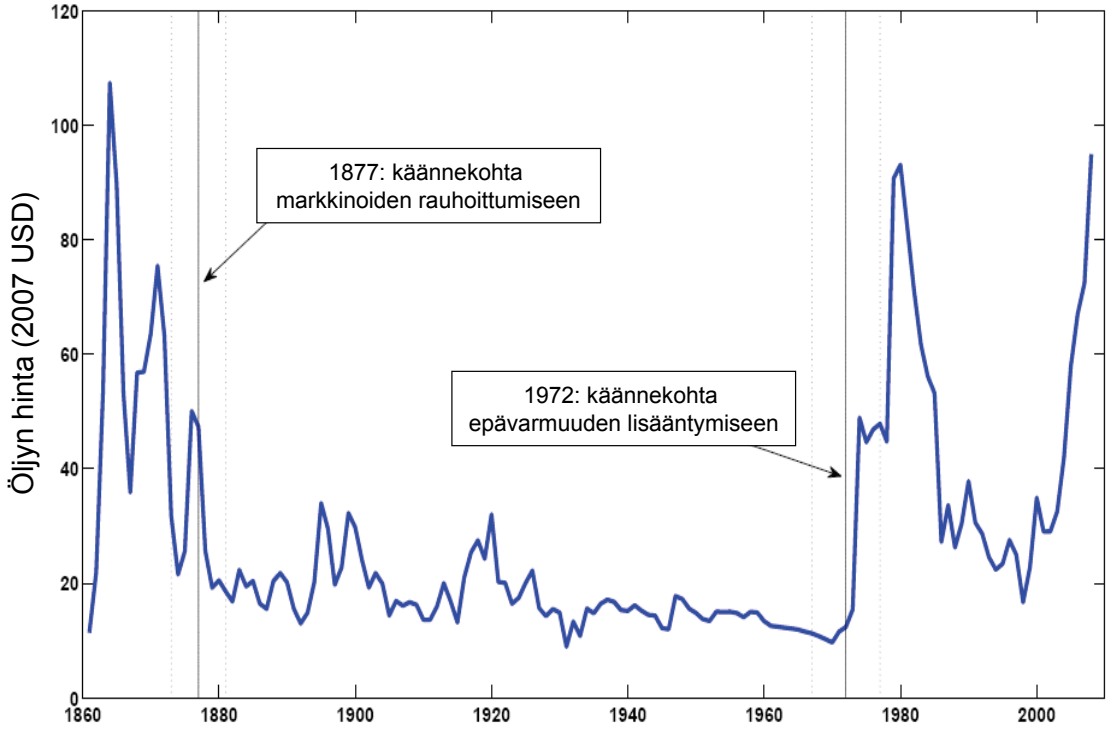
Lähde: Energiateollisuus ry.

3.2 Uusiutuva energia

Uusiutuva energia, fossiiliset polttoaineet ja hinnat

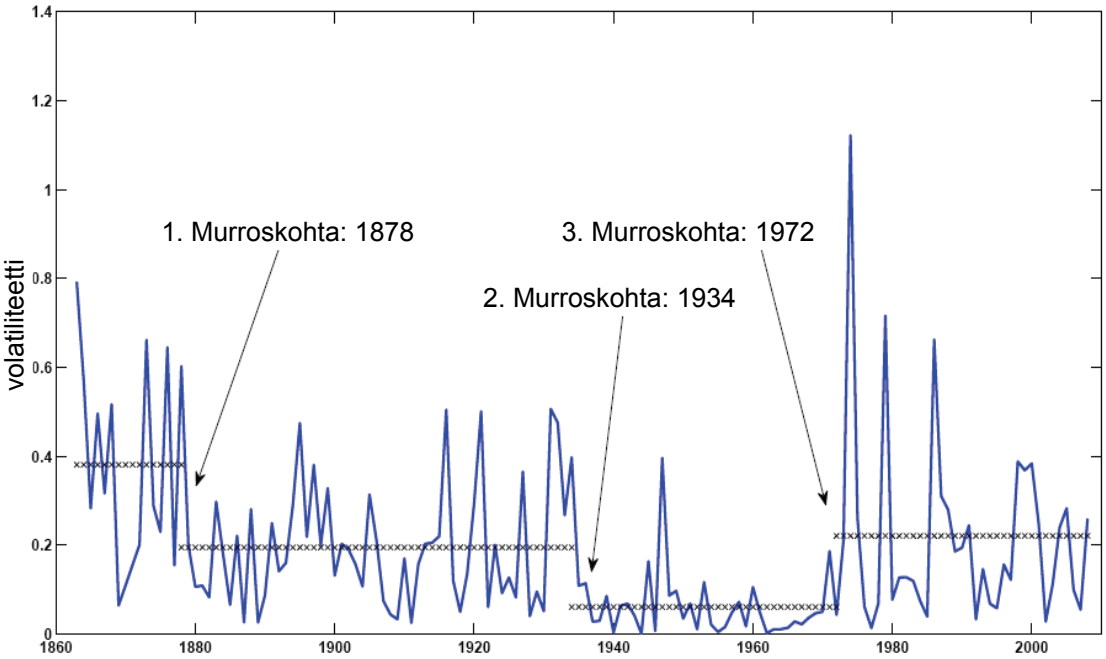
Energian kysynnässä tarkastelu keskittyy myös jatkossa enenevästi siihen, tuotetaanko energiaa fossiilisilla polttoaineilla vai uusiutuvalla energialla. Dvir ja Rogoff (2009) ovat analysoineet öljymarkkinoiden pitkiä trendejä ja todenneet, että öljyn hintojen volatiliteetissa ja tasossa voidaan löytää neljä vaihetta (ks. kuviot 3.8 ja 3.9). Ensimmäinen vaihe oli 1860–1870-luvuilla, jolloin barrelihinta vaihteli 20–100 dollarin välillä. Hintavaihteluja aiheuttivat tuotannon alkuvaiheen ongelmat ja kuljetuskustannukset. Toinen vaihe alkoi 1870-luvun lopulla, jolloin teollistuminen oli voimakasta ja Yhdysvallat ohitti Ison-Britannian teollisuuden tuotantopaikkana. Yhdysvalloissa kuljetukset olivat rautateiden hallinnassa, kunnes koko mantereen kattavia öljyputkia rakennettiin, mikä johti rautateiden monopolin murtumiseen. Nopeasta kysynnän kasvusta huolimatta uuden logistiikan avulla öljybarrelin hintataso rauhoittui 20–40 dollarin välille. Kolmas vaihe alkoi 1930-luvulta, jolloin lama-ajan hintaromahduksen takia öljyn tuotantoa alettiin säännöstellä Yhdysvalloissa, ja toisen maailmansodan aikana öljyn tarjonta kasvoi nopeasti. Sodan jälkeen Yhdysvaltojen oma tuotanto toimi öljymarkkinoiden automaattisena stabilisaattorina, jolloin öljyn hinta on ollut alhaisimmillaan alle 20 dollarin ja hintatason vaihtelut vähäisiä. Neljäs vaihe alkoi 1970-luvun alussa. Yhdysvaltojen tuotanto saavutti huippunsa eikä sen avulla voinut enää tasapainottaa markkinoita. Tarjonnan sääntely siirtyi OPEC-maille, jossa vähäisin kustannuksin pumpattavaa öljyn ylikapasiteettia oli jäljellä. Maailmantalouden herkkyys raakaöljyn saatavuudelle nousi esiin 1970-luvun öljykriiseis-

Kuvio 3.8 Öljyn reaalihinta vuosina 1861–2008



Lähde: Dvir – Rogoff (2009).

Kuvio 3.9 Öljyn hinnan volatiliteetti 1861–2008



Lähde: Dvir – Rogoff (2009).

sä, jolloin öljyn hinta nousi tarjonnan rajoittamisen seurauksena. Teollisuusmaat ajautuivat taantumaan ja kärsivät pitkään korkeasta inflaatiosta ja hitaasta talouskasvusta.

2000-luvulle tultaessa öljyn hintavaihtelua ovat lisänneet alhaisin kustannuksin pumpattavien öljykenttien väheneminen, poliittiset kriisit Lähi-idässä sekä öljyn kulutuksen voimakas kasvu kehittyvissä maissa. Esimerkiksi Kiinan öljynkulutus on vuosina 1970–2009 yli 11-kertaistunut ja Intian kulutus lähes 8-kertaistunut. Kiinan ja muiden kehittyvien maiden kulutuksen kasvu 2000-luvulla on ollut raakaöljyn ja muidenkin raaka-aineiden käytön kasvun taustalla. Kiinan osuus maailman öljyn kulutuksesta oli vuonna 2009 nopeasta kasvusta huolimatta vielä hieman alle puolet Yhdysvaltojen kulutuksesta. Öljyriippuvuus, öljyn kulutus per reaalinen BKT, on kuitenkin pudonnut selvästi alle puoleen teollisuusmaissa 1970-luvulta. Öljyn kokonaiskulutus on Euroopassa jopa laskenut muun muassa polttoaineverotuksen kiristymisen takia 1970-luvun alusta. Yhdysvalloissa se on noussut noin 30 prosenttia.[21]

Öljyn kysynnän on arvioitu kasvavan siten, että 1 prosentin kasvu maailmantalouden BKT:ssa kasvattaa öljyn kysyntää 0.5 %, mutta OECD:n ulkopuolisten kehittyvien maiden öljyn kysynnän tulojouston on arvioitu olevan noin 1. Kiinan on arvioitu nostavan globaalin öljyn kysynnän tulosjouston 0.7:aan (IEA, 2009).

Kiinan BKT:n nopea kasvu on lisännyt energia-intensiivisen teollisuuden tuotantoa ja samalla energian kysyntää ripeästi. Kiinan osuus on noin 28 % koko globaalin talouden teollisuuden

[21] ETLA Suhdanne 2011/1 sivu 30.

energian kysynnästä, kun osuus oli 16 % vuonna 2000. Kiinan energian ja samalla fossiilisten polttoaineiden kysyntä kasvaa myös tulevaisuudessa, vaikka Kiina investoi enenevässä määrin uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuden kasvattamiseen (IEA, 2010).

Seuraavassa tarkastellaan, miten uusiutuvan energian lisääntyminen ja fossiilisista polttoaineista luopuminen vaikututtaisi energiamarkkinoiden toimivuuteen ja hintatasoon. Koska uusiutuvan ja ydinvoiman energian tuotanto ei riitä kattamaan koko energian kysyntää, sähkömarkkinoilla myydyn sähkön hinta muodostuu rajakustannusten mukaan – siis viimeisimmän kilowattitunnista syntyvän kaupan mukaan. Täten öljyn hinnan spekulatiiviset vaihtelut vaikuttavat koko sähkön hintaan, koska öljyn hintaan indeksoidaan muun muassa kivihiilen ja maakaasun hintakehitys. Siksi uusiutuvalla energialla tulisi saada korvattua fossiilisten polttoaineiden energiatuotantoa nopeaan tahtiin. Mitä nopeammin tämä tapahtuisi, sitä nopeammin öljyn hinnan vaihtelujen vaikutus sähkömarkkinoiden hintoihin katkeaisi. Tämä kehitys vähentäisi epävarmuutta sähkömarkkinoiden tulevista hinnoista.

Tällä hetkellä öljyn hinta vaikuttaa myös muiden fossiilisten energiamuotojen ja lisäksi uusiutuvan energian sekä ydinvoimalla tuotetun sähkön hintaan (kuvio 3.10, kuva 1). Uusiutuvan energian lisääntymisen tulisi laskea pitkällä aikavälillä energian hintaa (hinta A –> B), koska fossiilisten polttoaineiden riippuvuus pienenee ja öljyn hinnan spekulatiivinen merkitys vähenee (kuvio 3.10, kuva 2). Tämä stabiloisi sähkömarkkinoita ja lisäisi investointeja.

Uusiutuvan energiateknologian markkinat

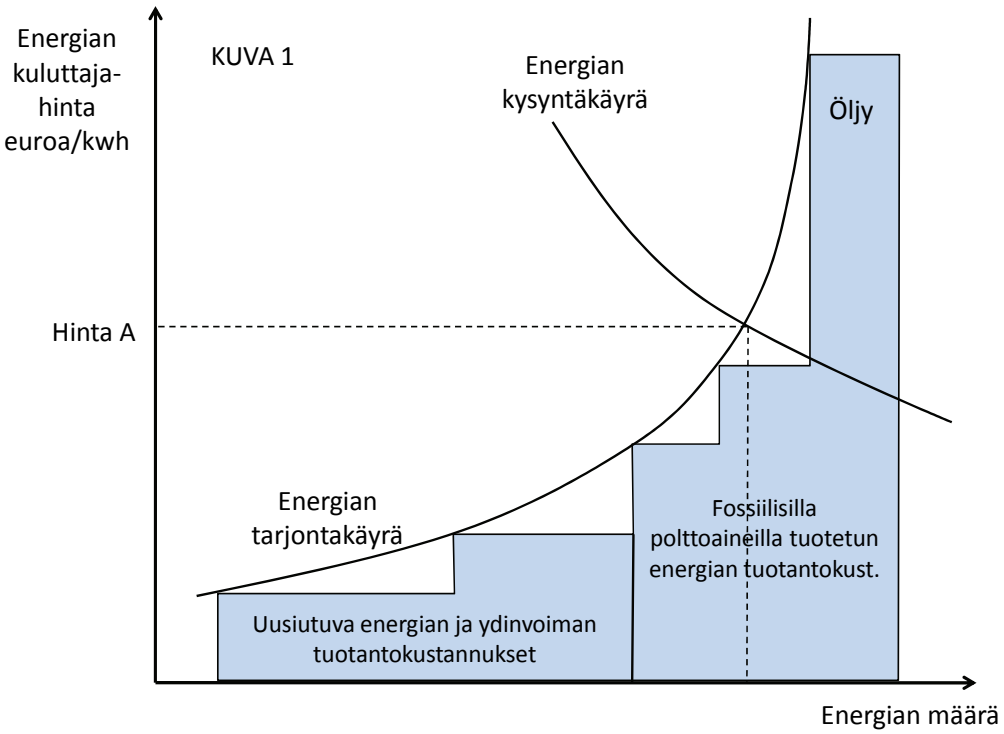
Paine kehittää uusiutuvaa energiaa on korostunut 1990-luvulta lähtien. Uusiutuvan energian avulla on tavoitteena luoda turvallisempia energian tuotantoketjuja ja kestävämmän kehityksen ratkaisuja. Vapaaehtoinen kestävän teknologioiden käyttö ja ympäristötietoisuuden parantuminen ovat luoneet pohjaa markkinavetoisuuteen ja tuottavuutta kasvattaviin ratkaisuihin. Energia on tulossa kriittiseksi tekijäksi useissa teollisissa investoinneissa, joita ohjaavat ilmastonmuutos, energiatehokkuus ja erityisesti sähköenergian hinta ja saatavuus. Luonnonvarojen käytön on oltava tehokasta, jolloin koko jalostusketjun hallinta ja tuotteiden kierrätettävyys ovat avainasemassa. Puhdas vesi on jo nyt kriittinen resurssi monissa paikoissa, joissa pieniä ja teknologialtaan vanhentuneita tehtaita suljetaan ja korvataan uusilla kapasiteetiltaan suuremmilla ja energiatehokkaammilla laitoksilla.

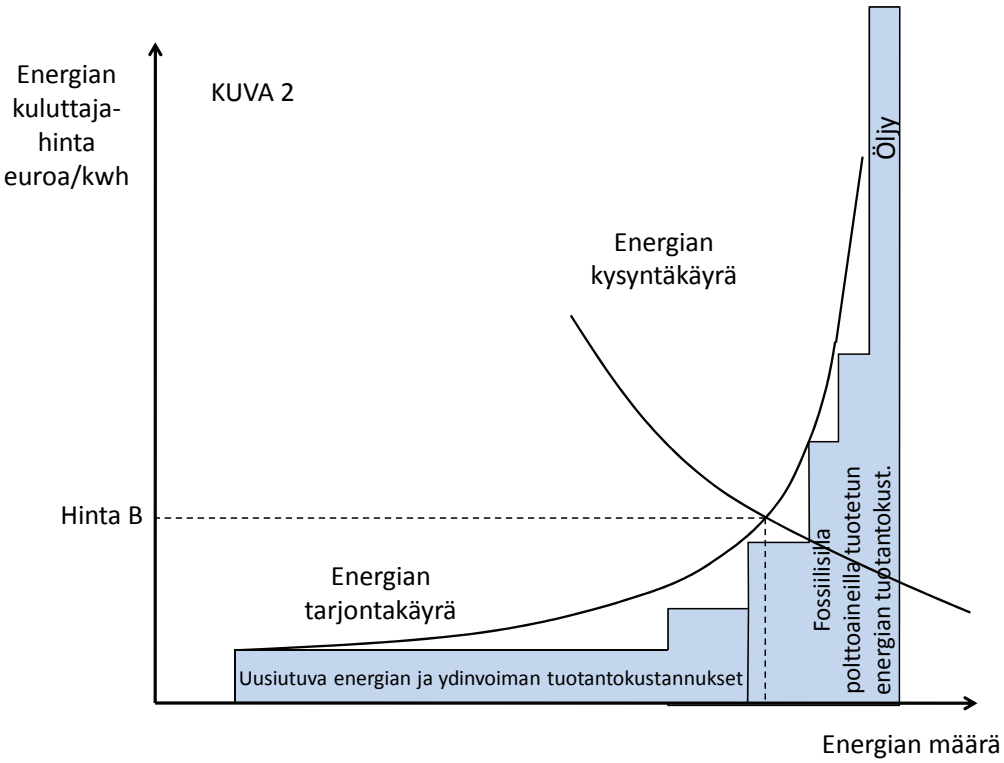
Ihmiset haluavat puhdasta ympäristöä ja turvallista työympäristöä. Tähän kuuluvat puhtaat ja korvaavat teknologiat, suljetut kierrot (nollapäästöt), uusiutuva energia ja materiaalitehokkuus. Kestävän kehityksen välttämättömyys on laajasti tiedostettu myös kehitys- ja kehittyvissä maissa, joissa media ja kansalaisjärjestöjen toiminta on tuonut avoimuutta ympäristön suojelemiseksi.

Pelkästään alhaiset päästöt eivät tee prosesseista kestäviä vaan eri energialajien käyttö ja käytön tehokkuus. Tähän kuuluvat ulkoisen energian tarve, fossiilisten sekä uusiutuvien polttoaineiden käytön suhde, energian talteenotto sekä kokonaisenergian käyttö.

Vähäpäästöisistä teknologioista on tullut kilpailukyvyn ja taloudellisen kasvun vauhdittajia, jossa vastuullinen toiminta on keskeinen kilpailutekijä maailmanlaajuisesti. Ympäristömääräykset on kuitenkin mitoitettava siten, että ne eivät vääristä kilpailua toimialalla tai johda tietyn maan kohdalla kannattamattomaan toimintaan, vaikka muut tekijät olisivat tehokkaat ja

Kuvio 3.10 Fossiilisista polttoaineista luopumisen vaikutus energiamarkkinoiden hintatasoon





Lähteet: Liski – Kauppi (2008), Liski – Murto (2010).

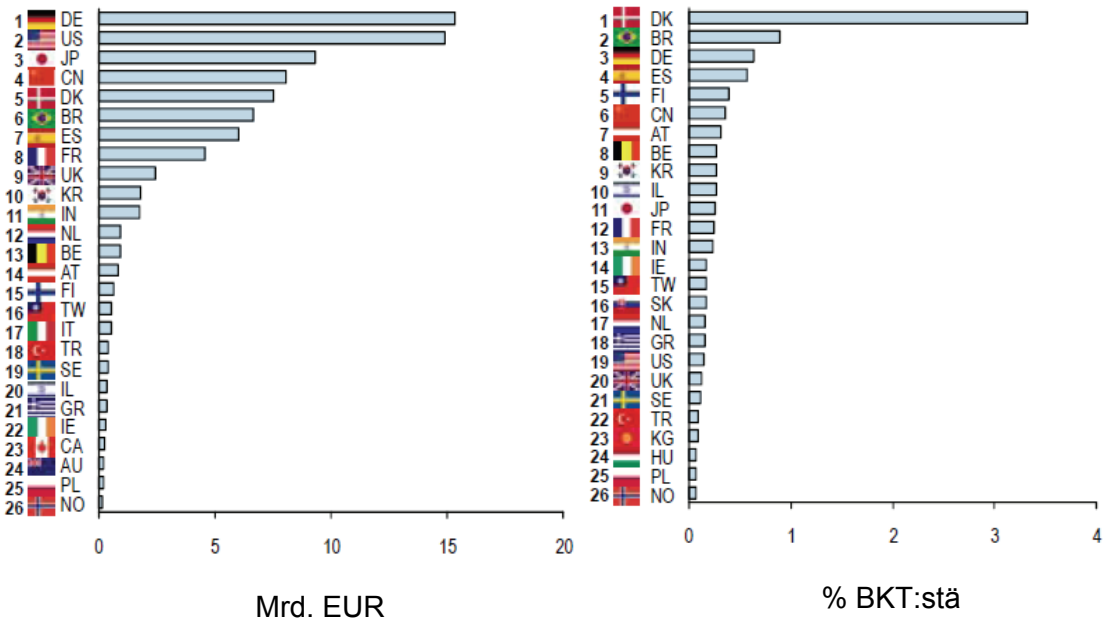
kilpailukykyiset. Kannattavuus ja ympäristömyönteiset teknologiat ovatkin toisiinsa rinnastettavia tekijöitä.

Vuonna 2007 uusiutuvan energian markkinat arvioitiin liikevaihdoltaan 630 mrd. euron suuruisiksi.[22] Markkinat jakautuvat kahteen osaan. Energian tehokkuutta parantavan teknologian osuus oli 540 mrd. euroa ja uusiutuvan energian osuus noin 90 mrd. euroa. Kuitenkin vuoteen 2020 mennessä uusiutuvan energian osuuden ennakoidaan kasvavan ripeästi noin 9 %:n vuosivauhtia, jolloin liikevaihto olisi jo lähes 300 mrd. euroa. Energian tehokkuuteen liittyvien markkinoiden ennustetaan kasvavan myös nopeasti, koska uusiutuvaan energiaan perustuvien energiajärjestelmien tehokkuus on yksi osa-alue tätä markkinaa.

Uusiutuvan energian teknologioista merkittävimmät ovat tuulienergia, bioenergia ja aurinkoenergia. Teknologioista bio- ja aurinkoenergian kasvu on ollut kovinta: vuosina 2000–2008 aurinkoenergian käyttö kasvoi jopa 53 % ja biodiesel vastaavasti 31 %. Tuulienergian käyttö kasvoi 24 %.

Konsulttiyhtiö Roland Berger arvioi uusiutuvan energiateknologian rakennetta. Sen mukaan Saksa ja USA olivat liikevaihdolla mitattuna suurimmat tuottajat vuonna 2008 (kuvio 3.11). Kun liikevaihto suhteutettiin maan bruttokansantuotteeseen, Suomi sijoittui viidenneksi. Tanska on johtava maa esimerkiksi tuulienergian turbiinien valmistuksessa. Brasilian korkea sijoitus johtuu bioetanolin suuresta tuotannosta, joka on vähentänyt myös maan öljyriippuvuutta. Saksa on keskittynyt uusiutuvan energian konepajateollisuuteen, joka jakaantuu toimialan kaikille osa-alueille.

Kuvio 3.11 Uusiutuvan energiateknologian liikevaihto maittain vuonna 2008



Lähde: Clean Economy, Living Planet (2009).

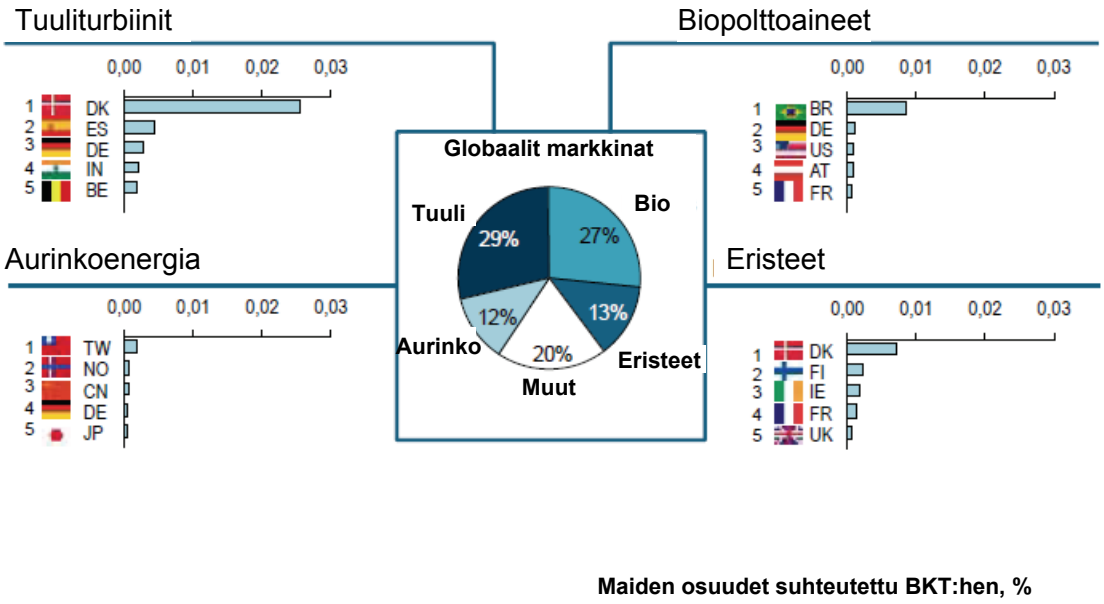
[22] Clean Economy, Living Planet (2009) .

Kuvion 3.12 mukaan tuulienergialla ja biopolttoaineilla oli suurimmat markkinaosuudet vuonna 2008. Tuulienergian kysyntä on kasvanut erityisesti Euroopassa, USA:ssa ja Kiinassa. Suurin energian tehokkuuteen liittyvä markkinasegmentti on eristeet. Kun uusiutuvan energiateknologian markkinoita tarkastellaan maittain, Suomi yltää viiden parhaan maan joukkoon eristeiden tuotannossa.

Johtavien uusiutuvan energian maiden kyselyssä (mm. Tanska, Brasilia, Saksa) tarkasteltiin, mitkä olivat tärkeimmät tekijät alan kasvuun. Ensimmäiseksi tekijäksi nousi julkisen sektorin panostus aikaisessa vaiheessa ja mukanaolo koko innovaatiosyklin ajan. Brasiliassa julkinen sektori rahoitti etanolin ja flexifuel polttoaineiden tutkimusta ja aktivoi kansallista kysyntää. Tanskassa julkista tutkimusta ja tuotekehitystä keskitettiin tuulienergian kehittämiseen ja prototyyppien testaamiseen. Saksassa julkista tutkimusta on suunnattu tuuli- ja aurinkoenergiaan ja lisäksi toteutettu julkisesti rahoitettuja t&k-ohjelmia yksityisten ja julkisten toimijoiden välillä.

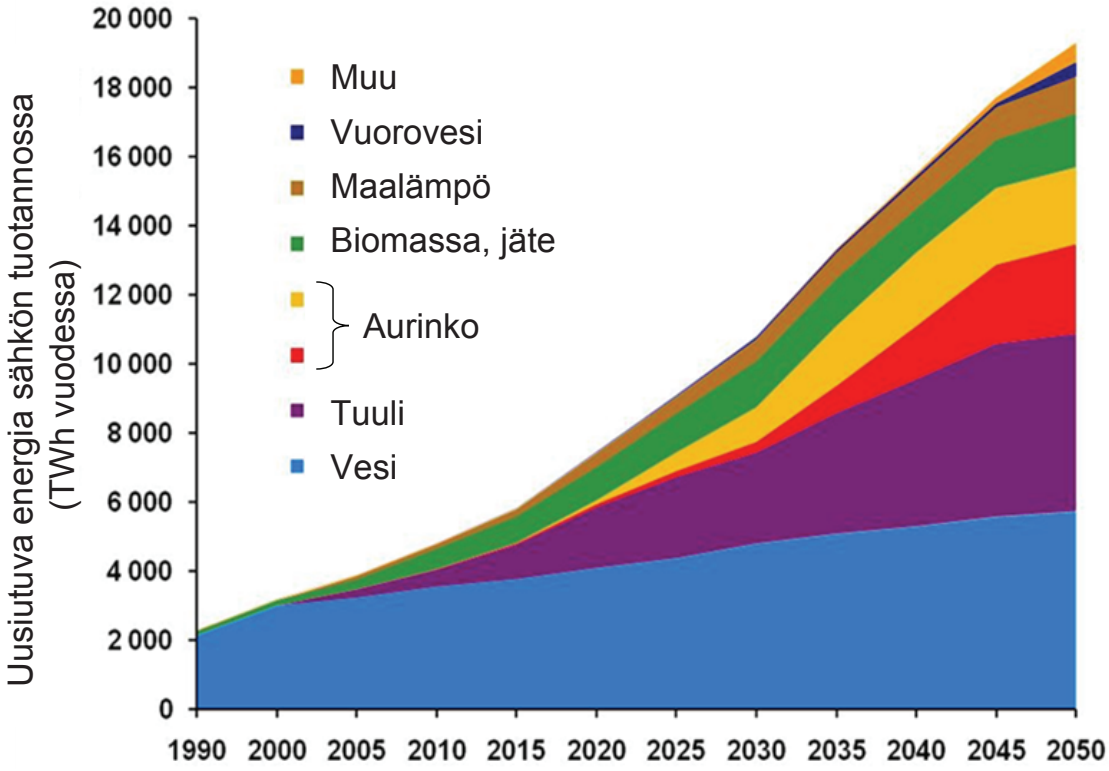
Uusiutuvan energian kysyntä on ollut ja tulee olemaan myös tulevaisuudessa regulaatiovetoista. Kööpenhaminan ilmastoneuvottelut joulukuussa 2009 olivat merkittävässä roolissa laajan kansainvälisen ilmastosopimuksen aikaansaamisessa. Vaikka sopimusta ei syntynyt, niin kansallinen työ jatkuu ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Muun muassa EU ja Suomi ovat asettaneet omat ilmastotavoitteet uusiutuvan energian osuudelle kulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. IAE on esittänyt skenaarion, että uusiutuvan energian osuus sähkön tuotannossa nousisi 18 %:sta (2005) 46 %:iin vuoteen 2050 mennessä, kun tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 50 %:n nykytasosta (kuvio 3.13).

Kuvio 3.12 Uusiutuvan energian segmentit vuonna 2008



Lähde: Clean Economy, Living Planet (2009).

Kuvio 3.13 Uusiutuvan energian kasvuskenaario globaalissa sähkön tuotannossa



Lähde: IEA (2008).

Ympäristö- ja energia-alan liiketoiminnan haasteita Suomessa

Suomen kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa määritettiin tutkimus-, tuotekehitys- ja innovaatiotoiminta keskeiseksi keinoksi energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Suomen energia- ja ympäristöalan tutkimus- ja innovaatiotoiminta arvioitiin Tekesin strategiaa varten vuonna 2007. Siinä yritysten vuosikertomuksista kerättiin energia- ja ympäristöalaan liittyviä toimintoja, ja lisäksi käytettiin muita yleisiä tilastoja tilanteen hahmottamiseksi. Energia- ja ympäristöalan kokonaisuuden arvioitiin olevan liikevaihdoltaan Suomessa yli 32 mrd. euroa vuonna 2007.[23] Tästä energia- ja ympäristöinnovaatioihin suuntautuneeseen liiketoimintaan (t&k-panostuksen mukaan) voidaan laskea energiateknologian (laitetoimittajat) liikevaihto noin 5 mrd. euroa sekä energia-alan palvelut (reilut 300 milj. euroa). Ympäristöalalla ekologisen tuotannon ja tuotteiden kokonaisuus tuotti liikevaihtoa noin 700 milj. euroa, vesihuolto ja jäteveden käsittely (nojn 2 mrd. euroa), kierrätys lähes 600 milj. euroa, ilmansuojelu noin 250 milj. euroa ja jätehuolto noin 800 milj. euroa. Täten Suomessa energia- ja ympäristöinnovaatioihin pohjautuvan liiketoiminnan liikevaihto on lähes 10 mrd. euroa ja t&k-toiminta noin 250 milj. euroa.

Bioenergia ja puun lisääntyvä käyttö on Suomessa eräs johtava uusiutuvan energian alue. Pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteet voidaan toteuttaa kasvattamalla puun osuutta ra-

[23] Tekesin strategiatyö 2007.

kentamisessa, millä lisätään uusiutuviin raaka-aineisiin pohjautuvaa rakennusmateriaalitarjontaa.[24]

Suomalaisilla yrityksillä on kokemusta ja tietotaitoa bioenergian kehittämisestä. Tämä kattaa koko tuotantoketjun puunkorjuusta biomassan lopputuotantoon saakka.[25] Seuraavan sukupolven biojalostamot ovat myös yksi ratkaisu. Biojalostamon uusia tuotteita ovat biopolttoaineet ja -kemikaalit sekä erilaiset biokomposiitit, -muovit ja muut biomateriaalit.[26] Erityisesti biopolttoaineiden markkinat kasvavat nopeasti. Kasvu johtuu pitkälti EU:n tavoitteista uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattamiseksi. Seuraavan sukupolven biojalostamoiden tuotteita ovat muun muassa toisen sukupolven synteettinen biodiesel, bioetanoli, biopolttoöljy sekä bioenergia (vihreä sähkö ja lämpö). Puun ainesosista ja kemiallisista yhdisteistä voidaan tehdä myös elintarvikkeita, lääkkeitä ja kosmetiikkaa sekä täysin uusien materiaalien rakenneosia.

Aurinkoenergiassa suomalaiset yritykset ovat kehittäneet teknologiaa aurinkokennoissa, paneeleissa ja lämmitysjärjestelmissä jo 1980-luvulta alkaen. Tällä hetkellä kehitystyötä on kasvatettu myös vesi- ja lämmitysteknologiassa. Tuulienergian osuus Suomessa on vain 0.3 % sähkön tuotannossa, mutta Suomessa kehitetään edistynyttä teknologiaa keskeisille toimijoille maailmanlaajuisesti.[27]

Tulevaisuudessa kasvava haaste liiketoiminnassa on ympäristökysymysten entistä suurempi painoarvo, sillä ilmastonmuutos vaikuttaa taustatekijänä laajasti. Esimerkiksi on arvioitu, että luonnonvarat niukkenevat ja energian ja raaka-aineiden hinnat nousevat. Lisäksi talouskasvu suuntautuu entistä enemmän kehittyviin talouksiin, ja muun muassa Aasian talouskasvu lisää energiankulutusta ja raaka-aineiden käyttöä.

Energiajärjestelmien hierarkioiden kehittäminen etenee hitaasti. Perustiedot ovat kuitenkin olemassa, samoin analyysivälineet (kuten exergia-analyysit, pinch-tekniikka, kustannuslaskenta). Alan osaamista on, mutta sovellutuksia, demonstrointia ja viime kädessä ohjauskeinoja tarvitaan. Integroidut energia- ja ympäristöjärjestelmät urbaanissa ympäristössä ovat avainsana tässä yhteydessä. Esimerkiksi erilaisten ”virtojen” optimointi, näihin liittyvät teknologiat ja linkkiteknologiat ovat keskeisiä alueita. Lähtökohtana olisi kokonaiskuvan muodostaminen, josta sitten syntyy alakohtaista kehittämistyötä. Jäte- ja energiavirtojen minimointi, exergiaajattelu, plus-energiatalot, energia-liikenne-jäteverkot ja muut vastaavat tekijät ovat myös tärkeitä avainsanoja.

Energian säästö, sähkön tuotanto ja käyttö entistä tehokkaammin esimerkiksi biomassasta ja erilaisista jätelämmöistä on tärkeä kehityskohde myös tulevaisuudessa. Rakennusten energiakäyttö on merkittävä osa koko energiankulutusta ja päästöjä. Uusilla teknologiaratkaisuilla voidaan käyttää energiaa tehokkaasti.

Innovaatiotoiminnan kautta liiketoiminnan kasvupotentiaalia ympäristö- ja energia-aloilla on muun muassa:

[24] Metsäteollisuus ry, www-sivut.

[25] Cleantech Finland, www-sivut.

[26] Metsäteollisuus ry, www-sivut.

[27] Cleantech Finland, www-sivut.

- energiatehokkaissa ratkaisuissa ja palveluissa
- puhtaan energiantuotannon laitteissa ja järjestelmissä
- raaka-aineiden kestävän käytön ratkaisuissa
- ekologisessa tuotannossa ja tuotteissa
- älykkäissä energiajärjestelmissä

Myös tietoyhteiskunnan mahdollistamat rakenteelliset ja toiminnalliset uudistukset tulevat olemaan entistä keskeisemmässä roolissa elinympäristöön vaikutettaessa. Kestävä kehitys onkin nousemassa tietoyhteiskuntakehityksen yhdeksi painopistealueeksi. Kestävän tietoyhteiskuntakehityksen tavoitteena on korvata tai täydentää fyysisiä tuotteita aineettomilla tuotteilla ja palveluilla. Keskeisenä tavoitteena on myös vähentää ympäristökuormitusta tuotettua yksikköä kohden erityisesti perinteisillä toimialoilla. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi energiankulutusta pienentävillä ja logistisilla ratkaisuilla sekä nanoteknologiaa ja biomateriaaleja hyödyntämällä.[28]

Elinkelpoisen ja puhtaan ympäristön turvaaminen sekä energiankulutuksen vähentäminen ovat sekä kansallisia että kansainvälisiä haasteita. Kuluttajien ja loppukäyttäjien valinnat tulevat vaikuttamaan entistä enemmän kestävän kehityksen toteuttamiseksi. Eettinen kulutus ja kuluttajien huoli ympäristöstä ovat ratkaisevia tekijöitä, jotta tulevaisuuden investoinnit suuntautuvat kestävään kehitykseen perustuviin lopputuotteisiin. Innovaatiotoiminta myös muuttuu, ja loppukäyttäjät ovat mukana entistä tiiviimmin luomassa energiaa ja ympäristöä säästäviä innovaatioita. Verkottunut avoin maailma lisää tiedon kulkua ja omalta osaltaan myös paineita muuttaa toimintatapoja ympäristöystävällisempään suuntaan. Globaalin talouden myötä digitaalisuus muuttaa toimintatapoja, ja samalla julkisuus ja avoimuus lisääntyvät.

4 Ympäristö- ja energia-alan investoinnit ja resurssit

Tässä luvussa tarkastellaan energia-alan investointikohteita sekä uusiutuvaan energiaan tarvittavia investointeja, jotta kestävän kehityksen skenaariot toteutuisivat sekä globaalilla että kansallisella tasolla. Lopussa kuvaillaan tutkimus, kehitys- ja innovaatiotoiminnan sekä muiden resurssien rakenteita.

4.1 Investoinnit

Jotta ilmastonmuutoksen haittojen vähentäminen olisi mahdollista, IEA:n (2010) skenaarion mukaan energiainvestointeihin tarvitaan noin 1.4 %:n osuus globaalista BKT:sta vuoteen 2035 mennessä. Maailmantalouden bruttoinvestoinnit ovat olleet 2000-luvulla keskimäärin 22 % BKT:stä, joten IEA:n vaatimat energiainvestoinnit olisivat noin 7 % bruttoinvestoinneista.[29] Nämä energiainvestoinnit tulisi suunnata tarjonnan uudistamiseen, jolla vähennettäisiin vanhentuneen teknologian tuotantomuotoja ja siirryttäisiin uusiutuviin energialähteisiin, sekä uusittaisiin liikenneinfrastruktuuria.

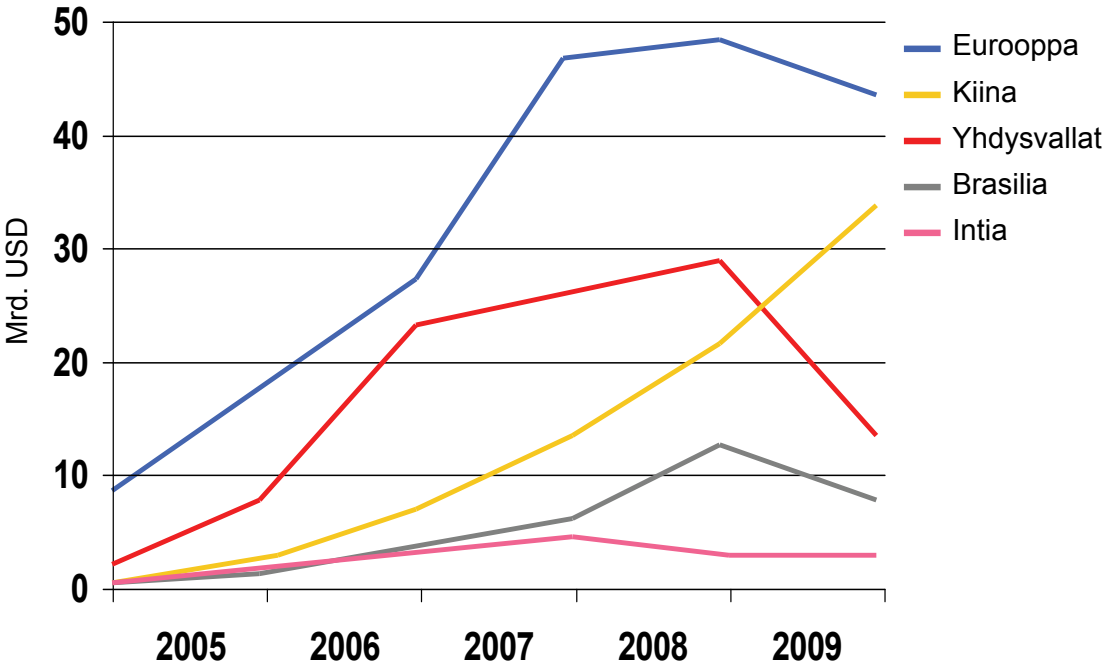
[28] Kansallinen tietoyhteiskuntastrategia 2007–2015.

[29] http://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp, vuoden 2005 hinnoin ja USD-valuuttakurssein.

Vuonna 2009 uusiutuvaan energiaan kohdistuvat investoinnit globaalilla tasolla olivat 162 mrd. USD.[30] Tämä oli 0.3 % maailmantalouden BKT:sta.[31] Kiina, tietyt Euroopan maat ja Yhdysvallat ovat suurimmat uusiutuvaan energiaan sijoittavat maat (kuvio 4.1). Myös Etelä-Amerikassa on tehty merkittäviä sijoituksia muun muassa Brasiliassa bioenergian tuotantoon. Suurimmat investoinnit kohdistuvat tuulienergiaan ja tämän jälkeen aurinkoenergiaan. Sen sijaan bioenergian osuus on selvästi näitä kahta energiamuotoa pienempi. Myös tulevaisuudessa IEA:n arvion mukaan esimerkiksi sähkön tuotannossa investoinnit kohdistuvat tuuli- ja aurinkoenergiaan.

EK:n (Elinkeinoelämän keskusliitto, 2011) investointitiedustelun mukaan energiasektorin (sähkö-, kaasu- ja vesihuolto) investoinnit Suomessa olivat noin 1.4 miljardia euroa vuonna 2010, kun viime vuosina investoinnit ovat olleet keskimäärin 1.7 mrd. euroa. Tilastokeskus kerää tietoa teollisuuden investoinneista ympäristönsuojeluun, ja sen mukaan investoinnit olivat lähes 230 miljoonaa euroa vuonna 2008 (kuvio 4.2). Eniten ympäristönsuojeluun investoi metsäteollisuus, ja yli 60 prosenttia metsäteollisuuden ympäristöinvestoinneista kohdistui ilmansuojeluun. Toiseksi eniten investoi kemian- ja mineraaliteollisuus, josta vajaa puolet suuntautui ilmansuojeluun. Noin puolet kaikista teollisuuden ympäristöinvestoinneista kohdistuu ilmansuojeluun, johon kohdennetaan huomattavat investoinnit siis kaikilla teollisuudenaloilla. Nämä investoinnit jakaantuvat useiden eri päästöjen hallinnan osalle: suuri osa niistä hiukkas-, VOC- ja kasvihuonekaasupäästöjen, mutta myös muiden ilmapäästöjen osalle.[32]

Kuvio 4.1 Investoinnit uusiutuvaan energiaan



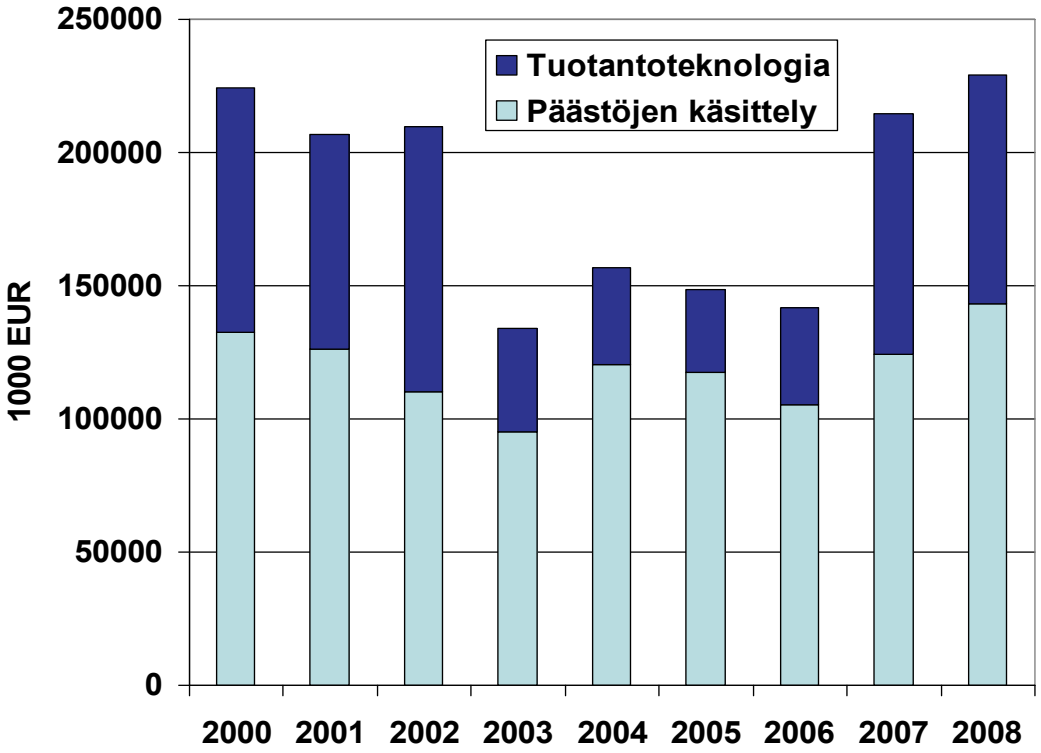
Lähde: IEA (2010) ja Bloomberg New Energy Finance tietokanta.

[30] Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010. Vertailun vuoksi öljyn ja kaasun etsintään ja tuotantoon tehdyt globaalit investoinnit olivat 442 mrd. USD vuonna 2009 (IEA, World Energy Outlook, 2009).

[31] Vuoden 2009 BKT markkinahintaan.

[32] Teollisuuden ympäristönsuojelumenot 2008, verkkojulkaisu, Tilastokeskus, tilasto ei kata energian säästötoimia.

Kuvio 4.2 Investoinnit päästöjen käsittelyyn ja puhtaampaan tuotantoteknologiaan teollisuudessa



Lähde: Teollisuuden ympäristönsuojelumenot 2008, Tilastokeskus.

Ympäristönsuojelulaitteista ja -toimenpiteistä aiheutuu lisäksi käyttö- ja kunnossapitokuluja sekä muita toimintamenoja kuten hallinto- ja tutkimuskuluja, jotka ovat noin 500 miljoonaa euroa vuositasolla.

Julkisen sektorin ympäristönsuojelumenot olivat vuonna 2006 yhteensä noin 1.2 miljardia euroa. Valtion osuus menoista oli 49 prosenttia ja kuntien 51 prosenttia. Julkisen sektorin menoista suurin osa oli toimintamenoja, 660 miljoonaa euroa. Investointeja tehtiin 230 miljoonalla eurolla ja avustuksia ympäristönsuojeluun maksettiin 320 miljoonaa euroa.[33]

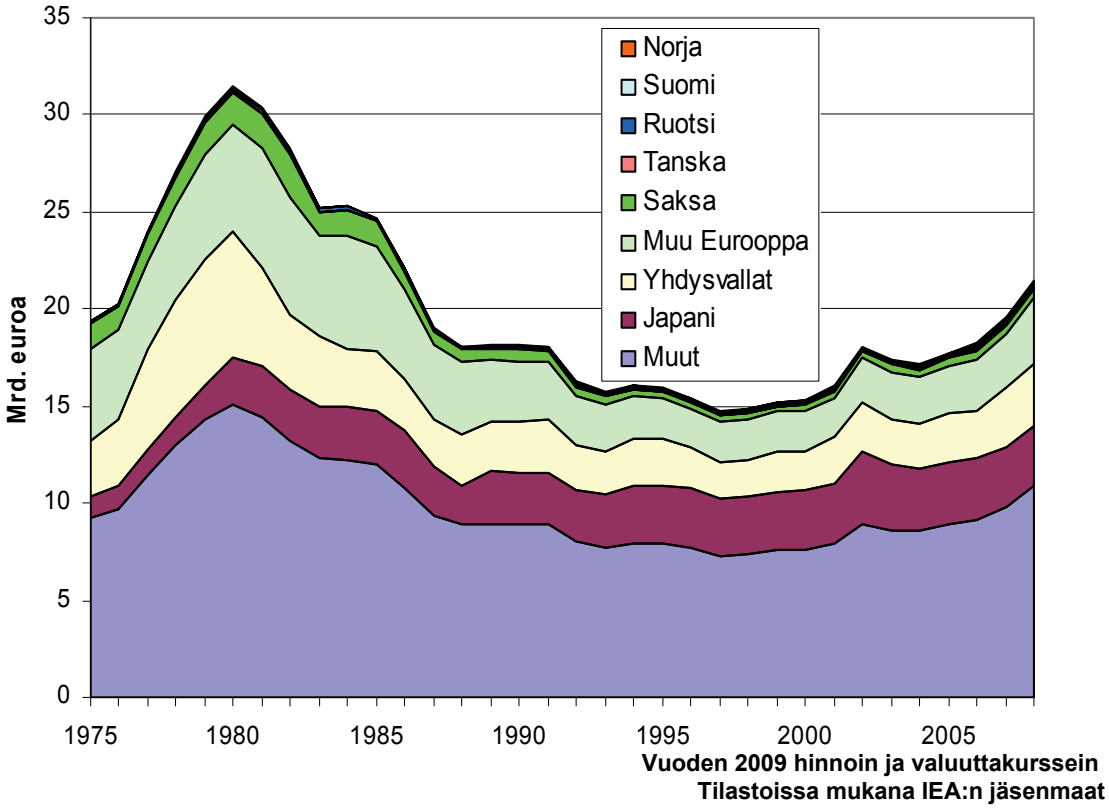
4.2 T&k- ja innovaatiotoiminta

2000-luvulla ilmastonmuutoksen ehkäisy näkyy energia-alan tutkimus- ja tuotekehityspanostusten nousuna. Kuten kuviosta 4.3 voidaan havaita, Pohjoismaiden osuus investoinneista on marginaalinen, mutta sitäkin tärkeämpi. Pohjoismaissa on laajaa innovaatio-osaamista, jota voidaan hyödyntää muun muassa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Suurimmat yksittäiset maat t&k-toiminnassa ovat Saksa, Ranska, Kanada, Japani ja Yhdysvallat, joiden yhteenlasketut investoinnit ovat 80 % kaikista IEA:n jäsenvaltioiden[34] t&k-investoinneista.

[33] Julkisen sektorin ympäristönsuojelumenot 2006, verkkojulkaisu, Tilastokeskus.

[34] Luvuissa ovat mukana OECD-maat, joten siitä puuttuvat kehittyvät taloudet, kuten Kiina, Intia ja Brasilia.

Kuvio 4.3 Energia-alan t&k-investoinnit globaalitasolla



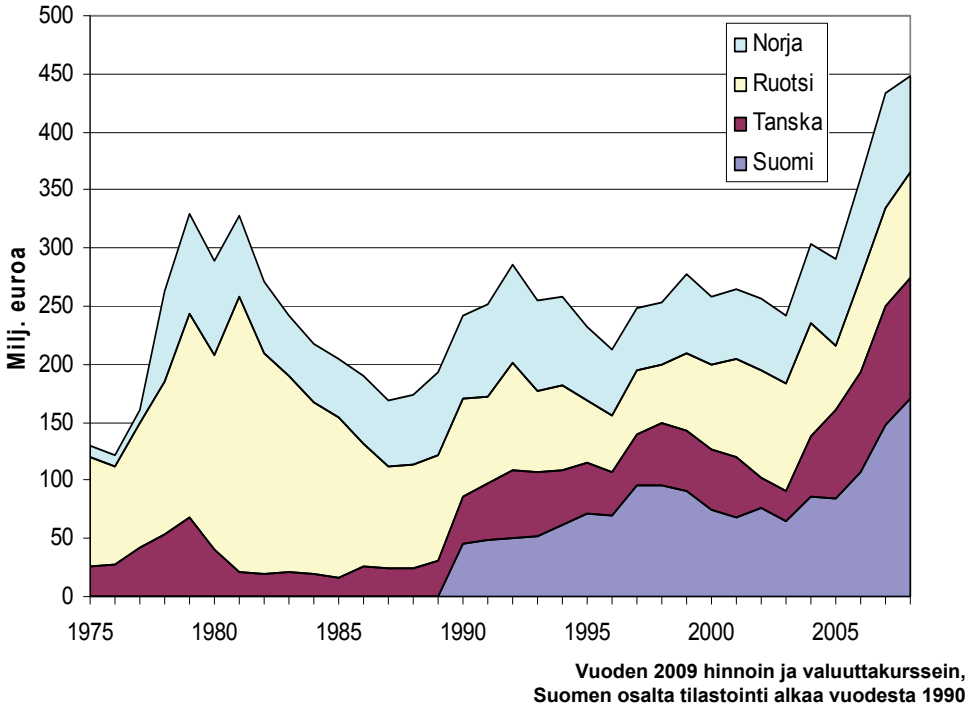
Lähde: IEA:n tietokanta (2011).

Pohjoismaissa energia-alan t&k-investoinnit ovat kasvaneet voimakkaasti 2000-luvulla (kuvio 4.4). Vuonna 2000 investoinnit olivat lähes 260 milj. euroa kun 2000-luvun lopulla ne olivat jo yli 450 milj. euroa. Suomessa investoinnit ovat kohdistuneet energiatehokkuuden parantamiseen ja uusiutuviin energialähteisiin. Tanskassa on investoitu näiden lisäksi myös vesivoiman kehittämiseen, ja Ruotsissa on kasvatettu myös ydinvoimaan liittyvää t&k-toimintaa.

Uusiutuvan energian t&k-investoinneilla on suuri haaste saada kehitettyä sellaisia innovaatioita, joilla saavutettaisiin kustannustehokkaita tuotantomuotoja verrattuina enemmän saastuttaviin polttoaineisiin. Tämä ei tarkoita pelkästään loppukulutusta, vaan koko arvoketjun tulisi olla kestävän kehityksen mukainen esimerkiksi hiilijalanjäljellä tarkasteltuna. Kuvion 4.5 mukaan suurimmat ponnistelut suuntautuvat aurinko- tuuli- ja bioenergian teknologian kehittämiseen. Yritysten osuus globaaleista t&k-menoista on ollut noin 70 % viime vuosina.

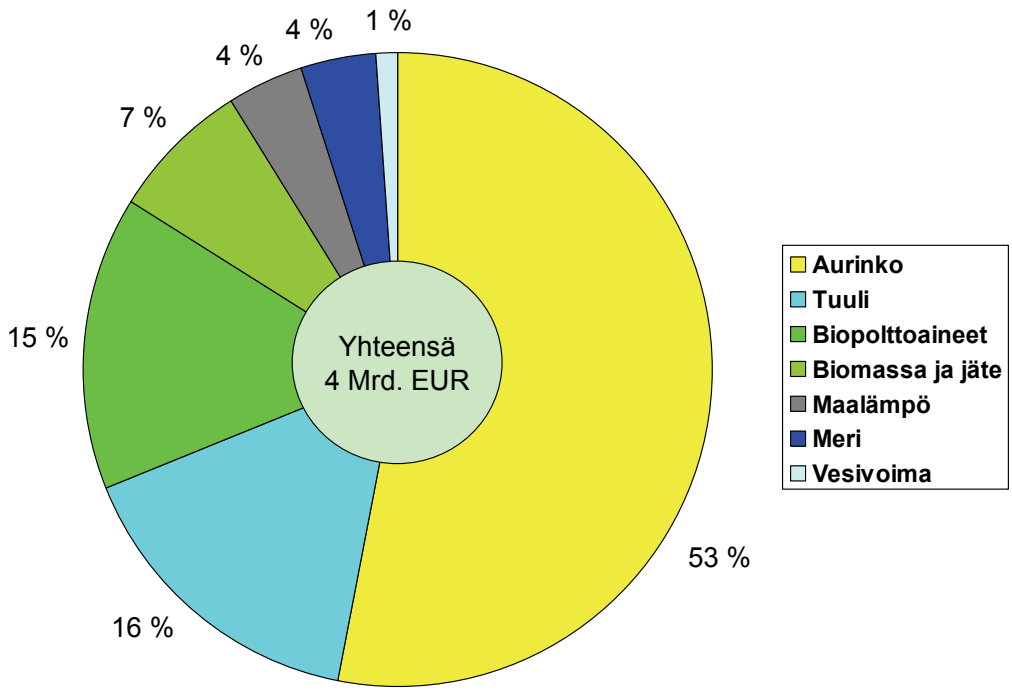
Energia- ja ympäristöalan t&k&i-toiminnan arviointi on haastavaa, koska se sirpaloituu varsin erityyppisiksi toiminnoiksi monilla toimialoilla. Kuten jo aikaisemmin todettiin, Suomessa energia- ja ympäristöalan innovaatiotoiminnan liikevaihdon on arvioitu olevan lähes 10 mrd. euroa ja t&k-toiminnan noin 250 milj. euroa.

Kuvio 4.4 Energia-alan t&k-investoinnit Pohjoismaissa vuosina 1975–2008



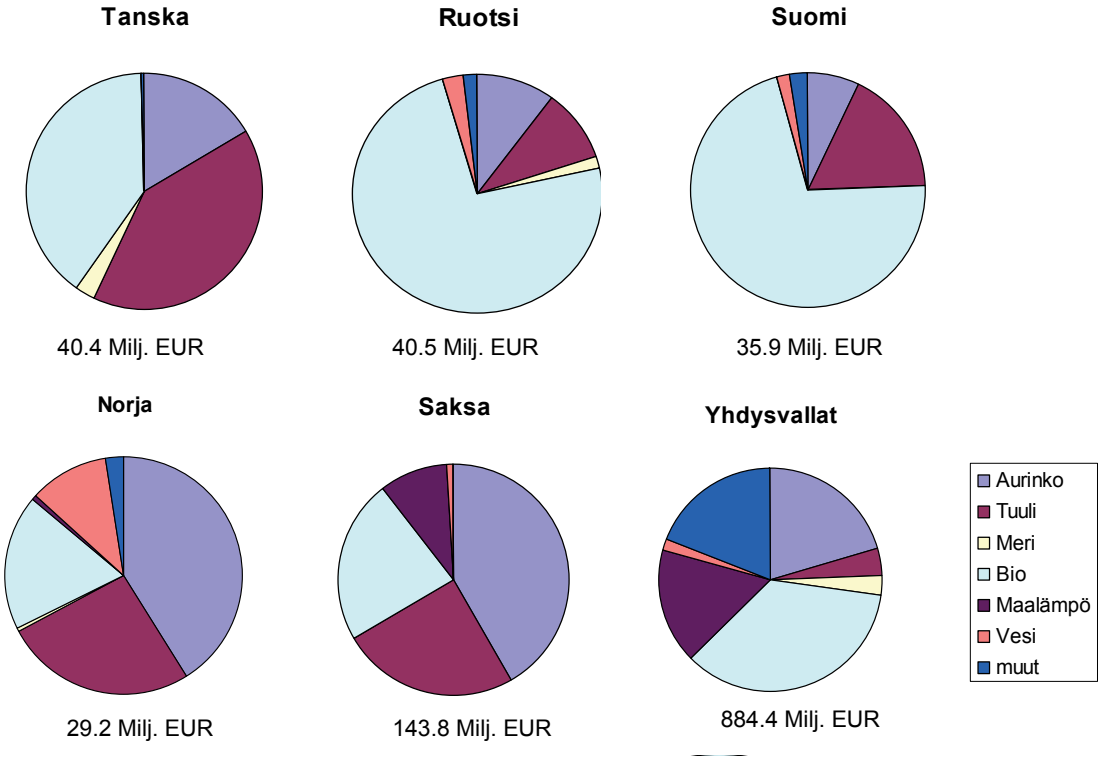
Lähde: IEA:n tietokanta (2011).

Kuvio 4.5 Uusiutuvaan energiaan kohdistuvan T&K-toiminnan globaali jakautuminen vuonna 2009



Lähde: IEA (2010) ja Bloomberg New Energy Finance tietokanta.

Kuvio 4.6 Uusiutuvan energian t&k-toiminnan jakautuminen tietyissä maissa



Luvut: Tanska 2007, Suomi 2008, Norja 2009, Saksa 2009, Yhdysvallat 2009, josta 405.9 milj. EUR. American Recovery and Reinvestment Act:n kautta

Lähde: IEA:n tietokanta (2011).

4.3 Resurssit

Ympäristö- ja energia-alan t&k&i:n inhimilliset voimavarat Suomessa

Energia- ja ympäristöklusterin koko henkilöstöksi arvioitiin noin 62 000 henkilöä, ja t&k-toiminnan osuus oli 0.7 % liikevaihdosta vuonna 2007[35]. Jos tätä osuutta voisi karkeasti käyttää t&k&i-henkilöstön mittana, niin silloin inhimilliset voimavarat olisivat noin 500–1 000 henkilöä. Tämä on siis karkea arvio koko klusterissa, jossa on mukana energian tuotanto, energiateknologia (laitetoimittajat), polttoainetoimittajat, palvelut, ekologinen tuotanto ja tuotteet, kierrätys, vesihuolto ja jäteveden käsittely, ilmansuojelu, jätehuolto, maaperän ja maiseman suojelu ja kunnostus sekä ympäristön huolto. Näistä sektoreista siis kaikilla on t&k-toimintaa.

Tilastokeskuksen mukaan yritysten t&k-henkilökunta energia- ja jätehuollossa (TOL 35–39) oli 408 henkilöä vuonna 2008, joista 283 henkilöä oli tutkijoita ja tuotekehitysinsinöörejä. Tästä luvusta kuitenkin puuttuu ympäristöalan henkilöstö yrityksissä sekä julkisen sektorin ja korkeakoulusektorin henkilöstä ympäristö- ja energia-alalla. Esimerkiksi ympäristöministeriössä oli tutkimushenkilökuntaa 383 henkilöä vuonna 2007. Karkea arvio on, että energia- ja ympäristöalalla on t&k&i-henkilöstöä noin 2 000–3 000 henkilöä.

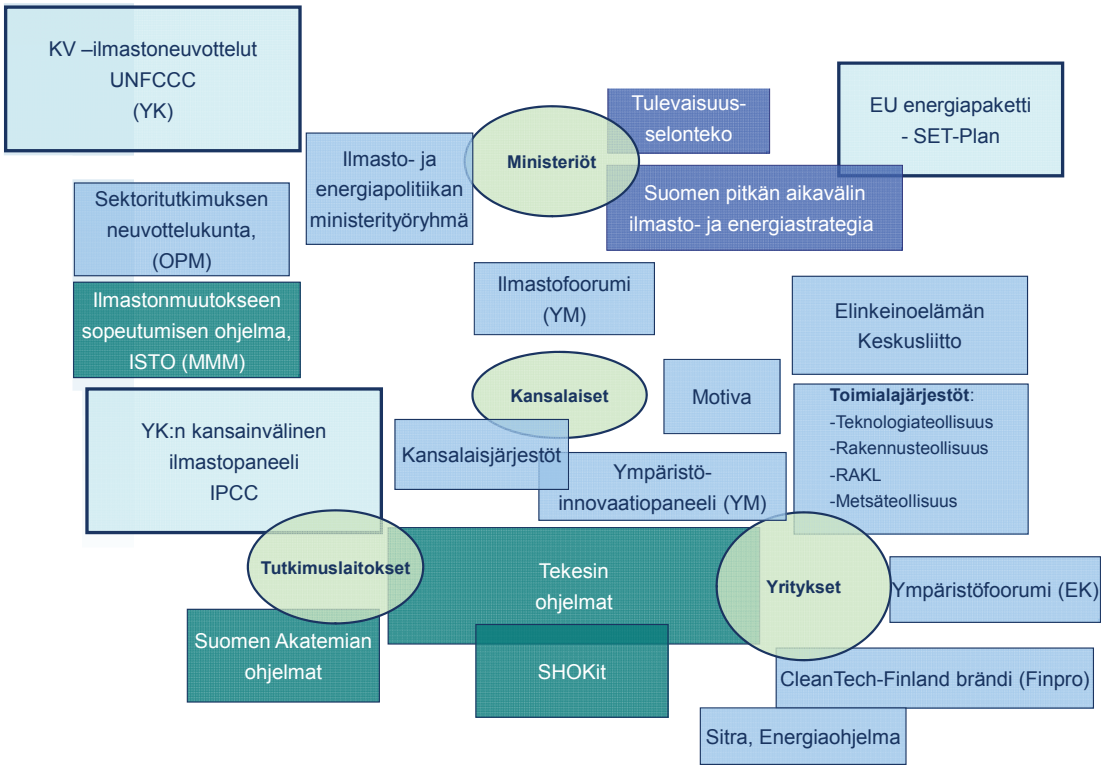
[35] Tekesin strategiatyö 2007.

Yhteistyö, verkostot ja osaaminen

Alan yhteistyöverkostoja on kuvattu alla olevassa kuviossa 4.7. Kansainvälinen ilmastonmuutoksen tutkimus ja koordinointi on pitkälti YK:n hallinnoimaa, mutta myös muualla on aiheeseen liittyviä instituutioita, joista tunnetuin on OECD:n kansainvälinen energiajärjestö IEA. Kansainväliset luonnonsuojelujärjestöt kuten WWF ja Greenpeace ovat kannustaneet ihmisiä ja yhteisöjä toimimaan ilmastoa ja ympäristöä suojelevasti ekologisesti kestäviin ratkaisuihin. Myös ministeriöillä on omia hallinnollisesti poikkileikkaavia ohjelmiaan, työryhmiään ja foorumejaan. Valtioneuvoston kanslia on ottanut aktiivisen roolin julkaistessaan tulevaisuuden selontekoja ilmastonmuutoksesta. Myös toimialajärjestöt esiintuovat energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja omissa jäsenyrityksissä.

Tekesin käynnissä ja valmisteilla olevat ohjelmat sekä SHOKit kattavat jo laajalti ilmastonmuutoksen haasteeseen liittyviä kehittämisalueita. Ilmastonmuutos laajana muutosajurina leikkaa yhä useampia ohjelmia ja toimenpiteitä, ja energiatehokkuus on osatavoitteena uusia tuotteita ja prosesseja kehitettäessä. ClimBus-ohjelman jatkona Tekes käynnisti Tie kestävään talouteen -ohjelman, jonka tavoitteena on yhdistää eri toimialat luomaan vähemmän luonnonvaroja käyttäviä tuotanto- ja palveluverkkoja. Uusiutuvaa energiaa kehittäviä kasvuyrityksiä aktivoiva (Groowe)-ohjelma on myös käynnissä. Lisäksi Suomen Akatemialla on muun muassa FICCA-tutkimusohjelma ja Sitralla energiaohjelma, joiden tavoitteena on ympäristönmuutoksen hillintä.

Kuvio 4.7 Kartta Suomen toimintaympäristöstä



Lähde: Tekes.

5 Lopuksi

Ilmaston lämpenemiseen ja sitä lisääviin tekijöihin liittyy lukuisia epävarmuustekijöitä. Lämpenemisen vaikutusten arviointi ajallisesti ja maantieteellisesti on edelleen erilaisten skenaarioiden varassa. Näiden arvioiden mukaan ilmaston lämpeneminen ei jakaudu tasaisesti ja esimerkiksi arktisilla alueilla lämpötila jo nousee nopeammin kuin maapallolla keskimäärin. Lämpeneminen ei myöskään etene ajallisesti tasaisesti, vaan se voi välillä hidastua ja välillä taas kiihtyä. Joka tapauksessa ilmaston lämpenemiseen puuttuminen on ajankohtaista ja ihmisen aiheuttamaa lisäystä ilmaston saastuttamiseen tulee määrätietoisesti vähentää. Nämä ponnistelut eivät mene milloinkaan hukkaan, lämpenee ilmasto joko ihmisen käyttäytymisestä tai jostain muusta syystä. Elinympäristömme on sidottu maapallon luonnon kiertokulkuun ja uudistumiseen, ja WWF:n laskelmien mukaan kulutamme luontoa nopeammin kuin se ehtii uudistua.

Tavoitteeksi ilmastokokouksissa on maapallon keskilämpötilan nousun rajoittaminen kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan nähden. Jos tämä onnistuisi, ilmaston muutoksesta seuraavat haitat olisivat selvästi pienemmät verrattuna tilanteeseen, jossa lämpötila nousisi selvästi yli tämän tason. Ekonometriset mallit osoittavat, että keskimäärin käännepiste on 1.1 °C:n kohdalla, jonka jälkeen hyvinvointivaikutukset ilmaston lämpenemisestä kääntyisivät laskuun.

Kansainvälistä yhteistyötä tarvitaan, koska yksittäisen maan politiikkavalinnat eivät ratkaise koko ongelmaa. Kannustaminen on sikäli myös poliittisesti haasteellista, koska hyödyt näkyvät pitkällä viiveellä ja niistä hyötyvät eniten tulevat sukupolvet.

Eri lähteiden mukaan maailmantalouden energian kysynnästä suurin osa suuntautuu edelleen fossiilisiin polttoaineisiin, kuten öljyyn, maakaasuun ja hiileen. Kuitenkin biomassasta ja jätteistä tehty energian osuus on jo varsin suuri. Sen sijaan muita uusiutuvan energian muotoja tulisi radikaalisti kasvattaa.

Historiatietojen mukaan energian käyttö on sidoksissa tulotason kasvuun lähes suhteessa 1:1, mutta tämän sidoksen on tulevaisuudessa arvioitu heikkenevän. Maailmantalouden rakenteet ovat muuttumassa vähemmän energia-intensiivisiksi ja teknologian kehittyminen tehostaa energian käyttöä. Kuitenkin kehittyvien talouksien ja erityisesti Kiinan BKT:n nopea kasvu on lisännyt energia-intensiivisen teollisuuden tuotantoa ja samalla energian kysyntää ripeästi. Kiinan osuus on noin 28 % koko globaalin talouden teollisuuden energian kysynnästä.

Öljyn kysynnän on vastaavasti arvioitu kasvavan siten, että 1 prosentin kasvu maailmantalouden BKT:ssa kasvattaa öljyn kysyntää 0.5 %, mutta OECD:n ulkopuolisten kehittyvien maiden öljyn kysynnän tulojouston on arvioitu olevan noin 1. Kiinan on arvioitu nostavan globaalin öljyn kysynnän tulosjouston 0.7:aan.

Paine kehittää uusiutuvaa energiaa on korostunut 1990-luvulta lähtien. Uusiutuvan energian avulla on tavoitteena luoda turvallisempia energian tuotantoketjuja ja kestävämmän kehityksen ratkaisuja. Tällä hetkellä uusiutuvan energian teknologian kehitys keskittyy tuuli-, bio- ja aurinkoenergiaan. Globaalitasolla bio- ja aurinkoenergian kasvu on ollut kovinta: vuosina 2000–2008 aurinkoenergian käyttö kasvoi jopa 53 % ja biodiesel vastaavasti 31 %. Tuulienergian käyttö kasvoi 24 %.

Eräässä johtavien uusiutuvan energian maiden kyselyssä tarkasteltiin, mitkä olivat tärkeimmät tekijät alan kasvuun. Ensimmäisenä mainittiin julkisen sektorin panostus aikaisessa vaiheessa ja mukanaolo koko innovaatiosyklin ajan. Esimerkiksi Brasiliassa julkinen sektori rahoitti etanolin ja flexifuel polttoaineiden tutkimusta ja aktivoi kansallista kysyntää. Tanskassa julkista tutkimusta ja tuotekehitystä keskitettiin tuulienergian kehittämiseen ja prototyyppien testaamiseen. Saksassa julkista tutkimusta on suunnattu tuuli- ja aurinkoenergiaan ja lisäksi toteutettu julkisesti rahoitettuja t&k-ohjelmia yksityisten ja julkisten toimijoiden välillä. Viime vuosina myös Suomessa ja Ruotsissa on panostusta uusiutuvaan energiaan lisätty voimakkaasti.

Lähteet

Clean Economy, Living Planet (2009): Building strong clean energy technology industries, WWF, Netherlands.

Cleantech Finland, www-sivut.

Dvir, E. – Rogoff, K. (2009): Three Epochs of Oil, NBER Working Paper No. 14927.

Elinkeinoelämän keskusliitto (2011): investointitiedustelu, Helsinki.

Energiateollisuus ry, www-sivut.

Energy Technology Perspectives (2008): Scenarios and Strategies to 2050, OECD/IEA, Paris.

Environmental Performance Index (2008); Yale University – Columbia University – World Economic Forum, http://epi.yale.edu:2008/Home, http://epi.yale.edu/

ETLA (2011): Suhdanne 2011/1, Helsinki.

FinnSight 2015 (2006): Tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät, Tekes ja Suomen Akatemia, Helsinki.

Global Competitiveness Report 2008–2009. World Economic Forum.

Global Trends in Sustainable Energy Investment (2010): UNEP, United Nations Environment Programme; http://www.unep.org/sefi-ren21/

EIA (2010): International Energy Outlook, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Washington, DC.

IEA (2008): World Energy Outlook, OECD/IEA, Paris.

IEA (2009): World Energy Outlook, OECD/IEA, Paris.

IEA (2010): World Energy Outlook, OECD/IEA, Paris.

IPCC (2007): The Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, http://www.ipcc.ch/

Itämeren haasteet ja Itämeri-politiikka, Valtioneuvoston selonteko 23/2009, Helsinki.

Itämeri 2008 – Merentutkimuslaitoksen Itämeriseurannan vuosiraportti, MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 64, 2008, Helsinki.

Kansallinen innovaatiostrategia (2008). Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki.

Kansallinen tietoyhteiskuntastrategia 2007–2015, http://www.tietoyhteiskuntaohjelma.fi/esittely/fi_FI/1142405427272/

Kioton pöytäkirja, www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi

Liski, M. – Kauppi, O. (2008): An empirical model of imperfect dynamic competition and application to hydroelectricity storage, Helsinki School of Economics.

Liski, M. – Murto, P. (2010): Uncertainty and energy saving investments, Aalto University.

Metsäteollisuus ry, www-sivut.

Stern, N. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change - Executive Summary.

Tilastokeksus, www-sivut.

Tol, R. (2009): The Economic Effects of Climate Change, Journal of Economic Perspectives, 23.

Tol, R. (2008): Why Worry About Climate Change? A Research Agenda, Environmental Values 17.

United Nations Framework Convention on Climate Change, http://unfccc.int/2860.php.

United Nations, National Accounts Statistics database, http://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp.

VNK (2009): Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

VNK (2011): Kohti edelläkävijyyttä? Ilmasto- ja energiapoliittisen tulevaisuusselonteon arviointi, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 1/2011.

WWF (2008): Living Planet Report, Switzerland, www.panda.org.

Aikaisemmin ilmestynyt ETLAn Keskusteluaiheita-sarjassa

Previously published in the ETLA Discussion Papers Series

No 1237 *Jukka Lassila – Tarmo Valkonen*, Julkisen talouden rahoituksellinen kestävyys Suomessa. 11.01.2011. 28 s.

No 1238 *Martin Kenney – Bryan Pon*, Structuring the Smartphone Industry: Is the Mobile Internet OS Platform the Key. 10.02.2011. 24 p.

No 1239 *Mika Maliranta – Reijo Mankinen – Paavo Suni – Pekka Ylä-Anttila*, Suhdanne- ja rakennekriisi yhtä aikaa? Toimiala- ja yritysrakenteen muutokset taantumassa. 17.02.2011. 20 s.

No 1240 *Jyrki Ali-Yrkkö – Petri Rouvinen – Timo Seppälä – Pekka Ylä-Anttila*, Who Captures Value in Global Supply Chains? Case Nokia N95 Smartphone. 28.02.2011. 22 p.

No 1241 *Antti Kauhanen – Sami Napari*, Gender Differences in Careers. 9.03.2011. 31 p.

No 1242 *Mika Pajarinen – Petri Rouvinen – Pekka Ylä-Anttila*, Omistajuuden vaikutus suomalaisen työllisyyden kasvuun ja pysyvyyteen. 16.03.2011. 27 s.

No 1243 *Rita Asplund – Sami Napari*, Intangibles and the Gender Wage Gap. An Analysis of Gender Wage Gaps Across Occupations in the Finnish Private Sector. 22.03.2011. 24 p.

No 1244 *Antti Kauhanen – Sami Napari*, Career and Wage Dynamics. Evidence from Linked Employer-Employee Data. 25.03.2011. 28 p.

No 1245 *Kari E.O. Alho*, Should Sweden Join the EMU? An Analysis of General Equilibrium Effects through Trade. 06.04.2011. 16 p.

No 1246 *Heli Koski – Mika Pajarinen*, The Role of Business Subsidies in Job Creation of Start-ups, Gazelles and Incumbents. 07.04.2011. 21 p.

No 1247 *Antti Kauhanen*, The Perils of Altering Incentive Plans. A Case Study. 08.04.2011. 22 p.

No 1248 *Rita Asplund – Sami Napari*, Intangible Capital and Wages. An Analysis of Wage Gaps Across Occupations and Genders in Czech Republic, Finland and Norway. 11.04.2011. 18 p.

No 1249 *Mari Kangasniemi – Antti Kauhanen*, Performance-related Pay and Gender Wage Differences. 21.04.2011. 19 p.

No 1250 *Ye Zhang*, Wireless Acquisition of Process Data. 24.05.2011. 52 p.

No 1251 *Rita Asplund – Erling Barth – Per Lundborg – Kjersti Misje Nilsen*, Challenges of Nordic Labour Markets: A Polarization of Working Life? 25.05.2011. 21 p.

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

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

Julkaisut ovat ladattavissa pdf-muodossa osoitteessa: www.etla.fi/julkaisuhaku.php
Publications in pdf can be downloaded at www.etla.fi/eng/julkaisuhaku.php

ETLA
Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos
The Research Institute of the Finnish Economy
Lönnrotinkatu 4 B
00120 Helsinki

Puh. 09-609 900
Fax 09-601 753
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

ISSN 0781–6847