

Jyrki Luukkanen – Jarmo Vehmas – Anne Karjalainen &
Juha Panula-Ontto

ENERGIASKENAARIOITA VUOTEEN 2050

Katsaus energia-alan haasteisiin,
mahdollisuuksiin ja vaikutuskeinoihin

Jyrki Luukkanen
Tutkimusprofessori, dosentti

Jarmo Vehmas
Erikoistutkija, dosentti

Anne Karjalainen
Tutkimusapulainen

Juha Panula-Ontto
Tutkimusapulainen

Copyright © 2009 Kirjoittajat & Tulevaisuuden tutkimuskeskus & Turun kauppakorkeakoulu

ISBN 978-951-564-981-2

ISSN 1797-132

Tulevaisuuden tutkimuskeskus
Turun kauppakorkeakoulu
Rehtorinpellonkatu 3, 20500 TURKU
Korkeavuorenkatu 25 A 2, 00130 HELSINKI
Pinninkatu 47, 33100 TAMPERE
Puh. (02) 481 4530
Faksi (02) 481 4630
www.tse.fi/tutu
tutu-info@tse.fi, etunimi.sukunimi@tse.fi



SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	4
2.	ENERGIATEOLLISUUS RY:N TULEVAISUUSPROSESSI JA MENETELMÄT	5
	2.1. Skenaariomenetelmä ja skenaariosuunnittelu	9
	2.2. Skenaarioiden luonteesta.....	9
	2.3. Tulevaisuusverstaat	10
3.	TULEVAISUUDEN 2050 HAASTEITA JA MAHDOLLISUUKSIA	11
	3.1. Globaalit muutostekijät	11
	3.1.1. Ilmastonmuutos	12
	3.1.2. Ohjauskeinoja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi	14
	Ympäristöpolitiikan ohjauskeinot	15
	Kioton mekanismit	17
	Vapaaehtoiset sopimukset	18
	3.1.3. Luonnonvarat niukentuvat ja energian kulutus kasvaa	19
	3.2. Elinkeinorakenteen muutos ja sen vaikutukset energiankulutukseen ja CO ₂ -päästöihin....	22
	3.3. Elinkeinorakenteen muutoksen tuomat haasteet	26
	3.4. Kotitalouksien hiilidioksidipäästöjen alentaminen.....	28
	3.5. Kuluttajat vuonna 2050	28
	3.6. Eri energiamuotojen tulevaisuuden haasteet ja mahdollisuudet.....	29
	3.6.1. Fossiiliset polttoaineet	29
	3.6.2. Ydinenergia	30
	3.6.3. Uusiutuvat energianlähteet.....	31
	3.7. Sähkömarkkinat	32
	3.8. Sähkön siirto, jakelu ja varastointi	35
4.	SKENAARIOT	39
	4.1. Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa	39
	4.2. Ekologiset arvot hallitsevat	42
	4.3. Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten	47
	4.4. Teollinen kasvu.....	51
	4.5. Skenaariot tiivistettynä.....	54
5.	MITEN SKENAARIOISSA RATKAISTIIN ILMASTO- JA ENERGIAPOLIITTISET HAASTEET?.....	59
	LÄHTEET	61

1. JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen hillitseminen, luonnonvarojen niukkeneminen ja energiankulutuksen kasvu ovat globaaleja haasteita, johon joudumme vastaamaan omalta osaltamme myös täällä Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjä ja niistä etenkin hiilidioksidipäästöjä tulisi hillitä sekä öljyriippuvuudesta päästä eroon. Suomalaiseen energijärjestelmään vaikuttavat sekä nykyhetkellä että tulevaisuudessa kansainvälinen toimintaympäristö, jossa päätöksiä tehdään. Yhteiskunta asettaa suomalaiselle energijärjestelmälle erilaisia ilmasto- ja energiapoliittisia vaatimuksia ja toisaalta on otettava huomioon myös perinteisemmät energiapoliittiset tavoitteet, kuten huoltovarmuus, omavaraisuus, kotimaisuus ja turvallisuus.

Tämä suomalaisen energijärjestelmän tulevaisuutta vuonna 2050 tarkasteleva tutkimus on tehty Energiateollisuus ry:n toimeksi antamana. Tarkoituksena on valaista energijärjestelmän tulevaisuutta vuoden 2050 näkökulmasta ja aineistona on käytetty Tulevaisuusverstaiden (3 kpl) tuottamaa asiantuntijoiden arviointia toivottavista, todennäköisistä ja uhkaavista tulevaisuuden tiloista. Näiden lisäksi on aineistona kaksi Internet-kyselyä, toinen kvantitatiivinen, tulevaisuustilojen todennäköisyyttä ja toivottavuutta arvottava ja toinen kvalitatiivinen, aiempia materiaaleja täydentävä ja korjaava kysely. Aineiston pohjalta on luotu neljä erilaista skenaariota, "mahdollista maailmaa", joiden tarkoituksena on edistää avointa keskustelua arvoista ja poliittisista toimenpiteistä yhteiskunnassa. Tavoitteena on myös avata erilaisia näkökulmia mahdollisiin tulevaisuudessa tapahtuviin muutoksiin energijärjestelmän osalta.

Käsillä olevassa Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin tuottamassa loppuraportissa tarkastellaan erilaisia energijärjestelmään vaikuttavia seikkoja, kuten elinkeinorakenteen ja yhdyskuntarakenteen muutokset, eri energiantuotantomuotojen kehitys, kotitalouksien energiankulutus, sähkömarkkinoiden kehitys, sähkön siirto ja jakelu sekä energian varastointi. Hiilidioksiditon sähköntuotanto vuoteen 2050 mennessä on Euroopan laajuisesti energiateollisuuden tavoite ja tässä loppuraportissa käsitellään myös niitä ohjaus- ja vaikutuskeinoja, joilla hiilidioksidipäästöjä voidaan pyrkiä vähentämään. Skenaariot pohjautuvat tunnettuun teknologiaan tai sellaisiin teknologisiin kehitysaskeleihin, jotka ovat realistisesti mahdollisia tarkastelujakson aikana.

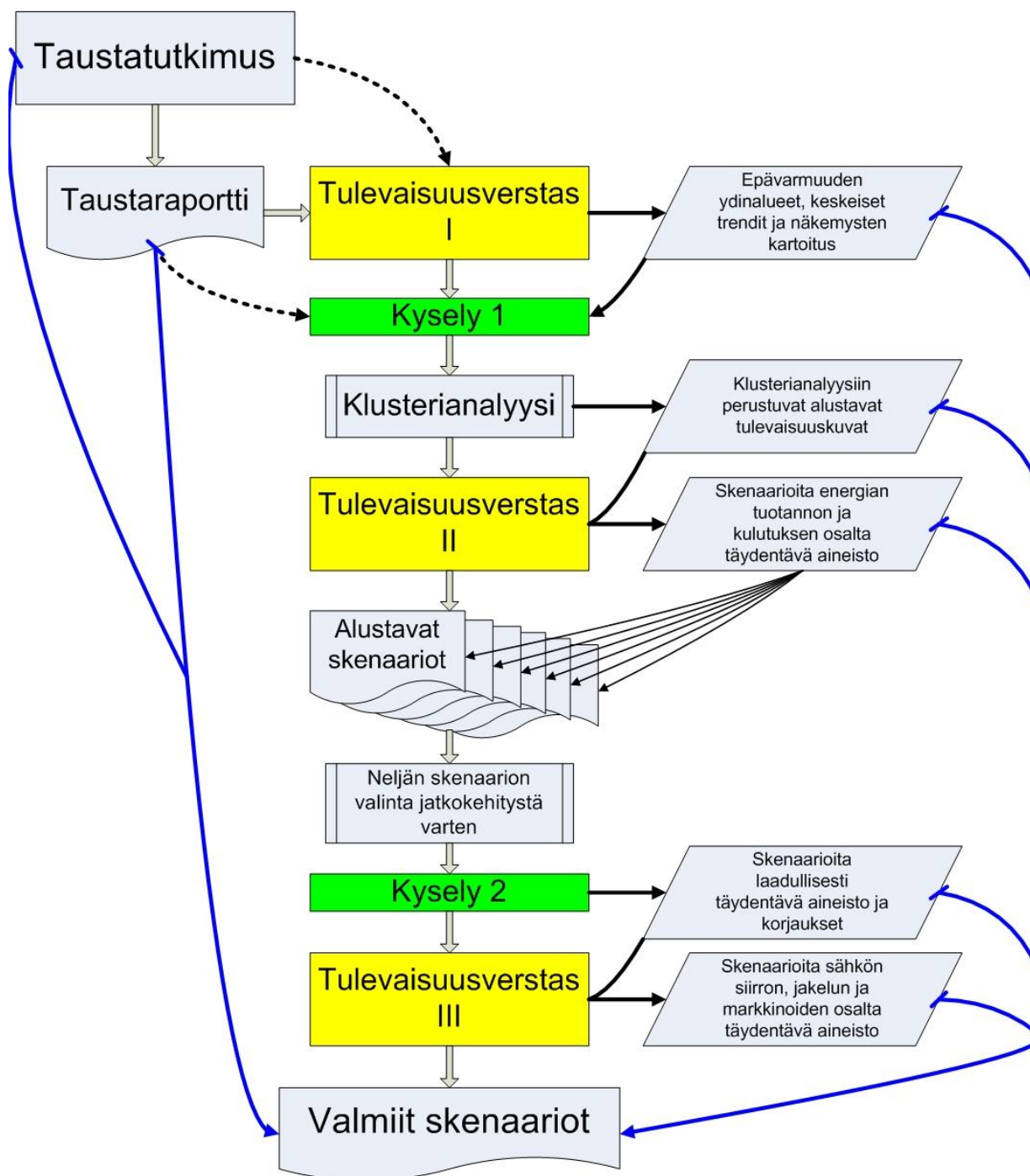
2. ENERGIATEOLLISUUS RY:N TULEVAISUUSPROSESSI JA MENETELMÄT

Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessi on rakentunut energiajärjestelmän tulevaisuutta koskevasta skenaario- ja visiointityöstä. Tulevaisuusprosessi käynnistyi kesäkuussa 2008 datan keräämisellä ja arvioinnilla liittyen energia-asioiden tulevaisuuteen. Kirjallisuustutkimuksen tuloksena syntyi Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin taustaraportti. Taustaraportissa käsiteltiin lukuisia energian tulevaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Käsittelyssä olivat raportissa ensinnäkin globaalit megatrendit, jotka vaikuttavat maailmantalouden tilanteeseen vuonna 2050. Energialla on talouden kehityksessä kaksoisrooli. Talouden kasvuun liittyy yleensä energiankäytön kasvua. Elintason kasvu puolestaan ruokkii lisääntyvää energiankysyntää. Globaalilla tasolla tämä heijastuu energian saatavuuteen ja sen hintaan. Maailman energiantarpeen kasvu asettaa haasteita energiansaannin ja huoltovarmuuden suhteen. Akuutti energianpuute koskettaa kolmasosaa maailman väestöstä. Ilmastonmuutos, kaupunkialueiden ilmanlaatuongelmat ja paikalliset ympäristömuutokset aiheuttavat lisäpainetta globaalin energiasektorin toiminnalle.

Toiseksi, taustaraportissa käsiteltiin erikseen Kiinan ja Intian, Yhdysvaltojen, Euroopan Unionin ja Venäjän kehitystä. Kolmanneksi taustaraportissa kiinnitettiin huomiota Suomen yhteiskunnan asettamiin vaatimuksiin. Yhteiskunnan asettamien vaatimusten osalta päähuomio kohdistettiin ilmasto- ja energiapoliittisiin tavoitteisiin. Neljänneksi taustaraportissa arvioitiin tulevaisuuden energiateknologioiden kehitystä. Työssä kartoitettiin erilaisia primäärienergiälähteiden vaihtoehtoja ja niiden riittävyyttä globaalissa sekä paikallisessa mittakaavassa (hiili, öljy, kaasu, ei-konventionaaliset fossiiliset polttoaineet, uraani, vesivoima, biomassa, turve, aurinko, tuuli, geoterminen energia). Energian varastointiteknologian kehitys samoin kuin hiilen sidontateknologian ja varastoinnin kehitys (Carbon Capture and Storage) olivat tärkeitä arviointikohteita. Viidenneksi taustaraportissa arvioitiin energiamarkkinoista lähinnä sähkömarkkinoiden ja maakaasun markkinoiden kehitystä Suomessa, lähialueilla ja EU:ssa. Kuudentena taustaraportissa käsiteltiin energian siirtoa ja jakelua. Sähkön siirto ja jakelu kytkeytyy kiinteästi sähkömarkkinoiden toimintaan ja fyysiseen kaupankäyntiin. Tuotannon ja kysynnän rakenne sekä kaupankäynnin muodot ohjaavat verkkoinfrastruktuurin tulevaisuutta. Siirron ja jakelun tulevaisuuden kehityskulkuja arvioitiin teknologian kehityksen ja toimintaympäristön muutosten valossa.

Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessissa, jonka kulkua on havainnollistettu kuvalla 1, on luotu neljä skenaariota (ks. lähemmin luku 4):

- Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa
- Ekologiset arvot hallitsevat
- Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten
- Teollinen kasvu.



Kuva 1. *Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin kulku.*

Aineisto, jonka pohjalta skenaariot on luotu, on saatu kirjallisen taustatutkimuksen lisäksi kolmesta tulevaisuusverstaasta ja kahdesta internetkyselystä. Ensimmäinen Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin tulevaisuusverstaas järjestettiin 4.11.2008. Tulevaisuusverstaaseen osallistui suuri joukko asiantuntijoita monelta alalta, sekä energiategollisuuden piiristä ja sen sidosryhmistä että rinnakkais/asiakasklustereista. Verstaan tavoitteena oli luoda visionäärisiä tulevaisuuskuvia. Ensimmäisessä verstaassa pohdittiin ja kartoitettiin laaja-alaisesti niitä uhkia ja mahdollisuuksia, joita on edessä seuraavan 40 vuoden aikahorisontissa. Taustatutkimuksen perusteella verstaassa käsiteltäväksi oli valittu seitsemän teemaa, joita olivat globaali kehitys, EU:n ja Venäjän kehitys, Suomen kehitys, energiategnologia, energiategurssit, energiategurkinat sekä energian siirto ja jakelu.

Noin sadan asiantuntijan joukko visioi teemoittain energia-alaan vaikuttavia kehityssuuntia. Kunkin teeman kohdalla käsiteltiin STEEPV-kehikon mukaisesti sosiaaliset, teknologiset, taloudelliset, ekologiset, poliittiset ja arvoihin liittyvät tekijät.

Ensimmäisestä verstaasta saadun aineiston perusteella laadittiin ensimmäinen internetkysely. Ensimmäiseen kyselyyn vuosien 2008 ja 2009 vaihteessa vastasi 84 henkilöä ja vastausprosentti oli 53 %. Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan erilaisten tulevaisuutta koskevien väitelauseiden toteutumisen todennäköisyyttä ja toivottavuutta. Tämän lisäksi vastaajat antoivat tulevaisuutta nykyhetkeen vertaavia indeksiarvoja esimerkiksi energian hintatason, energian kokonaiskulutuksen ja tuulivoimakapasiteetin suuruuden kaltaisille suhteasteikolla oleville suureille.

Kyselyssä olleet indeksikysymysten arvot skaalattiin logaritmisesti muiden, Likert-asteikolla olleiden kysymysten kanssa samalle asteikolle klusterianalyysiä varten. Klusterianalyysi on yleinen tilastollisen data-analyysin menetelmä, jossa valitun klusterointialgoritmin mukaisesti tilastollisia havaintoja voidaan ryhmitellä keskenään erilaisiin joukkoihin eli klustereihin. Klusterianalyysin tuottamien klustereiden jäsenet ovat ominaisuuksiensa puolesta keskenään jollakin tavalla samankaltaisia.

Käyttäen kaikkia kysymyksiä, vastaajat ryhmiteltiin k-means-tyyppisellä klusterianalyysillä neljään klusteriin. K-means -menetelmä tuottaa valitun määrän keskenään mahdollisimman erilaisia klustereita ja oli tästä syystä sopiva menetelmä ensimmäisen verkkokyselyn vastaajien klusterointiin. Koko kysymyspatterilla suoritettuna klusteroinnin lisäksi vastaajat klusteroitiin eri tulevaisuudentilojen mukaisen toivottavuuden mukaan kahteen klusteriin.

Kunkin klusterin eri kysymyksiin annettujen vastauksien keskiarvojen perusteella muodostettiin alustavien kuuden tulevaisuuskuvan konfiguraatiot. Alustavat tulevaisuuskuvat sisälsivät staattisia tulevaisuudentiloja ja asetelmia vuosille 2020 ja 2050, ja ne toimivat lähtökohtina skenaarioiden rakentamisessa. Prosessin myöhempien vaiheiden myötä ja niiden tuottaman aineiston avulla klusterianalyysin synnyttämiä tulevaisuustilakehikoita alettiin kehittää skenaarioiksi niitä monin tavoin täydentämällä ja muokkaamalla.

Toisessa fokusoidussa tulevaisuusverstaassa 4.3.2009 pohdittiin energian tuotannon ja kulutuksen tulevaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tulevaisuuskuvat myös esiteltiin lyhyesti. Pohdinnan keskiössä olivat ne polut, jotka johtavat tietynkaltaiseen tulevaisuuteen ja ne ohjaukset, joilla kehitystä voidaan ohjata. Energian kulutuksen eri sektoreiden (teollisuus, liikenne, kotitaloudet ja palvelut) kautta pohdittiin keinoja, joilla hiilidioksidipäästöjen määrää saadaan vähennettyä. Energian tuotantoa pohdittiin eri tuotantomuotojen (fossiiliset polttoaineet, ydinvoima, uusiutuvat energianlähteet ja turve) määrän muutosten kautta ja toisaalta pohdittiin myös energian tuontiin/vientiin sekä energian keskitettyyn/hajautettuun tuotantoon liittyviä taustalla vaikuttavia ohjaus- ja vaikutuskeinoja. Toisen tulevaisuusverstaan aineiston ja tulevaisuuskuviin liittyvien kommenttien perusteella tulevaisuuskuvia täydennettiin ja tulevaisuuskuvista ryhdyttiin kehittämään varsinaisia skenaarioita.

Kuudesta alustavasta skenaariosta valittiin neljä skenaariota Energiateollisuus ry:n Energiaskenaariot ja visiot -johtoryhmän edustajien toimesta jatkokehitystä varten. Jatkoon valitut neljä skenaariota muokattiin lyhyempään asuun ja esitettiin alan asiantuntijoille toisessa internetkyselyssä. Kyselyn

tarkoitus oli testata skenaarioiden johdonmukaisuutta ja uskottavuutta sekä täydentää skenaarioita laadullisesti. Skenaariokohtaisiin kyselyihin (4 kpl) huhti-toukokuussa 2009 vastasi yhteensä 48 henkilöä ja keskimääräinen vastausprosentti oli 31 %.

Kolmannen ja tulevaisuusprosessin viimeisen tulevaisuusverstaan tavoitteena oli tarkentaa skenaarioita nimenomaan sähkön siirron ja sähkömarkkinoiden suhteen. 5.6.2009 järjestetyssä kolmannessa tulevaisuusverstaassa kartoitettiin niitä tarpeita, joita yleinen yhteiskunnan ja talouden sekä sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitys asettavat sähkön siirrolle ja jakelulle. Verstaassa kartoitettiin myös miten sääntelyssä ja teknologiassa tapahtuvat muutokset vaikuttavat sähkömarkkinoihin ja energian tuottajien asemaan ja toimintaan markkinoilla.

Kolmannessa verstaan työskentely perustui tauluille piirrettyihin nelikenttiin, joilla havainnollistettiin sähkön siirron ja jakelun sekä sähkömarkkinoiden tulevan kehityksen kannalta keskeisiä ulottuvuuksia. Sähkön siirron ja jakelun tulevaisuutta hahmoteltiin sähkön käytön määrän, yhdyskuntarakenteen tiivyyden, kotitalouksien energiaomavaraisuuden, sähkön varastointimahdollisuuksien, kulutuksen ohjausmahdollisuuksien, energiansäästövelvoitteiden ja hajautetun tuotannon määrän kautta. Sähkömarkkinoiden kehityksen analysoinnissa käytettyjä ulottuvuuksia olivat sähkön hintakehitys ja kysyntä, kulutuksen ohjausmahdollisuudet, energiansäästövelvoitteet, kysynnän hintajousto, hajautetun tuotannon määrä, tukku- ja vähittäismarkkinoiden vapaus, yksittäisten asiakkaiden tai asiakasryhmittymien määrä markkinoilla sekä sähkön tuottajien määrä markkinoilla. Analysoimalla ulottuvuuksia ristiin voitiin tunnistaa tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia.

Kolmannen tulevaisuusverstaan aineistoa käytettiin aiemman aineiston tapaan skenaarioiden kehittämiseen edelleen. Skenaarioita ryhdyttiin muokkaamaan lopulliseen asuunsa käymällä läpi kaikki prosessin aikana syntynyt materiaali ja sovittamalla esiin nousseita teemoja skenaarioihin. Valmiit skenaariot toimivat puolestaan syötteenä Energiategollisuus ry:n tulevaisuusprosessin seuraavalle vaiheelle, jossa on tarkoitus luoda visionäärinen, toivottava skenaario.

Raportissa käytetyt suorat lainaukset tai muut viittaukset tulevaisuusverstastyöskentelyyn tai tulevaisuuskyseleyn tuottamaan aineistoon on merkitty tekstiin seuraavasti:

W1 = Ensimmäinen Tulevaisuusversta

W2 = Toinen Tulevaisuusversta

W3 = Kolmas Tulevaisuusversta

Q1 = Ensimmäinen kysely

Q2 = Toinen kysely

2.1. Skenaariomenetelmä ja skenaariosuunnittelu

Skenaariomenetelmä on joustava strategiatyön ja ennakkoinnin menetelmä. Sitä muokataan tarpeen mukaan ja tapauskohtaisesti vastaamaan sovelluskohteen vaatimuksia. Skenaarioprosessiin voidaan sisällyttää muita menetelmiä, esimerkiksi kvantitatiivisia menetelmiä, vaikka skenaariomenetelmän tulosten luonne on tyypillisesti kvalitatiivinen.

Skenaariosuunnittelu on prosessi, jossa luodaan useita kehityspolkuja tulevaisuuteen (eli skenaarioita). Skenaarioiden avulla kuvataan tyypillisesti organisaation toimintaympäristön ajureiden dynamiikkaa. Skenaarioiden avulla tutkitaan myös mitä saattaa tapahtua ja miten organisaatiot voivat kohdata tulevaisuuden ja sen tapahtumat. Skenaarioilla huomio kohdennetaan kausaaliisiin prosesseihin ja niiden kautta päätöksiin, joita organisaation johto voi tehdä.

Tämän lisäksi skenaariosuunnittelu on prosessi, jossa skenaarioita käytetään hyväksi strategisessa suunnittelussa. Prosessin on tarkoitus lisätä tietoa ja organisaation ympäristöön liittyvää ymmärtämystä ja aikaansaada oppimista johtoryhmässä ja prosessissa mukana olevissa henkilöissä. Mutta oppimisen lisäksi prosessin on tarkoitus myös tuottaa strategisia suosituksia, ohjeita hyvien strategisten päätösten tekemiseen.

Skenaariomenetelmää voidaan käyttää myös muilla tavoin, päämäärän ollessa jokin muu kuin varsinaisten suositusten tekeminen strategista suunnittelua varten. Tällaisia käyttötarkoituksia voivat olla esimerkiksi visiointi, arvokeskustelu ja vastaavat tavoitteet, tai toisaalta johdon kouluttaminen ja mielikuvituksen stimulointi.

2.2. Skenaarioiden luonteesta

Skenaariot ovat tarinoita mahdollisista tulevaisuuksista. Skenaarioita on aina useita ja ne kuvaavat mahdollisten tulevaisuuksien kenttää havainnollisella tavalla. Skenaariot eivät ole staattisia kuvia lopputilanteista. Skenaariot ovat tarinoita, koska niissä on alkutilanne, juoni, joukko toimijoita ja ilmiöitä kehityskulkuineen, tapahtumat syineen ja seurauksineen ja keskinäissuhteineen. (Ralston & Wilson 2006, 15–20.)

Todennäköisyyden näkökulmasta skenaario on mahdollinen, ja yksittäisten piirteidensä puolesta se ei ole huomattavan epätodennäköinen. Skenaario on kuitenkin siinä määrin detaljoitu, että sen toteutuminen pikkupiirteitä myöden on hyvin epätodennäköistä. Verrattuna muihin yhtä detaljoituihin tulevaisuudenkuviin yksittäinen skenaario ei ole epätodennäköinen. (Ralston & Wilson 2006, 15–20.)

Skenaariot pyrkivät kohtuullisesti kattamaan mahdolliset kehityskulut ja niiden tuottamat tulevaisuudet. Skenaarioita ei luoda varioimalla yhtä todennäköiseksi katsottua tulevaisuudenkuvaa. Saman skenaariosuunnitteluprosessin tuottamien skenaarioiden on tarkoitus poiketa toisistaan

merkittävästi, myös rakenteellisesti. Tavallisesti yhdenkään skenaarion ei ole tarkoitus nousta joukosta ylitse muiden erityisen toivottavana tai todennäköiseksi koettuna. (Ralston & Wilson 2006, 15–20.)

Mikä rooli skenaarioilla on organisaation päätöksenteossa? Skenaariot ovat viitekehyksiä, joiden avulla strukturoidaan organisaation johdon näkemykset vaihtoehtoisista tulevaisuuksista. Skenaarioiden avulla voidaan jäsentää miten organisaation johdon päätökset toteutuvat ja saavat seurauksensa näissä vaihtoehtoisissa tulevaisuuksissa.

2.3. Tulevaisuusverstaat

Tulevaisuusverstaat ovat skenaariotyöskentelylle tyypillinen työskentelytapa. Niiden toteutustapa suunnitellaan verstaan tavoitteiden ja osanottajien mukaan.

Tulevaisuusprosessin alkuvaiheessa asioita, joita tulevaisuusverstaalla tyypillisesti tavoitellaan, ovat 1) tulevaisuuden kannalta olennaisten kysymysten, ongelmien ja epävarmuuksien hahmottaminen, 2) nähtävissä olevien tärkeiden kehityssuuntien hahmottaminen ja 3) verstaassa käsiteltävän asiakokonaisuuden suhteen erilaisia näkemyksiä omaavien ryhmien näkemysten saaminen esiin mahdollisimman laajasti ja näkemysten kartoittaminen.

Tulevaisuusprosessin myöhemmissä vaiheissa tulevaisuusverstaiden tarkoituksena voi olla esimerkiksi nähtävissä olevien kehityssuuntien seurausten hahmottaminen ja toimintavaihtoehtojen ja ratkaisujen etsintä ja arviointi. Samoin toimintavaihtoehtojen, niiden odotettujen seurausten ja jälleen uusien toimintavaihtoehtojen muodostamien tulevaisuuspolkujen rakentaminen voi olla tulevaisuusverstaan aiheena. Tulevaisuusprosessin loppuvaiheessa tulevaisuusverstaan tarkoitus voi olla hahmotettujen tulevaisuuspolkujen arviointi, korjaaminen ja täydentäminen.

3. TULEVAISUUDEN 2050 HAASTEITA JA MAHDOLLISUUKSIA

Tässä luvussa käsitellään suurimpia haasteita ja toisaalta mahdollisuuksia, jotka vaikuttavat energian tuotannon ja kulutuksen tulevaisuuteen. Ensinnäkin globaaleista muutostekijöistä on nostettu esiin ilmastonmuutos, luonnonvarojen niukkuus ja energiankulutuksen kasvu. Ilmastonmuutoksen yhteydessä on esitelty ohjauskeinoja, joilla ilmastonmuutosta voi pyrkiä hillitsemään, niin kansainvälisellä kuin kansallisella tasolla. Näitä ohjauskeinoja on otettu vaihtelevissa määrin käyttöön edellä kuvatuissa skenaarioissa. Luonnonvarojen rajallisuus ja energianlähteistä varsinkin öljyyn liittyvä niukentuminen on valtava haaste, kun ottaa huomioon energian kulutuksen kasvun globaalisti. Suomen tasolla elinkeinorakenteen muutos ja sen vaikutukset energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin on yhteiskunnalle haasteita ja mahdollisuuksia asettava kehitys. Tämän lisäksi energian loppukäyttö kotitalouksissa ja kuluttajat vuonna 2050 vaikuttavat hiilidioksidipäästöjen määrään. Energian eri tuotantomuotojen haasteita ja mahdollisuuksia käsitellään alaluvussa 3.6. Tämän jälkeen käsitellään vielä lyhyesti sähkömarkkinoita alaluvussa 3.7. ja sähkön siirtoa, jakelua ja varastointia alaluvussa 3.8. Tässä luvussa kuvattuja haasteita kohdataan ja mahdollisuuksiin tartutaan vaihtelevasti seuraavan luvun 4. eri energiaskenaarioissa. Samoin poliittisia ohjaus- ja vaikutuskeinoja on käytössä niissä vaihtelevia määriä energiaskenaariosta riippuen.

3.1. Globaalit muutostekijät

Suuria globaaleja muutostekijöitä, jotka vaikuttavat voimakkaimmin suomalaiseen energian tuotantoon ja kulutukseen, ovat energia-alan asiantuntijoiden mukaan ilmastonmuutos, fossiilisten energiavarojen niukkuus sekä niiden keskittyminen entistä harvempien maiden hallintaan ja energiankulutuksen kasvu. Nämä kaikki asettavat haasteita energian tuotannolle, jakelulle ja siirrolle, mutta voivat myös tietyissä olosuhteissa näyttäytyä mahdollisuuksina. Ilmastonmuutoksen haasteet ovat moninaisia ja uhkaavat niin ympäristöä kuin taloutta. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia, esimerkiksi pakolaisuutta Suomeen. Toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset voivat olla hyvin nopeita, jolloin niihin on vaikea reagoida ennakolta. Luonnonvarojen niukentuminen ja energian kulutuksen kasvu globaaleina trendeinä ovat valtavia haasteita luonnonvarojen rajallisuuden vuoksi ja niiden yhteensovittaminen tuo omat ongelmansa, jotka on ratkaistava tavalla tai toisella. Voidaanko esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä vähentää, jos energian kulutus jatkuvasti kasvaa?

3.1.1. Ilmastonmuutos

Suomen ilmastopolitiikan historiaa

Suomen ilmastopolitiikan reunaehdoja ohjaavat velvoitteet, joita on määritelty Rio de Janeirossa v. 1992 solmitussa YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksessa ja sen v. 1997 laaditussa lisäpöytäkirjassa, aikavälin 2008–2012 tavoitteet kattavassa ns. Kioton sopimuksessa, sekä EU:n jäsenmaiden keskinäisessä ns. taakanjakosopimuksessa. Parhailtaan ovat käynnissä neuvottelut vuoden 2012 jälkeisistä tavoitteista ja niitä koskevasta sopimuksesta. Poliittisen prosessin rinnalla on vaikuttanut ilmastomuutoksen ja -politiikan tieteellisen tiedon kehittyminen, joka näkyy erityisesti hallitustenvälisen ilmastopaneelin (IPCC) raporteissa. Tämä tieto on heijastunut niin kansainväliseen kuin kansalliseenkin ilmastopolitiikkaan.

EU on kansainvälisen johdonmukaisesti pyrkinyt yhtenäistämään omat ilmastopoliittiset linjauksensa, joita se voisi yhteenliittymänä eli "kuplana" toteuttaa kansainvälisissä ilmastopoliittisissä neuvotteluissa. Suomen ilmastopolitiikka on jaettavissa kahteen periodiin, joiden vedenjakajana on ilmastopoliittisten sopimusten solmineiden maiden kolmas osapuolikokous Kiotossa v. 1997. Aikakautta ennen kokousta voidaan luonnehtia heikon ilmastopolitiikan aikakaudeksi, jolloin ilmastopoliittinen keskustelu käynnistyi mutta oli vielä painoarvoltaan vähäistä. Kioton kokousta edeltänyt keskustelu Euroopan unionin ilmastopoliittisesta taakanjaosta ja lopulta Kioton protokollan solmiminen muuttivat ratkaisevasti suomalaista ilmastopoliittista ilmapiiriä. Ilmastopolitiikan kansainvälinen eteneminen pakotti ottamaan ilmastopolitiikan vakavasti. Kioton sopimuksen tultua voimaan Venäjän ratifiointin jälkeen vuonna 2005 ilmastopoliittisten tavoitteiden voidaan katsoa saavuttaneen yleisen hyväksynnän. Keskustelu ilmastopolitiikan sisällöstä kuten energiaratkaisuista ja muista tarvittavista keinoista kuitenkin jatkuu vilkkana edelleen.

Ilmastonmuutoksen hillitsemisen haaste

Nykytiedon mukaan ilmastomuutoksen vaikutukset vaihtelevat voimakkaasti maapallon eri osissa. Yhteistä kaikille alueille on kylmien päivien ja öiden väheneminen, tavallista lämpimämpien päivien lisääntyminen sekä poikkeuksellisten sääilmiöiden yleistymisen. Lumen ja jään määrä vähenee sekä rankkasateita ja kuivuutta on entistä useammin. Samoin trooppisten pyörremyrskyjen tuhovoima kasvaa, kun meriveden pintalämpötila kohoaa. Jäätiköiden sulamisen ja meriveden lämpölaajenemisen myötä merenpinta kohoaa. Uhkana myös se, että nopeisiin muutoksiin ei ehditä reagoida. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC) arvioi vuoden 2007 raportissaan, että maailman keskilämpötila nousee tällä vuosisadalla (seuraavan sadan vuoden aikana) 1,1–6,4°C. Koska ilmasto on järjestelmänä hidas, nykyisten päästöjen aiheuttama lämpeneminen vaikuttaa vielä vuosisatojen ajan. Ilmastonmuutoksen lopullinen vaikutus ilmakehään saattaa olla jopa yhtä suuri kuin viime jääkaudella, jolloin keskilämpötila oli 9 °C nykyistä matalampi. Tällä kertaa vaikutukset vain ovat toisenlaiset lämpötilan kohotessa. (Ilmasto.org 2009.)

Ilmastonmuutoksella voi alueesta riippuen olla sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Yhteenlaskettujen vaikutusten arvioidaan kuitenkin kokonaisuutena olevan negatiivisia.

Ilmastonmuutokseen liittyy monimutkaisia yhteiskunnallisia kysymyksiä, jotka poliittisten päättäjien on pyrittävä ratkaisemaan. Näitä ovat esimerkiksi: riskit, joita ollaan valmiita ottamaan, päästöjen vähentämisen määrä ja aikataulu, oikeiden ohjauskeinojen valinta, oikeiden teknologioiden valinta, torjumisen ja sopeutumisen suhde ja foorumi, jossa näistä asioista päätetään. (Ilmasto.org 2009).

Ulrich Beckin (1992) lanseeraaman käsitteen mukaisesti nyky-yhteiskuntaa voi luonnehtia "riskiyhteiskunnaksi", jossa vaurauden ja hyvinvoinnin tuottamiseen liittyy samanaikainen yhteiskunnallisten riskien ottaminen ja uusien tuottaminen. Riskit eivät kuitenkaan jakaudu globaalisti tai kansallisestikaan samalla tavoin kuin vauraus tai hyvinvointi. Toisaalta riskeihin liittyy myös "bumerangivaikutus", sillä ne eivät noudata valtioiden rajoja ja iskevät ennemmin tai myöhemmin myös riskien aiheuttajiin tai vauraudesta ja hyvinvoinnista nauttiviin tahoihin. Riskit jakautuvat globaalisti hyvin epätasaisesti, ja ilmastonmuutoksen on arvioitu vaikuttavan voimakkaimmin kaikkein köyhimpiin kehitysmaihin. (Beck 1992, 19–50.)

Miten ilmastonmuutoksen riskejä voidaan yrittää hallita? Kansainvälisen ympäristöoikeuden peruseriaatteisiin kuuluu varovaisuuseriaate (precautionary principle), joka mainitaan myös YK:n ilmastonmuutosta koskevassa puitesopimuksessa (1992):

"Sopimuspuolten tulisi ryhtyä toimenpiteisiin ennakoidakseen ja estääkseen tai minimoidakseen ilmastonmuutoksen syitä ja lieventääkseen sen haitallisia vaikutuksia. Täydellisen tieteellisen varmuuden puutetta ei vakavien tai peruuttamattomien vaurioiden uhatessa tulisi käyttää syynä siirtää myöhemmäksi tällaisia toimia, jolloin kuitenkin otetaan huomioon, että ilmastonmuutosta koskevien toimintaperiaatteiden ja toimien tulisi varmistaa maailmanlaajuiset edut pienimmin mahdollisin kustannuksin. Tämän saavuttamiseksi näissä toimintaperiaateissa ja toimissa tulisi ottaa huomioon erilaiset yhteiskunnalliset ja taloudelliset yhteydet ja niiden tulisi olla laajamittaisia sekä koskea kaikkia asiaankuuluvia kasvihuonekaasujen lähteitä, nieluja ja varastoja sekä ilmastonmuutokseen sopeutumista ja kaikkia talouselämän aloja."

Energiateollisuus ry:n asiantuntijaverstaissa pohdittiin myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sen seurauksia vuoden 2050 yhteiskunnassa. Ilmastonmuutoksen myötä maailman ja Suomen arvellaan näyttävän aivan toisenlaiselle vuonna 2050 kuin nykyisin. Vuoden keskilämpötila on kohonnut, sadanta kasvanut ja näiden myötä satokausi pidentynyt. Olosuhteet ovat muuttuneet niin bioenergiaa varten kasvatetuille kuin muillekin viljelykasveille paljon suotuisammiksi. Suuret erot vuodenaikojen välisessä energiantarpeessa ovat tasaantuneet, ja kaukolämmön lisäksi kaukokylmä ja sähkökäyttöinen jäähdytys ovat nousseet tärkeiksi myyntiartikkeleiksi energia-alalla.

Ilmaston lämpenemisen arveltiin joissakin arvioissa olevan siis Suomelle jopa eduksi:

"Suomi on houkutteleva paikka ja voittajavaltio ilmastonmuutoksessa" (w1)

Vakavimmissa uhkakuviissa Suomi on joutunut ilmastonmuutoksen myötä erilaisten kriisien keskelle. On vaikeaa kuvitella, että Suomessa voitaisiin jatkaa entisenlailla elämää, jos maailmalla soditaan niukentuneista luonnonvaroista ja talouskriisit toisensa perään koettelevat laajalti eri kansakuntia:

"Ilmastonmuutos on tosi, siitä seuraa kansainvaellus, Suomi on vastaanottajamaa, energian tarve räjähtää" (w1)

"Ilmastomuutokseen ei ole reagoitu riittävän nopeasti, seurauksena on taloudellinen lama, mit-tavat teknologiset panostukset" (w1)

Ilmastonmuutos asettaa vakavan haasteen taloudelle. Jos minkäänlaisiin toimenpiteisiin ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ei ryhdytä, arvioi Sternin raportti (2006) ilmastonmuutoksen kokonaiskustannusten ja riskien olevan yhteensä vähintään 5 % menetys globaalista bruttokansantuotteesta joka vuosi tästä eteenpäin. Jos otetaan riskejä ja vaikutuksia laajemmin huomioon, voivat arviot vahingoista nousta 20 % BKT:stä tai jopa sen yli. Verrattuna hallitsemattoman ilmastonmuutoksen aiheuttamiin kustannuksiin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä syntyvät kustannukset arvioidaan Sternin raporttissa olevan 1 % globaalista bruttokansantuotteesta vuosittain. (Stern 2006, vi.)

Toisaalta nämä muutostekijät ajoissa ennakoiva yritys voi suuntautua uudelleen kehittämällä energian säästöön ja energiatehokkuuteen liittyviä teknologioita ja palveluita. Yhteiskunta voi sijoittaa tutkimus- ja kehitysrahoja uudenlaisten puhtaiden teknologioiden kehittämiseen. Ilmastonmuutoksen torjuminen näyttäytyy kuitenkin monen asiantuntijan mielissä synkähköltä:

"Ilmastonmuutoksen torjunta voi johtaa lievän epämukavuuden sietämiseen. Tätä ei ole kukaan vielä uskaltanut sanoa ääneen" (w1)

Monien asiantuntijoiden kannanotoissa oli vallalla pessimistinen ajatus siitä, että rankkoja politiikkatoimia joudutaan tekemään reaktiivisesti vasta sitten kun ongelmiin on jo jouduttu. Toisaalta ennaltaehkäiseviäkin toimia voidaan tehdä, jos ne ovat nykyisillä kustannuksilla taloudellisesti kannattavia.

3.1.2. Ohjauseinoja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi

Tässä luvussa esitellään erilaisia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoja ja niiden vaikutusta energiantuotantoon. Vähentämiskeinoilla tarkoitetaan tässä niitä ohjauseinoja, joiden avulla julkinen sektori pyrkii luomaan olosuhteet, joissa yhteiskunnan eri toimijat voivat konkreettisesti toteuttaa toimia, jotka vähentävät YK:n ilmastopimuksessa määriteltyjen kasvihuonekaasujen eli hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄), typpioksiduulin (N₂O), fluorihilivetyjen ja perfluorivetyjen (HFC- ja PFC-yhdisteet) sekä rikkiheksafluoridin (SF₆) päästöjä. Tällaisia toimia ovat esimerkiksi energiankäytön, teollisuusprosessien ja jätehuollon tehostaminen, siirtyminen vähäpäästöisiin tai päästöttömiin energialähteisiin sekä hiiltä sitovien nielujen kasvattaminen.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinot on seuraavassa jaettu kahteen ryhmään: perinteisiin ympäristöpolitiikan ohjauseinoihin sekä ilmastopimuksen Kioton pöytäkirjaan sisältyviin Kioton mekanismeihin. Erikseen on tarkasteltu sertifikaattikauppaa sekä vapaaehtoisia sopimuksia, joita on solmittu eri alojen yritysten ja viranomaisten välillä lähinnä energiankäytön tehostamiseksi.

Ympäristöpolitiikan ohjausekeinot

Ympäristöpolitiikan ohjausekeinot jaetaan tavallisesti hallinnolliseen ohjaukseen, taloudellisiin ohjausekeinoihin ja informaatio-ohjaukseen. Hallinnollinen ja taloudellinen ohjaus toteutetaan yleensä lainsäädännön avulla.

Hallinnollinen ohjaus eli tyypillisesti kiellot, rajoitukset ja luvat edellyttävät käytännössä selkeitä kohteita. Niitä on löydettävissä myös kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi. Esimerkiksi sopivat fossiilisten polttoaineiden käyttöä koskevat kiellot ja rajoitukset, kuten Tanskan hallituksen päätös kieltää uusien kivihiihtä polttoaineena käytävien voimalaitosten rakentaminen. Suomessa voimalaitoksille on asetettu päästönormeja, mutta ne eivät kohdistu välittömästi kasvihuonekaasupäästöihin, joita rajoitetaan sen sijaan EU:n päästökaupalla. Muiden päästöjen, kuten rikkipäästöjen vähenemisessä normit ovat kuitenkin olleet keskeisessä asemassa. Energian kulutuspuolella normiohjaus voi vaikuttaa osaltaan energiantuotantoon, mutta ainoastaan investointitarpeen vähenemisen kautta.

Taloudellinen ohjaus voi perustua palkitsemiseen tai rankaisemiseen. Tyypiesimerkki edellisestä ovat ympäristöperusteiset tuet, jälkimmäisestä taas ympäristöperusteiset verot ja maksut.

Rankaisevassa ohjauksessa on kyse ympäristöhaittojen aiheuttamien ulkoisten kustannusten sisäistämisestä markkinahintoihin. Niin sanotussa *Pigou*-ratkaisussa sisäistäminen tapahtuu julkisen vallan toimesta asettamalla haitan aiheuttajalle vero tai maksu, joka on aiheutetun haitan rajakustannuksen suuruinen. Toisaalta niin sanotussa *Coase*-ratkaisussa sisäistäminen tapahtuu yksityisten markkinatoimijoiden välisten sopimusten perusteella. Energian käytöstä aiheutuvien ulkoisten kustannusten sisäistäminen nostaa haittaa aiheuttavien energialähteiden hintaa, jolloin syntyy taloudellinen kannustin tehostaa energian käyttöä. Eri energialähteiden hintasuhteiden muutoksista riippuen voi syntyä myös kannustin siirtyä päästöttömiin tai vähäpäästöisiin energialähteisiin olemassa olevissa ja/tai uusissa voimalaitoksissa. Vero-ohjauksen ympäristöpoliittisesti merkittävimpänä tavoitteena voidaan pitää tulevien investointien energialähdevalintoihin vaikuttamista.

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisessa kyseeseen tulee ensisijaisesti fossiilisten polttoaineiden hiilisisällön perusteella määräytyvä vero sekä toissijaisesti energialähteen energiasisällön mukaan määräytyvä vero. Hiiliveroja on käytössä muutamissa Euroopan maissa kuten Suomessa. Hiilivero on useimmiten kohdistettu täysimääräisinä ainoastaan lämmöntuotantoon, jossa se on vaikuttanut jonkin verran polttoainevalintoihin sekä uusissa että vanhoissa voimalaitoksissa. Sähköntuotantoon hiiliveroa ei nykyisin ole kohdistettu kilpailusyistä, joten sähköä verotetaan tavallisesti vasta kulutusvaiheessa. Teollisuudelle on tavallisesti myönnetty lievennyksiä tai palautuksia sekä hiili/energiaverosta että sähkön kulutusverosta. Hiili- ja sähköverojen tasot energiayksikköä kohti eri maissa ovat varsin erilaisia.

EU:n komissio teki 1990-luvun alkupuoliskolla kaksi tuloksetonta esitystä yhteisötason hiilidioksidi/energiaveron käyttöön ottamisesta. Keväällä 1997 Komission tekemä esitys

mineraaliöljyjen valmisteverojen minimitasoja sääntelevän direktiivin ulottamisesta muihin energialähteisiin johti yhteisötasoiseen energiaverotukseen myös sähkön, kivihiilen ja maakaasun osalta, mutta sen verotasot eivät määräydy energialähteiden hiili- tai energiasisällöstä. Yhteisötason energiaverotus ei koske sähköntuotantoa, ja se sallii teollisuudelle erilaisia veronlievennysmenettelyjä.

Ympäristö- ja energiaverotuksen yhteydessä on keskusteltu myös ekologisesta verouudistuksesta, jossa verotuksen painopistettä siirretään ympäristöverotukseen ilman että kokonaisverokertymä muuttuu. Suurinta mielenkiintoa on kohdistettu tuloverotuksen ja työn tekemiseen liittyvien muiden verojen ja maksujen alentamiseen. Tavoitteena on pidetty kaksoishyötyvaikutusta (*double dividend*), jolloin sekä ympäristön tila että työllisyys paranevat. Tämän tyyppisiä verouudistuksia on toteutettu muutamissa maissa kuten Suomessa, mutta varsin maltillisesti.

Taloudellisia kannustimia energialähteiden vaihtamiseen ja investointien suuntaamiseen on mahdollista saada aikaan myös palkitsevalla ohjauksella. Esimerkiksi ympäristöpoliittinen tuki voidaan kohdistaa päästöttömien ja/tai vähäpäästöisten energialähteiden käyttämiseen, jolloin niiden taloudellinen kannattavuus paranee. Ympäristöpoliittisten tukien käyttö voi kuitenkin olla myös ongelmallista. Pitäisikö tuki kohdistaa ensisijaisesti teknologian kehittämiseen vai esimerkiksi uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön markkinoillepääsyyn?

Uusiutuvien energialähteiden tutkimus- ja kehitysrahoitusta, investointitukia sekä suoria hintatukia on käytössä useimmissa teollisuusmaissa. Tyypillinen tuen kohde on kotimaisiin ja uusiutuviin energialähteisiin perustuva sähköntuotanto. Monien maiden tuulivoimakapasiteettia on onnistuttu kasvattamaan tukien avulla huomattavasti.

Keskeisin instrumentti on ollut ns. syöttötariffi, joka velvoittaa sähköverkon haltijat ostamaan kaiken verkkoon tarjottavan tuulisähkön vähintään erikseen määritettävällä minimihinnalla. Tuulivoimalaitosten valmistamisessa on pystytty näin siirtymään sarjatuotantoon, jolloin kustannukset ovat alentuneet huomattavasti.

Informaatio-ohjauksen piiriin voidaan lukea tiedotus, valistus ja osaltaan myös tutkimus. Informaatio-ohjauksen tavoitteena on tarjota perusteita ympäristöystävällisemmille kuluttajavalinnoille. Tätä tarkoitusta palvelemaan monissa maissa on otettu käyttöön erilaisia hyödykkeiden energia- ja ympäristömerkintöjä. Ilmastotavoitteiden kannalta merkitystä on esimerkiksi sähkökäyttöisten koneiden ja laitteiden energiamerkinnöillä. Viime aikoina ympäristömerkintä on ulotettu myös suoraan energiatuotteisiin, kuten sähkөөn. Tällöin sen vaikutus välittyy suoraan energiantuotantoratkaisuihin. Ympäristömerkinnän suurimmat ongelmat liittyvät käytettäviin kriteereihin ja niiden perusteisiin, minkä vuoksi "virallisia" energiatuotteiden ympäristömerkkejä ei vielä ole. Se sijaan eräät järjestöt, kuten esimerkiksi Ruotsin ja Suomen luonnonsuojeluliitot ovat ottaneet käyttöön omia ympäristömerkkejään energiatuotteille.

Kioton mekanismit

Kioton sopimus sisältää joukon ohjauskeinoja, jotka tuovat joustavuutta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen:

- Päästöoikeuksien kauppa, joka on rajoitettu Kioton pöytäkirjan liitteen B maiden, eli päästörajoituksiin veloitettujen teollisuusmaiden välille.
- Yhteistoteutus, jossa ilmastopimuksen osapuoli voi toteuttaa päästövähennysveloitettaan Rion puitesopimuksen liitteessä 1 mainituissa maissa toteutettavien hankkeiden avulla.
- Puhtaan kehityksen mekanismi, jonka avulla päästöjen vähentämishankkeita voidaan toteuttaa myös puitesopimuksen liitteeseen 1 kuulumattomissa maissa.

Näitä ohjauskeinoja on alettu kutsua Kioton mekanismeiksi, ja ne ovat käytössä Kioton sopimuksen mukaisella päästövähennyskaudella 2008 - 2012. Oleellisia niihin liittyviä piirteitä ovat lisäisyys- ja täydentävyys-periaatteet. Lisäisyys-periaatteen (*additional*) mukaan valtiot voivat käyttää Kioton mekanismeja ainoastaan kotimaisten toimien lisänä. Täydentävyys-periaatteen (*supplemental*) mukaan yhteistoteutus- ja CDM-hankkeiden tulee olla sellaisia, joita ei muutoin toteutettaisi.

Kaupattavia päästölupia tai päästöoikeuksien kauppaa (*emissions trading*, ET) on pidetty taloustieteen piirissä kustannustehokkaimpana tapana vähentää päästöjä. Päästöoikeuksien ostaminen on usein poliittisesti helpompi ratkaisu kuin päästöjen vähentäminen kotimaassa.. Tällöin päästöjen vähentäminen muualla arvioidaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi. EU otti vuonna 2005 käyttöön sisäisen kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan, jonka tarkoituksena on vähentää päästöjä yhteisössä taloudellisesti edullisella tavalla ja siten täyttää Kioton sopimuksen veloitteet. EU:n päästökaupan myötä on määritelty päästökaupparektori, johon kuuluvat energian-alan laitokset, rautametallialan tuotanto- ja jalostuslaitokset, mineraaliteollisuuden laitokset, paperia ja kartonkia valmistavat laitokset sekä tietyin edellytyksin muitakin toimijoita. Päästöoikeudet on EU-jäsenmaissa jaettu ensisijaisesti ns. perintömenettelyllä, eli jäsenmaat luovuttivat päästöoikeudet päästökaupparektorin toimijoille pääosin veloitusetta. EU-päästökauppa on päästökaupparektorin toimijoiden välistä kauppaa, joten se ei suoraan liity Kioton sopimuksen mukaiseen valtioiden väliseen päästökauppaan.

Projektikohtainen yhteistoteutus (*joint implementation*, JI) tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa päästövähennyshankkeita YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen liitteessä I mainituissa maissa, pääosin Itä-Euroopan siirtymätalousmaissa. Perusajatus on, että hankkeen rahoittajamaa voi lukea hyväkseen hankkeen toteuttamisen seurauksena vähenevät päästöt. Yhteistoteutushankkeista, päästövähennysten arvioinnista ym. keskeisistä asioista on yksityiskohtaiset määräykset.

Puhtaan kehityksen mekanismi (*clean development mechanism*, CDM) merkitsee yhteistoteutuksen kaltaista menettelyä YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen liitteeseen I kuulumattomissa maissa, käytännössä teollisuus- ja kehitysmaiden välillä. Sertifioitujen CDM-hankkeiden avulla saatavia päästövähennyksiä on Kioton pöytäkirjan mukaisesti laskettu osapuolten hyväksi jo vuodesta 2000 alkaen. CDM voidaan nähdä konkreettiseksi keinoksi saada kehitysmaat

mukaan ilmastopimukseen. Kuten JI-hankkeista, myös CDM-hankkeista on olemassa yksityiskohtaiset säädökset.

Sertifikaattikauppa

Sertifikaatit yhdistettynä minimiosuusveloitteeseen ovat tukijärjestelmä uusiutuvalle energialle sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannolle (CHP). Tällaisessa järjestelmässä sertifikaattien kysyntää kannustetaan velvoittamalla energiamarkkinoiden toimijat takaamaan, että tietty määrä heidän sähköstään on tuotettu käyttäen uusiutuvaa energiaa tai sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Käytännön syistä veloitetta ei yleensä määrätä kuluttajille vaan sähkön tuottajille, myyjille tai jakeluyhtiöille. Joka vuosi näiden markkinatoimijoiden on toimitettava riittävästi sertifikaatteja todistaakseen, että ovat täyttäneet osuusveloitteen. Puuttuvista sertifikaateista on maksettava sakkoa. Sertifikaattien tarjonta luodaan myöntämällä niitä sertifioidun energian tuottajille. Täten markkinatoimija, jolla on osuusveloite, voi hankkia vaaditun määrän sertifikaatteja ostamalla niitä sertifioidun energian tuottajalta tai tuottamalla itse sertifioitua energiaa. (Verhaegen et al. 2005.)

Tämän kaltainen sertifikaattijärjestelmä tuo markkinamekanismit ja kaupankäynnin energian tuotantoon ja yhdistää sen vapaaseen Euroopan sisäiseen energiamarkkinaan. Ympäristöarvolle on luotu näin selkeä markkina. Tuotetun sähkön markkinahinnan lisäksi sertifioidun energian tuottajat saavat investoinnistaan sertifikaatin markkinahinnan. Tällä tavoin uusiutuvan energian ja yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon teknologioille korvataan ainakin osittain niiden tuottamat ympäristöhyödyt. Lisäksi investointipäätökset tehdään markkinaperusteisesti. Lisäksi sertifikaatin markkinahinta ei riipu tuotantokustannuksista. (Verhaegen et al. 2005.)

Vapaaehtoiset sopimukset

Elinkeinoelämän toimijoiden ja viranomaisten välillä solmitut vapaaehtoiset sopimukset nousivat esille kun ilmastopimusneuvotteluissa ryhdyttiin neuvottelemaan sitovista päästövähennystavoitteista. Erityisesti energiankäytön tehostamiseen liittyviä sopimuksia on solmittu mm. teollisuuteen sekä sähkön ja kaukolämmön tuotannon omaa energiankulutusta varten. Yritykset ovat myös ottaneet aktiivisesti käyttöön erilaisia ympäristöasioiden hallintajärjestelmiä (ISO 14001, EMAS).

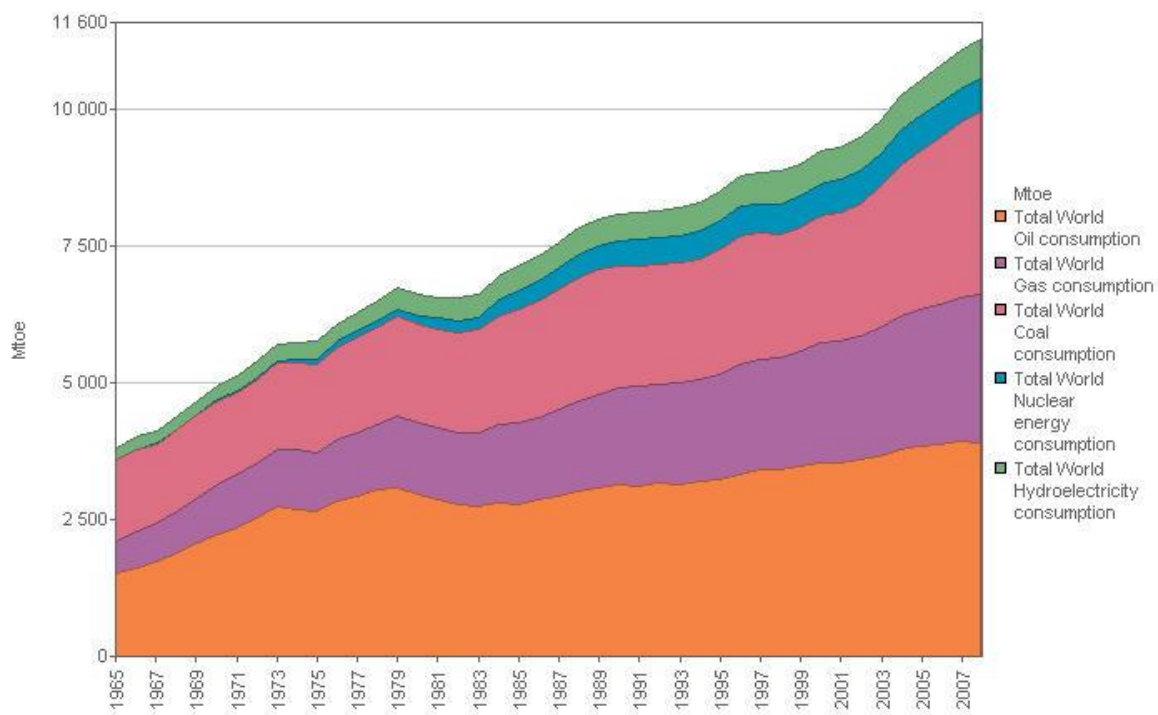
Erityisesti teollisuus on pitänyt vapaaehtoisuuteen perustuvia toimia kaikkein tehokkaimpana tapana vähentää päästöjä. Vuonna 1997 elinkeinoelämä ja viranomaiset allekirjoittivat sopimuksen teollisuuden vapaaehtoisesta energiansäästöstä. Sopimukseen liittyneet yritykset ovat sitoutuneet analysoimaan energiankulutustaan ja laatimaan energiankäytön tehostamissuunnitelman. Tavoitteena on energian ominaiskulutuksen eli tuotettua hyödykeyksikköä kohti kulutetun energiamäärän vähentäminen. Nykyisellään sopimukseen liittyneiden yritysten energiankulutus kattaa noin 80 % koko teollisuuden energiankulutuksesta. (Teollisuuden energiansäästön vuosiraportti 2009.)

Vapaaehtoisia sopimuksia on solmittu myös muissa teollisuusmaissa. Ne koskevat useimmiten energiankäytön tehostamista. Myös kasvihuonekaasupäästöjen absoluuttista vähentämistä koskevista

sopimuksista on neuvoteltu. Tuotannon määrän kasvaessa energiankulutus ja päästöt voivat kuitenkin lisääntyä, vaikka ominaisenergiankulutus pienentyisikin. Tähän liittyen teollisuus on ilmaissut valmiutensa esittää sitovia tavoitteita päästöjen vähentämisestä ja ympäristöasioiden hallintajärjestelmien käyttöönotosta, jos näin voitaisiin välttää uusia lainsäädännöllisiä velvoitteita ja veroja.

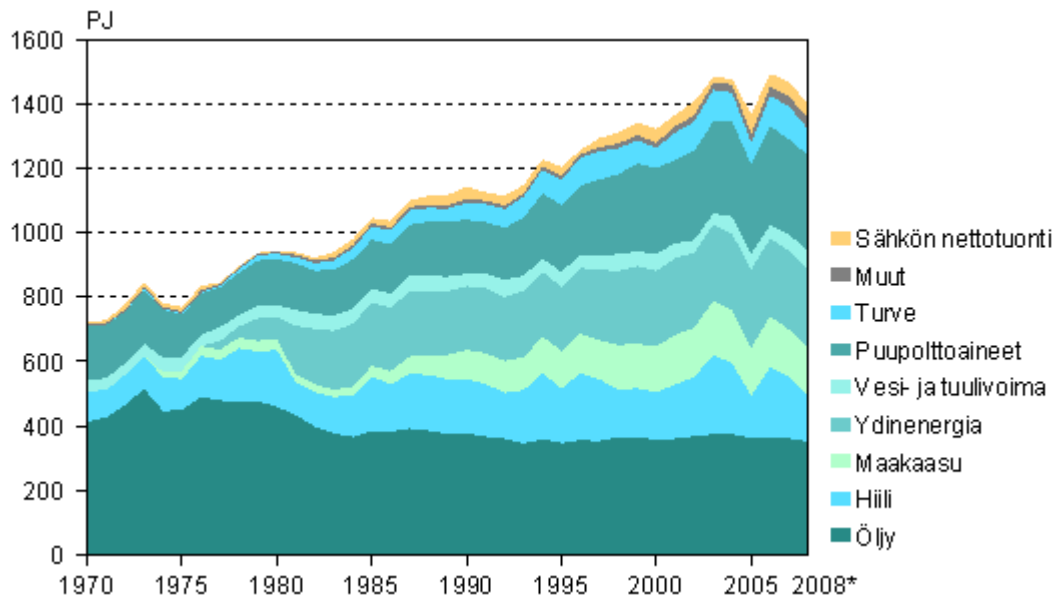
3.1.3. Luonnonvarat niukentuvat ja energian kulutus kasvaa

Maailman energian kulutus on kasvanut kasvamistaan viimeisen 40 vuoden aikana, kuten kuva 2 osoittaa. Energian kulutuksen kasvu onkin globaali trendi, joka on kenties vaikea yhteen sovittaa luonnonvarojen ja energianlähteistä nimenomaan fossiilisten polttoaineiden rajallisuuden ja niukkuuden kanssa tulevaisuudessa 2050.

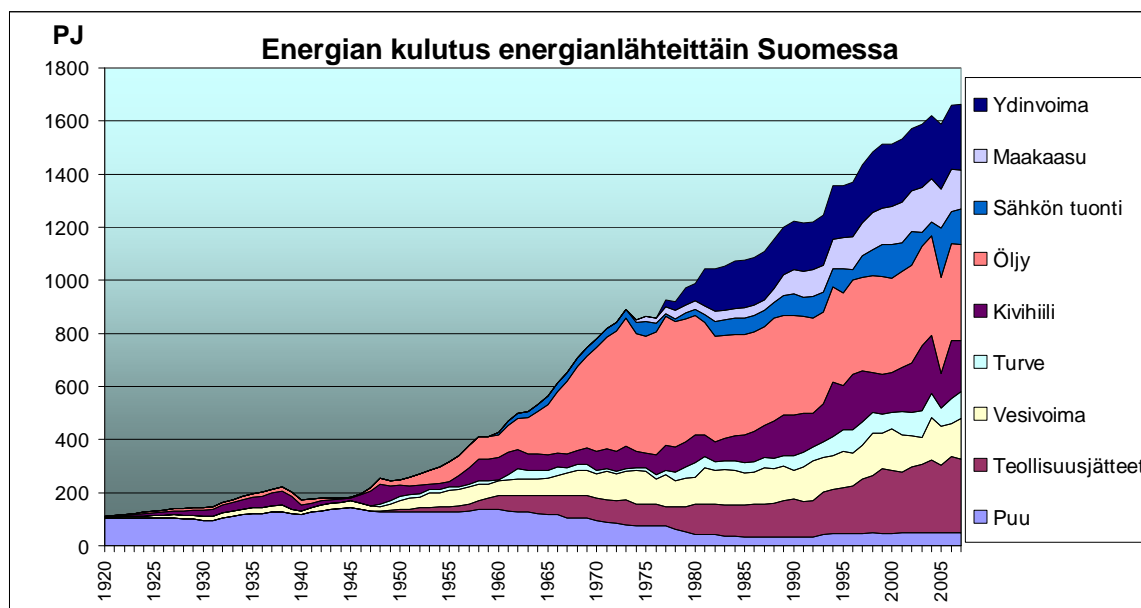


Kuva 2. Maailman energian kulutus vuosina 1965–2008 (BP 2009).

Suomessa energian kokonaiskulutuksen kehittymisen viimeisen noin 40 vuoden aikana voi nähdä kuvasta 3 ja pidemmän aikavälin kehityksen kuvassa 4. Energian kokonaiskulutus on Suomessa kääntynyt laskuun viimeisen parin vuoden aikana, tämä johtuu varsinkin taloudellisen taantuman aiheuttamasta teollisuustuotannon jyrkästä pudotuksesta.



Kuva 3. Suomen energian kokonaiskulutus 1970–2008 (Tilastokeskus 2009).



Kuva 4. Energian kulutus energianlähteittäin Suomessa 1920-luvulta lähtien (Tilastokeskus 2000; Tilastokeskus 2009).

Luonnonvarojen rajallisuus tunnustettiin laajalti jo 1970-luvulla *Kasvun rajat* (Limits to Growth) nimisen teoksen ilmestymisen myötä, joka oli yksi laajamittaisen ympäristöhuolen taustalla olleita maailmaa muuttaneita teoksia. Ympäristöhuolen aiheutti ymmärrys maailman ja luonnonvarojen rajallisuudesta. (Meadows et al. 2004). Luonnonvarojen rajallisuus oli esillä myös Energiategollisuus ry:n tulevaisuusprosessin asiantuntijaverstaassa (4.11.2008). Kaikista keskeisimmäksi luonnonvaraongelmaksi globaalisti nähtiin veden puute. Veden puutteen nähtiin myös vaikuttavan

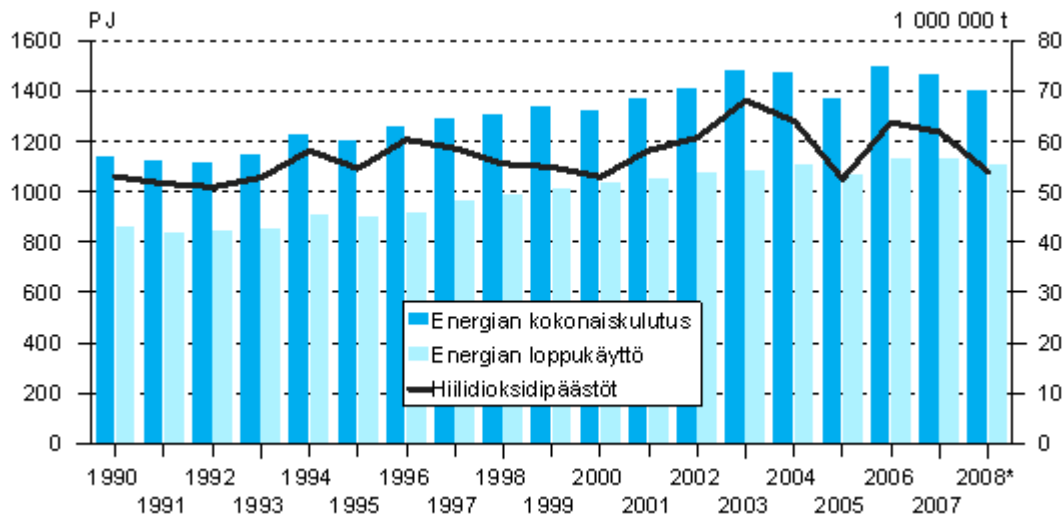
energiaratkaisuihin, esimerkiksi siinä tapauksessa, että merivedestä puhdistetaan talousvettä, joka on erittäin energiantensiivinen prosessi. Puhtaan veden puutteesta saattaa seurata aseellisia konflikteja, vähän siihen tapaan kuin nykyään taistellaan öljystä. Suomen aseman nähtiin olevan vesipulan edessä edullisen, koska Suomella on runsaasti vesivarantoja ja vedestä saattaa tulla suomalainen vientivaltti.

Energian, varsinkin fossiilisten polttoaineiden rajallisuus oli esillä eri asiantuntijoiden kommentoissa. Synkimmät uhkakuvat liittyivät energiasotiin ja niiden arkipäiväistymiseen. Eräskin asiantuntija totesi, että "Kokonaisenergiatarve ei voi kasvaa loputtomiin"

"Riippumatta kannasta ilmastopoliikkaan fossiilisia polttoaineita on rajallinen määrä: vaikutus hintaan, niukkuus, energiateknologian tarve" (w1)

Luonnonvarojen niukentumisen ja samanaikaisen energiakulutuksen huiman kasvun dilemmaan ei ole helppoja ratkaisuja. Yksi osa ratkaisu on jätteen hyötykäyttö ja kierrätys, koska se vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja samaan aikaan vähentää jäteongelmaa. Jäte nähdäänkin arvokkaana raaka-aineena tulevaisuudenkuvissa ja näissä visioissa muun muassa elintarviketuotannon sivuvirrat on otettu käyttöön. Koska fossiiliset polttoaineet ovat katoava luonnonvara, kaikki hyväksyttävät energianlähteet tulevat käyttöön. Energianlähteen hyväksyttävyys riippuu pitkälti yleisestä yhteiskunnassa vallitsevasta arvomaailmasta, poliittisesta tilanteesta ja olemassa olevista teknologisista ratkaisuista.

Asiantuntijoiden mielipiteitä jakava kysymys on "Voiko hiilidioksidipäästöjä Suomessa vähentää, jos energiankulutus jatkuvasti nousee?" Osa asiantuntijoista on sitä mieltä, että energiankulutus on saatava laskuun, jos hiilidioksidipäästöjä halutaan vähentää. "Hallittu elintason lasku" voisi tällöin olla parempi vaihtoehto, kuin ajautuminen ilmasto- tai energiakriisiin. Toiset asiantuntijat taas ovat sitä mieltä, että keinojen ollessa oikeat eli hiilidioksidipäästöttömien energiantuotantomuotojen ollessa käytössä, myös hiilidioksidipäästöt saadaan laskuun vaikka energiankulutus samaan aikaan kasvaisikin. Kuva 5 esittää nähtävissä energian kulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen suhteen Suomessa viimeisten 18 vuoden aikana.



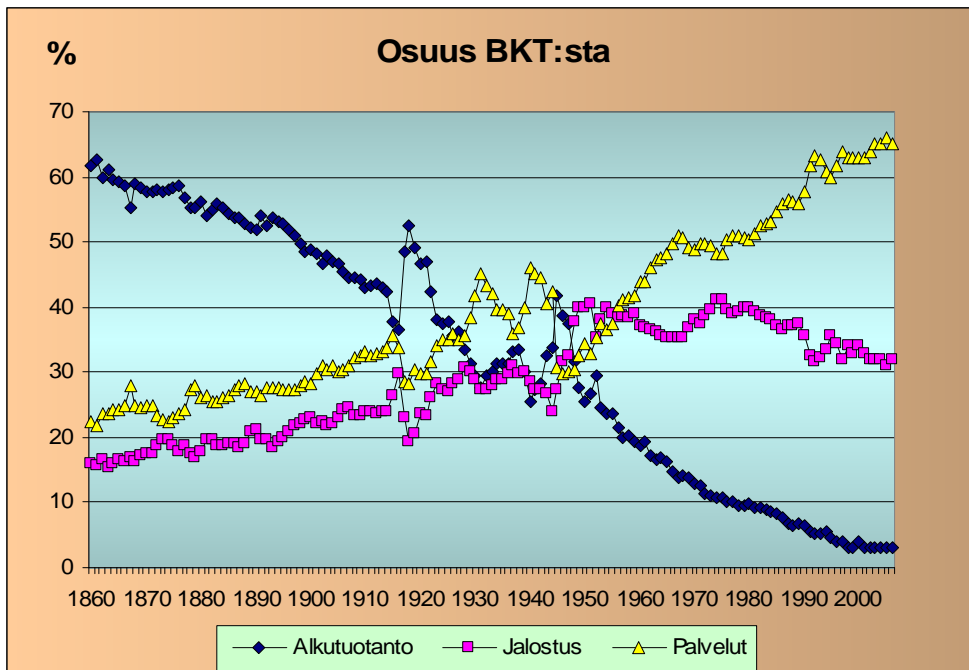
Kuva 5. Energian kokonaiskulutus, loppukäyttö ja hiilidioksidipäästöt Suomessa 1990–2008 (Tilastokeskus 2009).

3.2. Elinkeinorakenteen muutos ja sen vaikutukset energiankulutukseen ja CO₂-päästöihin

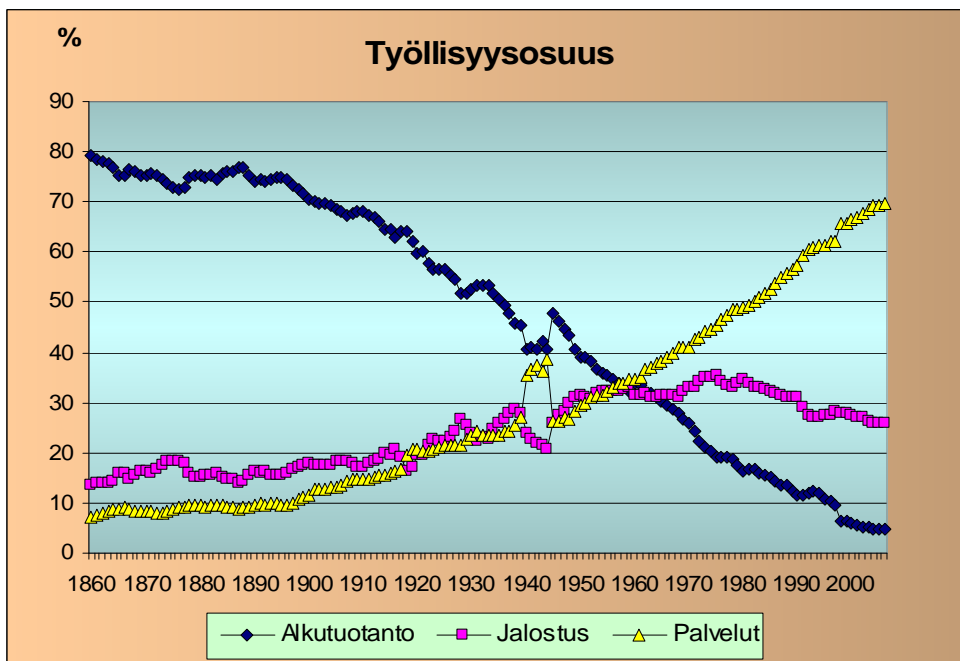
Yhteiskunnan tuotantorakenne vaikuttaa voimakkaasti siihen kuinka paljon energiaa käytetään, ja näin myös suoraan syntyvien kasvihuonekaasujen määrään. Tuotantorakenteen muutokset voivat siten vaikuttaa, erityisesti pidemmällä aikavälillä, siihen miten päästövähennystavoitteet toteutuvat. Tuotantorakenteen muutoksiin vaikuttavat yhteiskunnalliset päätökset vaikuttavat ilmastopoliittikan tavoitteiden saavuttamiseen, mutta huomattava on, että niillä on myös yhteiskunnan muiden tavoitteiden kannalta merkittäviä vaikutuksia, joita on punnittava ilmastotavoitteen ohella.

Talouden rakenteeseen ja sen muuttumiseen vaikuttaa useita tekijöitä. Suomen teollisuus on perinteisesti rakentunut omasta maasta saatavien raaka-aineiden ja resurssien varaan. Metsät muodostivat aikanaan tervanjalostuksen, sahateollisuuden ja sittemmin massa- ja paperiteollisuuden uusiutuvan raaka-ainelähteen. Metalliteollisuus rakentui aluksi paljolti omasta maaperästä louhittavien metallien varaan. Myöhemmin merkittävä osa metalliteollisuutta on kytkeytynyt osaksi metsäklusteria. Teollisuuden energiahuolto perustui puolestaan paljolti koskivoiman rakentamiseen. Henkilöresursseja vapautui maataloudesta sen koneellistuessa.

Suomalainen yhteiskunta on muuttunut vuosikymmenien myötä rakenteeltaan voimakkaasti (kuvat 6 ja 7). Maatalousyhteiskunnasta on siirrytty teollisuus- ja palveluyhteiskuntaan. Kehitys näkyy sekä tarkasteltaessa alkutuotannon, jalostuksen ja palvelujen osuuden muutosta bruttokansantuotteesta että tarkasteltaessa työvoiman määrien muutoksia eri sektoreilla.



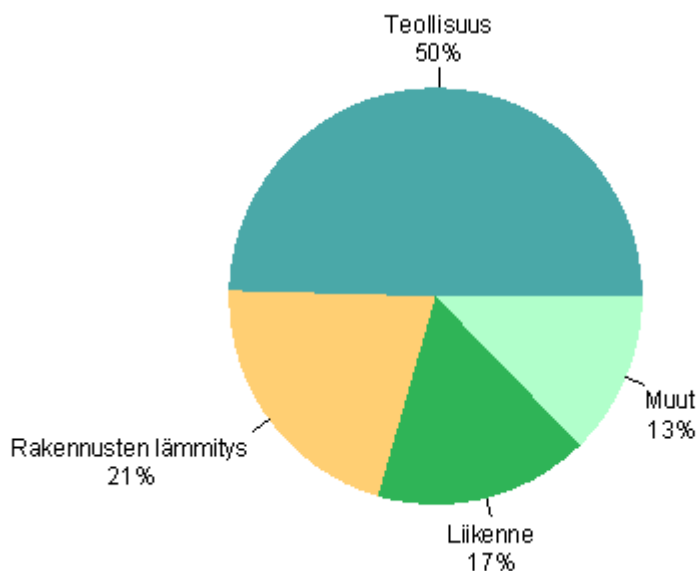
Kuva 6. Alkutuotannon (maa- ja metsätalous, kalastus ja metsästys), jalostuksen (teollisuus ja rakennustoiminta) ja palvelujen suhteellinen osuus tuotannontekijähintaisesta bruttokansantuotteesta Suomessa vuosina 1860–2006 (Datalähde Tilastokeskus).



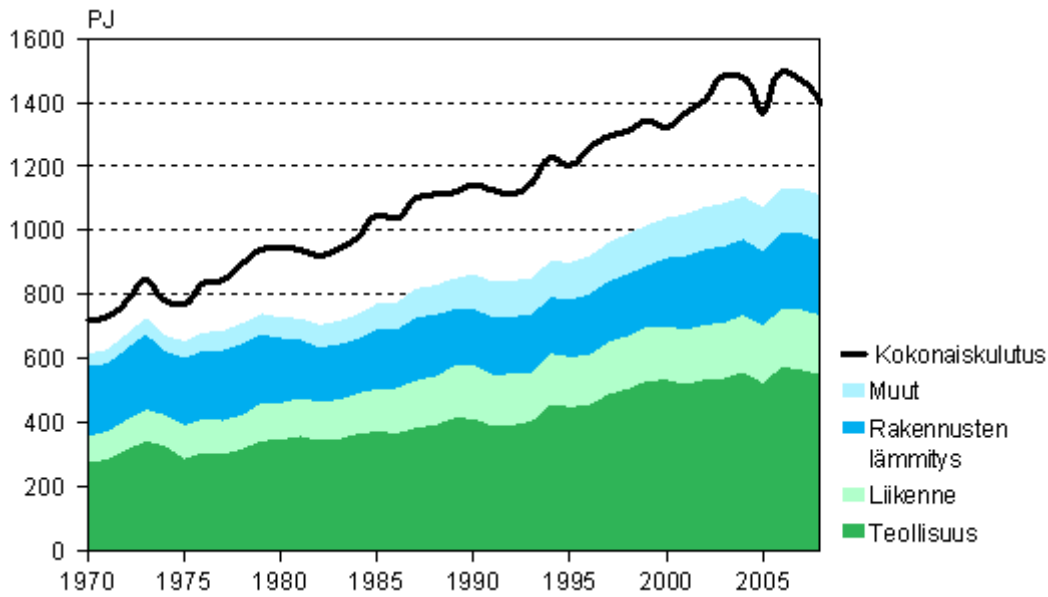
Kuva 7. Alkutuotannon, jalostuksen ja palvelujen työllisyyssosuus Suomessa vuosina 1860–2006 (Datalähde Tilastokeskus).

Talouden kansainvälistyessä kotimaisten resurssien merkitys on pienentynyt. Metsät ovat edelleen tärkeä resurssi Suomessa toimivalle metsäteollisuudelle, mutta kansainvälistyvien yhtiöiden investoinnit suuntautuvat entistä enemmän ulkomaille. Metalliteollisuus on jo pitkään perustunut pääosin ulkomailta tuotavan raaka-aineen jalostamiseen. Energian tuotannossa kotimaisuusaste on 70-luvulta lähtien ollut noin 30 %.

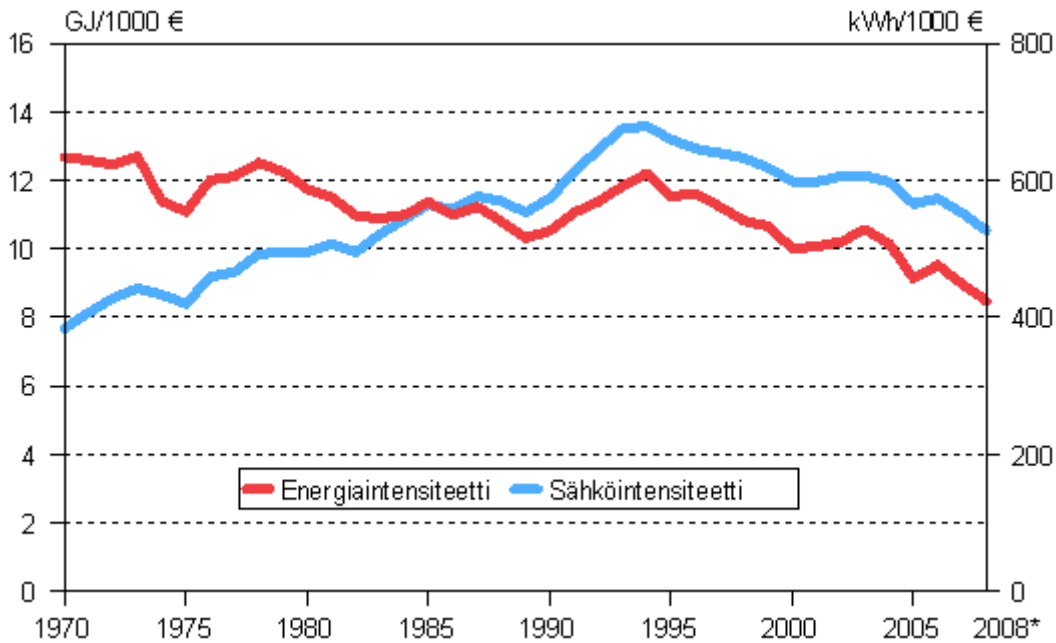
Teollisuuden ja muunkin talouden rakenteen muutoksiin vaikuttavat eri tuotantopanosten saatavuus ja niiden välisten hintasuhteiden muutokset sekä tuotteiden kysyntä kotimaassa ja maailmanmarkkinoilla. Myös yhteiskuntapolitiikka ja mm. koulutuksen kautta suunnattu osaaminen ovat tärkeitä talouden rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä. Perinteisesti Suomessa on pidetty energian alhaista hintaa tärkeänä kilpailukykytekijänä, koska on katsottu, että muut tuotannontekijät ovat Suomen perusteellisuudessa kansainvälisesti verrattuna kalliita. Kuten kuvat 8 ja 9 osoittavat, Suomen energian kokonaiskulutuksesta teollisuuden osuus on noin puolet, mikä on huomattavasti enemmän kuin läntisissä teollisuusmaissa keskimäärin. Suomen talouselämä on siis teollisuuden rakenteesta johtuen melko energiantensiivinen. Toisaalta energia- ja sähköintensiivisyyden trendi on kääntynyt laskuun 1990-luvun puolivälissä, kuten kuvasta 10 on havaittavissa.



Kuva 8. Energian loppukäyttö sektoreittain Suomessa 2008 (Tilastokeskus 2009).



Kuva 9. *Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö sektoreittain Suomessa 2008 (Tilastokeskus 2009).*



Kuva 10. *Energia- ja sähkointensiiteetti Suomessa 1975–2008 (Tilastokeskus 2009).*

Aikaisemmin pääoma on ollut Suomessa suhteellisen niukka tuotannontekijä, mutta 80-luvun lopulta talouden avauduttua tällä tekijällä ei ole ollut samanlaista merkitystä. Kansainvälistynyt korkokanta on myös tasannut tässä suhteessa maakohtaisia eroja. Pääoman saatavuuden sijaan sen verotus on nykyään eräs investointeja ohjaava tekijä.

Verotuksen rakenne vaikuttaa siis osaltaan Suomen talouden rakenteeseen ja siinä tapahtuvat muutokset ohjaavat myös tuotannossa ja kulutuksessa syntyvien päästöjen määrää. Koko verojärjestelmän rakennetta koskeva keskustelu liittyy siis yleisen talouspolitiikan, työllisyyspolitiikan yms. lisäksi osaltaan myös ilmastopoliittikkaan. Tässä mielessä eri toimijoiden rooli ilmastopoliittisessa keskustelussa voi painottua hyvin erilaisiin puoliin: keskustelu esimerkiksi arvonlisäveron alennuskokeilusta ja pääomaveron tasosta on myös ilmastopoliittista keskustelua siinä missä energiaverokeskustelukin. Tärkeää onkin hahmottaa, miten erilaiset yhteiskunnalliset päätökset vaikuttavat paitsi ilmastopoliitiikan myös muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseen.

3.3. Elinkeinorakenteen muutoksen tuomat haasteet

Palveluvaltaistuminen on ollut voimakas trendi, joka on jatkunut viimeiset 50 vuotta. Vuonna 2050 palvelujen volyymi yleisesti ottaen on kasvanut ja julkisten palvelujen saatavuus on heikentynyt, uskoivat energia-alan asiantuntijat. Kotitaloudet ovat ulkoistaneet energiankäyttönsä palveluille: ruokailu, oleilu, vaikkapa kuntosalilla käynti vievät kotona käytettyä energiamäärää alaspäin, mutta nostattavat palvelusektorin energian kulutusta. Yhteiskunnan palvelurakenne muuttuu, lähipalvelut nostavat osuuttaan, samoin virtuaalielämykset. Lähes kaikilla on laajakaista ja palvelut tarjotaan internetissä. Tämä voi omalta osaltaan vähentää liikkumisen tarvetta. Palvelusektorille visioitiin energiatehokkuussopimuksia ja tietotekniikan mahdollistamia uusia palveluja. Ympäristömerkintöjä nähtiin tulevan laajemmalti palveluille, esimerkiksi ekotakseja on jo nyt. (w2)

Teollisuudenaloista asiantuntijat uskoivat tulevaisuudessa eniten matkailualan merkityksen kasvuun. Teollisuuden toiminnan jatkuvuus voitaisiin heidän mukaansa varmistaa myös jatkossa Suomen strategisen huippuosaamisen keskittymillä. Kotimaisia raaka-aineita tärkeämmäksi nousevat tulevaisuudessa osaaminen ja teknologia. Jos Suomessa on ammattitaitoisia työntekijöitä ja korkea teknologian taso vuonna 2050, voi teollisuus tällöin olla energiantensiivistä. Teollisuuden energiankulutuksen laskuun seuraavien 40 vuoden aikana teollisuuden alan asiantuntijat eivät uskoneet. Heidän mukaansa tiettyjen tuotteiden tuottaminen voidaan ajan myötä lopettaa, mutta tilalle tulee aina uusia. Energiatehokkuuden katsottiin jo nyt olevan hyvällä tasolla, etenkin eri teollisuudenalojen sisäisten "benchmark"-toimien ansiosta. "Benchmarking" on käytössä muun muassa hankintapäätöksissä, joissa ei katsota esimerkiksi pelkkää laitteen hintaa vaan myös sen koko elinkaaren aikana kuluttamaa energiaa. Samat toimintaohjeet koskevat esimerkiksi kemianteollisuudessa koko konsernia 40 eri maassa. Energiatehokkuuden kasvuun teollisuudessa uskottiinkin, samoin siihen, että osa energiantensiivistä tuotteista korvautuu vähemmän energiantensiivisillä tuotteilla. Volyymien kasvaessa teollisuuden energian kulutus ei kuitenkaan laske. (w2)

Suurin osa eli 70 %, tällä hetkellä käytetystä sähköstä kemianteollisuudessa on jo tällä hetkellä hiilidioksidivapaata (ydinvoimaa, vesivoimaa, bioenergiaa) erään kemianteollisuuden edustajan

mukaan ja poliittinen ohjaus ja kuluttajien valinnat tulevat tulevaisuudessa ohjaamaan sähkökäytössä yhä enenevässä määrin hiilidioksidipäästöttömään sähköön. (w2)

Metsäteollisuudessa kehityssuunta on kohti uusia tuotteita ja vuoden 2020 tuotannosta puolet olisi perinteisiä tuotteita, kuten massa, paperi ja puutuotteet, ja puolet uudenlaisia tuotteita. Biokemikaalit, biomuovit ja älykkäät kartongit ovat kaikki suunnitteilla olevia tuotteita. Kaikki nämä uudet tuotteet kuluttavat vähemmän puuta, mutta lisäävät sähkön käyttöä. Sähköä tarvitaan näihin uusiin tuotteisiin kohottamaan jalostusarvoa. (w2)

Tulevaisuusverstaassa ehdotettiin, että teollisuusprosessien kasvava energiatehokkuus vähentäisi teollisuuden energian kulutusta. Tähän vasta-argumentiksi esitettiin, että ilman uusia teknologisia innovaatioita tai "teknologia hyppäystä" näin ei tule käymään, sillä nykyisellä teknologialla tehdään tehokkuuden suhteen kaikki tehtävissä oleva. Toisaalta energiatehokkuuden osalta myös teollisuuden yrityksissä kustannustehokkuus liittyy läheisesti energiatehokkuuteen. Jos energian hinta on alhainen ja energiatehokkaat laitteet kalliita, ei niitä ole liiketaloudellisin perustein järkevää ostaa. Jos energian hinta taas nousee, energiatehokkuuteen kannattaa kiinnittää enemmän huomiota. (w2.)

Yrityksen kustannuslaskelmissa myös lainojen korkokanta vaikuttaa energiatehokkuuteen liittyviin päätöksiin. Hankintoihin on usein määritelty aika, jonka kuluessa kyseisen hankinnan tulisi maksaa itsensä takaisin. Valinta voi kohdistua energiatehokkuuden kannalta huonompaankin laitteeseen, jos sen takaisinmaksuaika on lyhyempi.

Teollisuuden hiilidioksidipäästöjä vähentävistä ohjauskeinoista parhaimpana Tulevaisuusverstaassa pidettiin globaalia päästökauppaa, jossa on sektorikohtaiset ominaispäästörajoitukset hiilidioksidipäästöille, ei energian kulutuksen määrälle. Tämä ohjaa investoinnit oikeaan suuntaan, sillä kilpailu alalla on kovaa. Jos oma yritys ei panosta parhaaseen tekniikkaan, niin kilpaileva yritys panostaa varmasti. Päästökaupan oikeudenmukaisuus ja yksinkertaisuus olivat asiantuntijoiden mielestä keskeisessä asemassa. On tärkeää, että teollisuuden edustajat pääsevät vaikuttamaan päästökaupan ehtoihin, eivätkä joudu jälkikäteen pakotetuksi muiden sanelemiin sääntöihin. Päästökaupassa teollisuuden kannalta toimiva järjestelmä olisi sellainen, jossa tehtaat laitetaan ominaispäästöjen perusteella paremmuusjärjestykseen, palkitaan parhaat ja kannustetaan muita pääsemään parhaiden tasolle. On kuitenkin epävarmaa, voidaanko globaalilla tasolla päästä yksimielisyyteen tällaisen järjestelmän edellyttämistä ominaispäästörajoituksista. (w2)

Sektorikohtaisiin ominaispäästörajoituksiin perustuvan päästökauppajärjestelmän haasteena on monimutkaisuus (tosin yksikään oikeudenmukaiseksi koettu päästökauppajärjestelmä ei ole tähän mennessä ollut yksinkertainen) ja pelisääntöjen laadinnan vaikeus. Tietyn teollisuudenalan tuotteet eivät kuitenkaan ole homogeenisia.

Teollisuudenaloista elintarviketeollisuutta pidettiin Tulevaisuusverstaassa alana, jota voitaisiin ohjata hyvinkin voimakkaasti jotta kuluttajilla olisi mahdollisuus tehdä ympäristöystävällisempiä päätöksiä. Elintarvikepakkausiin voitaisiin merkitä esimerkiksi energian ja veden kulutus, tai jopa tuotteen ekologinen jalanjälki kokonaisuudessaan. Toisaalta tulevaisuusverstaassa tuotiin esille, että pelkkä informaatio-ohjaus ei riitä. Se tehoaa vain osaan ihmisistä, joten tehokkaampi ratkaisu olisi ohjata

kulutusta verotuksella. Esimerkiksi porrastettua arvonlisäveroa voisi käyttää ympäristöystävällisten tuotteiden suosimisessa. (w2)

3.4. Kotitalouksien hiilidioksidipäästöjen alentaminen

Kotitalouksien energiankulutusta seuraavien neljäkymmenen vuoden aikana pohdittiin Energiateollisuus ry:n järjestämässä II Tulevaisuusverstaassa. Tulevaisuusverstaassa ehdotettiin sähkölle progressiivista hinnoittelua, joka ohjaisi tehokkaasti kotitalouksia vähentämään sähkön kulutustaan. Vasta-argumentiksi esitettiin, että sähkö on perushyödyke, jota ilman ei voi olla. Myös tulonjakovaikutukset tuotiin esille, hinnoittelun ei pitäisi tehdä pienituloisten asemaa vaikeammaksi. Kotitalouksien osalta kysyntä ei juurikaan jousta hinnan noustessa, koska sähkön osuus kotitalouksien menoista on pieni. Informaatio-ohjausta energiansäästämahdollisuuksista kodin laitteiden suhteen pidettiin toimivana ratkaisuna. Kaikkein toimivimpana pidettiin kodin laitteistoa, joka on niin älykäs, että se säästää automaattisesti energiaa eikä kuluttajan tarvitse tehdä mitään. (w2)

Kotitalouksissa energiaa kuluu kodinkoneiden ja laitteiden lisäksi lämmitykseen, käyttöveden lämmitykseen ja valaistukseen. II Tulevaisuusverstaassa pohdittiin, tulisiko kotitaloudet määrätä liittymään kaukolämpöverkkoon, jolloin kaukolämpöyrittäjät voisivat helposti siirtyä uusille alueille. Tähän todettiin, että uusien asuinalueiden kohdalla täytyy pitää mielessä että kaukolämpö kauas vietynä ei ole kannattavaa. Kaukolämmön kohdalla odotettiin myös teknistä kehitystä kustannusten alentamiseksi. Toisaalta matalaenergiatalojen yleistymisen arvioitiin vähentävän tarvetta liittyä kaukolämpöverkkoon. Erään arvion mukaan vuonna 2050 puolet nykyisestä rakennuskannasta on edelleen olemassa, ja niiden saneeraaminen energiatehokkaiksi koettiin hyvin ongelmalliseksi. (w2.)

Toisaalta ilmaston lämpeneminen tasaa Suomessa talven ja kesän välistä lämpötilaeroa, ja kaukolämmityksen sijasta kaukojäähdytyksen merkitys kasvaa niin kotitalouksien ilmastoinnissa kuin teollisuuden prosesseissa sekä elintarviketeollisuuden valmistus- ja säilytystilojen jäähdytyksessä. (w1)

LED (Light-Emitting Diode) eli hohtodiodi tai ”ledi” on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Ledien yleistyminen tulee energia-alan asiantuntijoiden mukaan vähentämään huomattavasti valaistukseen kuluva energiaa. (w2)

3.5. Kuluttajat vuonna 2050

Ketkä sitten päättävät kulutuskäyttäytymisestä tulevaisuudessa? Vuoden 2050 kuluttajia ovat nykyajan nuoret aikuiset, nuoriso ja lapset. Millainen arvomaailma heillä on? Ovatko he vastuullisia ja ympäristötietoisia aikuisia, joita eivät enää kiinnosta materiaaliset asiat siinä määrin kuin vuosisadan alussa, ja jotka pyrkivät korjaamaan aiempien sukupolvien tekemiä virheitä ja muuttamaan maailmaa paremmaksi paikaksi tuleville sukupolville?

”Päästöttömyys on luonnollista” (w1)

Vai ovatko he ahneita, mukavuudenhaluisia ja alati lisääntyneen viihde-elektroniikan keskellä kasvaneita aikuisia, joille omasta elintasosta tinkiminen on mahdotonta?

”Aina mitä enemmän saadaan rahaa tullaan ahneemmaksi” (w1)

Vapaa-ajan uskottiin lisääntyvän, mikä voi johtaa elämän kiireettömyyteen. Tällöin joko nautitaan elämästä ja ei-materiaalisista asioista, mutta toisaalta lisääntyvä vapaa-ajan määrä voi johtaa myös energiankulutuksen kasvuun. (w1, w2)

Energiantuotannon osalta visioitiin II kyselyssä uudenlaista energia-ajattelua, jossa kansalaisilla olisi energiantuotannon kentällä muitakin rooleja kuin kuluttajan rooli, esimerkiksi kuluttaja-tuottaja. Mallia kehoitettiin erään kyselyyn vastanneen asiantuntijan mukaan hakemaan Tanskasta, jossa sähköverkkoon voidaan myydä itse pienvoimalaitoksella tuotettua, omasta kulutuksesta ylitse jäävää energiaa. Kansalaiset voivat toimia energiatuottajina hyödyntämällä esimerkiksi aurinkoa tai tuulta, ja tämän lisäksi kuluttajavalinnat voivat olla erilaisia:

”Olen vastuullinen ja ekologinen kuluttaja enkä todellakaan valitse sähköautoa vaan biokaasuauton, jonka voin käydä tankkaamassa paikallisella jätevedenpuutarilla tai puutarhalla. Tai vaikka oman kerrostaloasuntoyhtiön kellarissa.” (q2)

Erään kyselyssä esiintyneen näkemyksen mukaan kansalaiset voivat myös omalla aktiivisuudellaan tuottaa uusia vaihtoehtoja omalle kuluttamiselleen.

3.6. Eri energiamuotojen tulevaisuuden haasteet ja mahdollisuudet

3.6.1. Fossiiliset polttoaineet

Kuten edellä todettiin, fossiiliset energiavarat maailmassa ovat rajallisia. Energiateollisuuden järjestämässä ensimmäisessä tulevaisuusverstaassa energiaresurssien ehtymisen ongelmaan ehdotettiin seuraavia perusratkaisuja:

- Vanha täytyy tehdä paremmin.
- Vanhasta täytyy päästä eroon (öljy).
- Täytyy tehdä jotain uutta.

Fossiiliset polttoaineet ovat biomassasta muodostuneita ja maaperään miljoonien vuosien kuluessa varastoituneita polttoaineita. Fossiilisiin polttoaineisiin luetaan kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt. Myös turve luokitellaan kansainvälisissä luokituksissa fossiiliseksi

polttoaineeksi. Suomessa se luokitellaan nykyisin "hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi". (Tilastokeskus 2009; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009.)

Fossiilisten polttoaineiden kohdalla Energiategollisuuden I tulevaisuusverstaassa pohdittiin muun muassa niiden saatavuutta, joka vaikuttaa siihen ovatko fossiiliset polttoaineet käytössä vuonna 2050. Globaali kysyntä ja tarjonta vaikuttavat Suomen tilanteeseen. Samoin päästörajoitukset, jotka ovat voimassa vuonna 2050. Globaalilla tasolla öljy- ja maakaasuvarojen esitettiin olevan vuonna 2050 entistä harvempien valtioiden alueella/hallussa, ja tämän arvioitiin johtavan taloudellisiin taisteluihin ja jopa energiasotiin. Öljystä tulisi siis päästä eroon, todettiin tulevaisuusverstaassa. (w1)

Fossiilisten polttoaineiden osalta tekniikan kehittyminen tulee vaikuttamaan voimakkaasti Suomessa siihen, kuuluvatko fossiiliset polttoaineet vuonna 2050 Suomen energiapalettiin. Jotta fossiilisia polttoaineita voitaisiin yhä käyttää vuonna 2050, tulisi hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (CCS) olla kehittynyt kaupalliseen käyttöön. Tällöin hiilidioksidipäästöihin liittyvät ongelmat saataisiin ratkaistua. Hiilidioksidin talteenottoon liittyy kuitenkin useita epävarmuustekijöitä. Riskitekijöitä ovat muun muassa hiilidioksidivarastojen mahdolliset vuodot, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi terveysriskejä. (w1)

"Löytyykö hiilidioksidille luotettavia varastoja?" (w1)

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin epävarmuustekijöihin liittyvät myös lainsäädännölliset ja taloudelliset kysymykset. Saadaanko tekniikka taloudellisesti kannattavaksi vuoteen 2050 mennessä? Voiko se vähentää Suomen yhteiskunnan päästökaupan kustannuksia? (w1)

3.6.2. Ydinenergia

Viidennen ydinvoimalan rakentaminen Olkiluotoon alkoi Suomessa vuonna 2005. Eduskunnan hyväksyttyä valtioneuvoston periaatepäätöksen uuden ydinvoimalan rakentamisesta tammikuussa 2002 Suomea on alettu pitää "ydinvoimarenessanssin" edelläkävijänä. Viivästykset liittyen mm. Olkiluoto3-projektin hallinnan ongelmiin ja rakennustyön laatuun eivät toistaiseksi ole merkittävästi vaikuttaneet suomalaisessa yhteiskunnassa käytävään keskusteluun ydinvoiman tarpeellisuudesta. Suomen päätös on kuitenkin luonut maailmanlaajuisesti ydinvoimateollisuudelle toivoa uusien länsimaiden asiakkaaksi saamisesta ja herättänyt keskustelua useissa teollisuusmaissa ydinvoiman roolista energia- ja ilmastopolitiikassa. Suomessa kulutetusta sähköstä noin 25 % kulutetaan ydinenergialla. (Vehmas 2009, 37–54; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009.)

Energiategollisuuden I tulevaisuusverstaassa kartoitettiin ydinenergian haasteita ja mahdollisuuksia. Ydinenergian haasteet liittyvät turvallisuuteen, ydinjätteen loppusijoittamiseen ja poliittiseen hyväksyttävyyteen. (w1)

Rakenteilla oleva viides ydinvoimala on ensimmäinen Suomeen Tsernobylin ydinonnettomuuden jälkeen rakennettava ydinvoimalaitos. Neljä olemassa olevaa ydinreaktoria otettiin vaiheittain käyttöön 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa. Vuonna 1993 eduskunta hylkäsi valtioneuvoston

periaatepäätöksen, jonka mukaan ydinvoiman lisärakentaminen olisi ollut yhteiskunnan kokopnaisedun mukaista.

Nyttemmin ydinenergia on palannut takaisin poliittiselle agendalle. Energiateollisuuden I Tulevaisuusverstaassa esitettiin näkemys siitä, että käytännön pakko edistää ydinenergian tuotantoa Suomessa. Esimerkiksi Ruotsissa ja Suomessa on korotettu ydinvoimaloiden nimellistehoja viime aikoina. Asiantuntijoiden mukaan Suomessa olisi potentiaalia lisätä huomattavasti ydinenergiaan perustuvaa yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa. Ydinenergiaa voitaisiin käyttää laajamittaisesti myös kaukolämmön tuottamiseen. (w1.)

Tulevaisuusverstaassa esitettiin myös näkemys siitä, että ydinenergia on vastaus ilmastonmuutoksen hillitsemisen haasteeseen, sillä ydinenergia ei tuota juurikaan hiilidioksidipäästöjä. (w1.)

Haasteena tuotiin ydinenergian osalta esille myös ydinjätteen loppusijoittaminen. (w1) Suomen lainsäädännön mukaan ydinenergian tuottajan velvollisuutena on ydinjätteen käsittely. Tätä tarkoitusta varten nykyiset ydinenergian tuottajayhtiöt Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Fortum Oyj ovat yhdessä perustaneet yhteisen yrityksen Posiva Oy:n. Joulukuussa 2000 valtioneuvosto teki periaatepäätöksen ydinjätteen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta. Tammikuussa 2002 valtioneuvosto teki uuden periaatepäätöksen siitä, että loppusijoituslaitos voitaisiin tarvittaessa laajentaa vastaanottamaan viidennessä ydinreaktorissa käytettyä ydinpolttoainetta. Suomen eduskunta on hyväksynyt molemmat periaatepäätökset. (Vehmas 2009, 37–54.)

3.6.3. Uusiutuvat energianlähteet

Uusiutuville energialähteille on ominaista se, että niiden kestävä käyttö ei vähennä niiden varantoa pitkällä aikavälillä. Suomessa käytössä olevia uusiutuvia energialähteitä ovat vesi- ja tuulivoima, aurinkoenergia, maalämpö, biokaasu, kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoava osuus, puuperäiset polttoaineet sekä muut kasvi- ja eläinperäiset polttoaineet. (Tilastokeskus 2009.)

Energiateollisuuden järjestämissä kolmessa tulevaisuusverstaassa keskusteltiin myös uusiutuvan energian roolista vuoden 2050 energiahuollossa. Yhteiskunnan tukitoimet uusiutuville energiamuodoille herättivät keskustelua. Energiateollisuuden I tulevaisuusverstaassa keskusteltiin uusiutuvien energiamuotojen suuresta arvostuksesta ja vuoden 2050 haasteena on monien uusiutuvien energiamuotojen osalta resurssien riittävyys. Yhteiskunnassa on tahtotila käyttää uusiutuvia energiamuotoja, mutta vuoden 2050 uhkakuvissa uusiutuvat energiamuodot valtion tukemina aiheuttavat tehottomuutta ja vääristävät markkinoita. (w1; w2; w3.)

Tällaisen kehityksen myötä erilaisista energiatuista arvioitiin tulevan maataloustuen kaltainen tukikokonaisuus. Tukiratkaisut vaikuttavat sähkön hintaan ja muuttavat yhteiskunnan rakenteita. Tukitoimenpiteiden vaikutuksia tulee seurata ja odottamattomien negatiivisten vaikutusten ilmetessä on negatiivisia vaikutuksia aiheuttavat tukitoimenpiteet lakkautettava. Hajautettu uusiutuvien energiamuotojen pientuotanto on kallista ja sähkön hinnan tulisi nousta merkittävästi, jotta pieninvestoinnit tämän kaltaiseen tuotantoon olisivat kannattavia. Kallis markkinasähkö voitaisiin tällöin korvata omalla pientuotannolla. Investoinnit pientuotantoon sitovat pääomaa suhteellisen

pitkäksi aikaa, ja jos yhteiskunta tukee näitä investointeja, niitä on kannattavampaa tehdä. (w1; w2; w3.)

Teknis-taloudellisin perustein vuoden 2050 haasteena hajautetussa uusiutuvan pienenergian tuotannossa pidettiin lyhyttä huipunkäyttöaikaa ja huonoja hyötysuhteita. Uusiutuvien energiamuotojen kasvua tulevaisuudessa tukevat kuitenkin niiden saasteettomuus, ympäristöystävällisyys, paikallisuus, kotimaisuus ja huoltovarmuusnäkökohdat. Elintarviketuotannon sivuvirrat voidaan esimerkiksi otettu hyötykäyttöön energiana. (w1; w2.)

Suomessa on verrattain paljon metsävaroja. Puun vaihtoehtoisia käyttömuotoja pohdittiin Energiategollisuuden I tulevaisuusverstaassa. Puukuidun energiakäyttö on vuonna 2050 mahdollisuus, varsinkin siinä tapauksessa että metsäteollisuus vähenee Suomessa eikä kuluta paljon puuraaka-ainetta. Myös peltobiomassaa pidettiin paikallisena suomalaisena energiaratkaisuna, globaalisti biomassan energiakäyttöä ei pidetty erityisen kestäväenä ratkaisuna. (w1.)

Globaalilla tasolla uusiutuvan energian teknologioiden kehitys on vuoteen 2050 mennessä johtanut aaltovoiman ja vuorovesienergian valjastamiseen, samoin tuulivoima ja aurinkosähkö ovat merkittäviä energiantuotantomuotoja. Saharan aurinkoenergia on valjastettu käyttöön. Sähkönsiirtotekniikan kehitys vaikuttaa merkittävästi siihen, voidaanko aurinkoenergia ottaa globaalisti käyttöön. Merituulivoimayksikköjen arvioitiin olevan suuria ja kestäviä vuonna 2050. Merten biomassojen käyttöönottoa visioitiin myös vuodelle 2050. Energiantuotantoa varten voidaan kasvattaa esimerkiksi merilevää. (w1.)

3.7. Sähkömarkkinat

Useissa maissa energiasektori on perinteisesti ollut julkisen sektorin halussa ja alalla on ollut vahva yhteiskunnallinen kontrolli. Sähkön tuotanto, siirto ja jakelu ovat olleet monopolien, usein valtion omistamien, omistuksessa. Aikaisemmin sähkömarkkinoilla ei ollut lainkaan kilpailua, vaan kaikki toiminnot olivat julkisia monopoleja. 1980- ja 1990-luvuilla alkoi kuitenkin sähkömarkkinoiden avaaminen, jossa monopoliasemassa olevien toimintojen omistusta järjesteltiin uudelleen ja toiminnot avattiin kilpailulle. Sähköala on ollut viimeisiä vapaan kilpailun pariin siirtyviä aloja, koska sen on katsottu olevan yhteiskunnan kannalta merkittävässä asemassa. (Lipponen 1999.)

Suomen energiamarkkinat avattiin asteittain kilpailulle vuonna 1995 voimaantulleella sähkömarkkinalailla. Syksystä 1998 alkaen kaikki sähkökäyttäjät ovat voineet kilpailuttaa sähkön hankintansa. Tarkoitus on ollut integroida suomalaiset sähkömarkkinat osaksi pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Integraation myötä pohjoismainen runsas vesivoimakapasiteetti on saatu tehokkaampaan käyttöön ja tämä on lisännyt tehokkuutta ja ympäristöhyötyä. Markkinat ovat mahdollistaneet myös ns. vihreän sähkön kaupan. (TEM 2008.)

Euroopan unionin tavoitteena on luoda eurooppalaiset sähkön sisämarkkinat. Vuonna 1997 voimaan tullut sähkön sisämarkkinadirektiivi edellytti jäsenmaita avaamaan sähkömarkkinoistaan vain 35 %.

Uusi direktiivi sähkön sisämarkkinoista annettiin 26.6.2003. Direktiivi velvoitti jäsenmaita avaamaan sähkömarkkinat kaikkien sähkönkäyttäjien osalta 1.7.2007 mennessä. Muiden kuin kotitalouksien osalta markkinat olisi pitänyt avata kaikkialla Euroopassa 1.7.2004 mennessä. (TEM 2008.) Kokonaan yhteisiä sisämarkkinoita ei ole vielä luotu. Yhtenäisiin markkinoihin EU:n alueella pyritään alueellisten alimarkkinoiden kautta. Tavoitteena on kuitenkin tulevaisuudessa liittää kaikki alueet yhteen. Eurooppalaisten sähkömarkkinoiden integroiminen pidemmälle edellyttää myös kansallisten markkinoita valvovien tahojen koordinoitua sekä siirto- ja jakeluverkkojen operaattoreiden keskinäistä koordinoitua kansalliset rajat ylittävän sähkökaupan tehostamiseksi. (COM 2007–530; COM 2007–531.)

Energiahuollolla on ollut turvallisuuspoliittista merkitystä. Energian saanti ja jakelun varmuus on haluttu turvata kriisitilanteiden varalle. Tämän takia valtiot ovat kehittäneet energiasektoreita omavaraiseen suuntaan ja pyrkineet varmistamaan jakelukanavien toimivuuden alueillaan. Harva valtio on kuitenkaan ollut energian suhteen täysin omavarainen. Turvallisuuspoliittista merkitystä on ollut siis energialähteiden varmuusvarastoinnilla, mutta erityisesti ulkosuhteiden vaalimisella ja kauppasuhteiden sekä toimitusten ylläpitämisellä. (Lipponen 1999.)

Koko sähköalaa ei ole kuitenkaan voitu tuoda kilpailun pariin. Siirto ja jakelu ovat luonnollisia monopoleja, koska ei ole kannattavaa rakentaa rinnakkaisia siirto- ja jakeluverkkoja. Jakelutoiminta on valvottua ja säänneltyä monopolitoimintaa eli energiaregulaattorit valvovat etteivät jakeluyhtiöt peri kohtuuttomia siirtomaksuja. Sähkön tuotanto ja myynti ovat kilpailutettuja toimintoja. Samassa sähköyhtiössä olevat tuotanto-, myynti- ja jakelutoiminnot on pitänyt eriyttää toisistaan. Suomessa eriyttäminen on tehty vähintään kirjanpidollisella tasolla.

Sähköllä on muutamia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat siihen, että sähkömarkkinoiden avaaminen kilpailulle on haastavampaa kuin esimerkiksi telealalla. Sähkömarkkinoiden ollessa valtion kontrollissa sähköverkon pitäminen tasapainossa on yksinkertaisempaa. Sähkön tuotannon ja kulutuksen on vastattava toisiaan, koska muuten verkon taajuus muuttuu ja tämä voi aiheuttaa koko järjestelmän romahduksen. Sähköä sellaisenaan ei toistaiseksi ole voinut varastoida.

Sähkömarkkinoiden vapauttamisen ja laajenevan markkinaintegraation lisäksi tekninen kehitys voi muuttaa sähkömarkkinoiden luonnetta. Energian paikallinen tuotanto haja-asutusalueilla saattaa vähentää jakeluverkkojen tarvetta. Äärimmäisen toimiva sähkön varastoinnin teknologia tekisi periaatteessa suuren osan sähköverkoista tarpeettomaksi. Sähkön kaksisuuntainen siirto voi tehdä sähkön kuluttajista myös tuottajia.

Säätelyn ja teknologian muutosten vaikutuksia sähkömarkkinoilla analysoitiin Energiategollisuus ry:n kolmannessa tulevaisuusverstaassa. Käytettyjä ulottuvuuksia olivat sähkön hintakehitys ja kysyntä, kulutuksen ohjausmahdollisuudet ja energiansäästövelvoitteet, kysynnän hintajousto, hajautetun tuotannon määrä, tukku- ja vähittäismarkkinoiden vapaus, yksittäisten asiakkaiden tai asiakasryhmittymien määrä markkinoilla sekä sähkön tuottajien määrä markkinoilla. Analysoimalla ulottuvuuksia ristiin voitiin tunnistaa joitakin tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia.

Sähkön hintakehitys riippuu suuresti suomalaisen teollisuuden tulevasta sähkökäytöstä. Tällä hetkellä sähkökäyttö on noin 40 TWh vuodessa. Jos teollisuudesta iso osa siirtyy pois Suomen markkina-alueelta, niin tilanne johtaa helposti siihen, että vesi- ja ydinvoimalla tuotetun sähkön määrän pysyessä samana sähkön markkinahinta laskee. Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla on tietty kapasiteetti, joka ei häviä sähkön hinnan laskiessa. Toisaalta öljyn korvaaminen sähköllä tasapainottaa sähkön kysynnän muutoksia. (w3.)

Mikäli sähkön kulutus laskee ja hintakehitys on nouseva, esimerkiksi energiansäästövelvoitteiden ja muun sääntelyn seurauksena, kuluttajat kiinnostuvat helposti erilaisista energiatehokkuuteen liittyvistä palveluista. Tämä on uusi liiketoiminnallinen mahdollisuus sähkön tarjoajille. Tärkeää sähkön hinnannousussa tuottajan kannalta on tietenkin se, johtuuko hinnannousu sääntelystä vai saako myyjä markkinahinnan. (w3.)

Kulutuksen ohjausmahdollisuuksien arvioitiin yleisesti parantuvan varsin nopeassa tahdissa. Kulutuksen ohjaus on todennäköisesti merkittävä markkinoihin vaikuttava tekijä jo vuonna 2015. Kulutuksen ohjauksessa ei Suomessa lähdetä nolatilanteesta, vaan tälläkin hetkellä on olemassa yösähkö ja perinteinen kuormanohjaus. Mikäli julkinen valta asettaa ankarat energiansäästövelvoitteet, on asiakkaiden ostettava energiansäästöpalveluita. Palveluita taas on helppo tarjota, jos kysyntä on olemassa pakotettujen markkinoiden ansiosta. (w3.)

Kulutuksen ohjausmahdollisuuksien ollessa hyvät ja energiansäästövelvoitteiden pienet, ei asiakkaalla ole mitään velvoitetta säästää sähköä, mutta säästämahdollisuudet voidaan myydä hänelle markkinaehtoisesti; riittävän korkea sähkön hinta voi olla asiakkaalle kannustin sähkön säästöön. Sähkön myyjä voi kulutuksen ohjauksen avulla löytää asiakkaalle sopivan sähkön säästöpotentiaalin. (w3.)

Yhteiskunnallisesta näkökulmasta ja ympäristönäkökulmasta toivottava tilanne saattaisi olla sellainen, jossa energiansäästövelvoitteet ovat suuret ja kulutuksen ohjausmahdollisuudet hyvät. Tällaisessa tilanteessa haasteet olisivat kuitenkin suuria sähkön myyjän kannalta. Sähkön kulutuksen pienentyessä uudentyyppisiä palveluita on kyllä ideoitavissa, mutta niiden hinnoittelu saattaa olla ongelmallista. Uudentyyppiset palvelut ovat lähinnä informaatiota ja opastamista. Periaatteessa ihanteellista olisi, että energiansäästöön kyettäisiin ilman valtion velvoitteita. Velvoitteiden ollessa vähäisiä, myyjän haasteena on energiansäästön ja uudentyyppisten palveluiden tarpeen osoittaminen ja perusteleminen asiakkaalle. (w3.)

Hajautetun tuotannon suhteen voidaan ihanteellisena tilana pitää monimuotoista tuotantoa eli että sähkön tuotantoa olisi sekä suuri- että pienimuotoisena. Monimuotoisen sähköntuotannon ja hajautetun sähköntuotannon kannattavuus vaatii tekniikan kehittymistä. Teknologian kehittyminen ja uudet palvelut mahdollistavat myös kysynnän hintajouston kasvun. Suureen hajautetun sähköntuotannon määrään voidaan päätyä myös yhteiskunnan tuella. Tällaisessa tilanteessa vaarana ovat markkinahäiriöt: esimerkiksi nousevan sähkönhinnan aikaansaama kulutuksen pieneneminen veisi elintilan suuremman mittakaavan sähköntuotannolta voimakkaasti tuettujen pientuottajien syöttäessä verkkoon sähköä. Toisaalta kun pientuotantoa on paljon, on myös sijaa palveluille, joita

pientuottajille voi tarjota. Kauppias voi muodostaa pientuottajista ryhmittymän ja vastata markkinatoiminnoista pientuottajien puolesta. (w3.)

Nykytilanteessa sähkönmyyjien asiakkaat eivät ole järjestäytyneet ostopooleiksi. Jos asiakkaat itse keskittyisivät ostopooleiksi, olisi tilanne luultavasti se että sähkön myyjä ei osaisi tuottaa eikä myydä sopivia palveluita. Jos asiakas ei ole pelkkä sähkön kuluttaja, vaan kuluttaja-tuottaja jolla on pienimuotoista omaa sähköntuotantoa, hän saattaa liittyä asiakasryhmittymään saadakseen tuottamansa sähkön paremmin markkinoille. Pienimuotoisen, hajautetun sähkön tuottajat ryhtyvät luultavasti valtion myöntämän tuen päätyttyä välittömästi konsultoimaan keskenään asiakasryhmittymien muodostamiseksi. (w3.)

3.8. Sähkön siirto, jakelu ja varastointi

Suomen sähköjärjestelmä on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää, joka koostuu Ruotsin, Norjan, Tanskan ja Suomen sähköjärjestelmistä. Kaikki yhteispohjoismaiseen sähköjärjestelmään liitetyt generaattorit ovat keskenään tahtikäytössä ja sähkö siirretään 3-vaiheisena 50 Hz:n vaihtovirtana. Kantaverkko on valtakunnallinen suurjännitteinen verkko, johon kuuluvat 400 kV:n, 220 kV:n ja tärkeimmät 110 kV:n johdot. Alueverkko muodostuu kantaverkkoon kuulumattomista, vähintään 110 kV:n verkoista, ja jakeluverkko on paikallisten verkkoyhtiöiden hallussa oleva, alle 110 kV:n jännitteinen sähköverkko sisältäen keskijännite- ja pienjänniteverkon. Keskijännitteenä on pääasiassa 20 kV, mutta jossakin määrin myös 10 kV. Pienjännitteenä, kuten Euroopassa yleensä, on 400/230 V:n kolmivaihejärjestelmä. (Kara ym. 2004.)

Sähköä siirretään korkeajännitteisessä kantaverkossa pitkiä matkoja voimalaitoksista kulutuskeskuksiin. Suomessa sähköä siirretään pääasiassa pohjoisen vesivoimalaitoksista etelään ja Venäjän tuontilinkeiltä idästä länteen. Ruotsin siirtoyhteydet toimivat huonoina vesivuosina Suomesta Ruotsiin päin ja hyvinä päinvastaiseen suuntaan. Siirtosuunta on yleensä aina korkeamman hinnan markkinaa kohti. Sähkön jakelu on monopolitoimintaa, ja sen hinnoittelua valvotaan Energiamarkkinavirastosta.

Sähkön jakelu kuluttajille tapahtuu paikallisten verkkoyhtiöiden toimesta. Yhtiöt tuottavat yleensä osan sähköstään ja ostavat loput kantaverkosta. Käytännössä sähkön siirto alueen sisällä pienasiakkaille tapahtuu yleensä 20 kV:n ja 400 V jakeluverkoissa. Suurasiakkaita saavat sähkönsä usein suoraan kantaverkosta tai 110 kV:n verkosta. Sähkön jakelu muodostaa noin puolet sähkön pienjännitesähkön kustannuksista. Sähkön siirtomaksut ja sähköverot peritään yleensä jakeluyhtiön toimesta. Näin jakelu ja siirto tulevat pienasiakkaalle suunnilleen yhtä kalliiksi kuin itse sähköenergia. (Kara ym. 2004.)

Sähkön varastointi sellaisenaan ei toistaiseksi ole mahdollista. Sähkön hajautettu tuotanto ja vaihtelevan määrän sähköä verkkoon syöttävien pientuottajien tuotannon suuri osuus sähköntuotannosta on haaste. Haasteeseen vastaaminen vaatii suurta tehoreserviä tai toimivaa sähkön varastointia. Energiategollisuus ry:n tulevaisuusprosessin kolmannessa tulevaisuusverstaassa sähkön siirtoa, jakelua ja varastointia sekä niihin liittyviä tulevaisuudennäkymiä kartoitettiin pohtimalla ristiin sähkön käytön, yhdyskuntarakenteen,

varastointimahdollisuuksien, kotitalouksien energiaomavaraisuuden, kulutuksen ohjausmahdollisuuksien, energiansäästövelvoitteiden ja hajautetun tuotannon määrän kehitystä.

Hajautetun tuotannon kohdalla ongelmallista on tuotannon ennustettavuus. Sähkön tuotannon ja kulutuksen on vastattava joka hetki toisiaan, koska muuten verkon taajuus muuttuu ja tämä voi aiheuttaa koko järjestelmän romahduksen. Sähköverkon kannalta esimerkiksi tuulivoiman mikrotuotannon ja suurempien, muutaman megawatin tuotantolaitosten välillä on erittäin suuri ero. Pientuotanto voi vähentää kulutuksen muutoksia, mutta pienellä tarkastelualueella voi paikallisesti tulla tilanteita, jolloin aurinko ei paista eikä tuule, jolloin maksimiteho otetaan sähköverkosta. (w3.)

Uuden sähköverkon rakentaminen Suomeen on ajankohtaista tulevaisuusprosessissa tarkasteltavan ajanjakson puitteissa. Mikäli uudet rakennettavat sähköverkot ovat "älykkäitä" on määritettävä miten älykkäitä niistä tehdään. Tulisiko sähköjärjestelmiä kotitalouksiin rakennettaessa jo pian ottaa käyttöön kulutuksenohjausjärjestelmiä? Neljäkymmentä vuotta sitten oli jo olemassa rakennuksia, joissa sähköverkko oli samankaltainen kuin nykyään. Miten sähköverkot tulevat kehittymään seuraavien 40 vuoden aikana? (w3.)

Nykyisten rakennusten elinkaarella voi myös olla merkitystä sähköverkkojen uusimisen kannalta. Sähköverkon ei tarvitse olla kaikkialla samankaltainen. Rakennettaessa uusia rakennuksia voitaisiin samalla kenties uusia sähköverkkoa niiltä osin. Jotta kuluttajat saataisiin suhtautumaan positiivisesti sähköverkon uusimiseen niin ja kattavaan kulutuksenohjaukseen, tarvitaan taloudellisia kannustimia. Sähkömarkkinat vaikuttavat sähköverkkojen uusimiseen enemmän kuin uusimiskustannukset. Esimerkiksi sähkön siirtohinnan muutos vaikuttaa asiakkaan ostaman sähkön määrään. (w3.)

Yksi mahdollisuus on sähkön tehopohjainen hinnoittelu. Jos tehopohjainen sähkön hinnoittelu olisi käytössä, asiakas optimoisi sähkönkäyttönsä myös pienessä mittakaavassa. Sähkömarkkinoiden toimivuus riippuu sähköverkon joustavuudesta. Sähkömarkkinoiden vapauttaminen asettaa tiettyjä vaatimuksia myös sähköverkoille, joiden yhteydessä on otettava huomioon myös taloudelliset reunaehdot. Energiansäästövelvoitteiden saavuttamisen kannalta tehopohjainen sähkön hinnoittelu voisi olla hyvä asia. Koska sähköverkon tulisi mahdollistaa monia eri asioita, myös kulutuksen ohjausmahdollisuuksia tulisi lisätä. (w3.)

Yhdyskuntarakenteen kehitys saattaa johtaa sähköverkon rakenteelliseen eriytymiseen: taajama-alueilla on aivan omanlaisensa rakenne verrattuna muihin alueisiin yhteiskunnassa. Jos maaseudulla ei tulevaisuudessa asu kuin yksittäisiä asukkaita, esimerkiksi ruoantuottajia, niin sähkömarkkinalakia voisi muuttaa niin, että jakeluverkon haltijalla ei enää olisi velvollisuutta ylläpitää sähköverkkoa tällaisilla alueilla jos sähkö voitaisiin toimittaa asiakkaalle muulla ratkaisulla, esimerkiksi joillain toimivalla paikallisen energiantuotannon ratkaisulla. Samoin jos maaseudulla tuotetaan hajautetusti sähköä, sähköverkkoja ei ehkä tarvitse ylläpitää kaikkialla. Toisaalta sähköautojen yleistyessä ja ihmisten käydessä mökeillä, täytyy syrjäisimmilläänkin seuduilla ylläpitää suuria tehoja. Auto- ja liikenneteknologian kehitysvaihtoehdot merkitsevät yleistyessään hyvin erilaisia muutoksia sähkön jakelujärjestelmälle. Esimerkiksi sähköautoilun vaikutukset olisivat täysin erilaiset vetyautoiluun verrattuna. (w3.)

Vaikka yhdyskuntarakenne tiivistyisi, niin maaseutu tuskin koskaan tyhjenee täysin. Maaseudulle jää pienehkö määrä sähkökuluttajia, mikä on verkkoyhtiön kannalta ongelmallista. Ongelmat vältetään, jos haja-asutusalueilla ei ole velvoitetta ylläpitää sähköverkkoa. Verkkoyhtiön kannalta paras tilanne olisi, jos sähkön käyttö kasvaisi ja yhdyskuntarakenne tiivistyisi. Sähkön käytön kasvaessa ja yhdyskuntarakenteen hajautuessa seurauksena voi olla maankäyttöongelmia. Sähkön käyttö voisi vähentyä, jos polttokennot yleistyisivät liikenteessä ja rakennuksissa syrjäyttäen samalla sähkön käyttöön perustuvat järjestelmät. (w3.)

Kotitalouksien energiaomavaraisuus maaseudulla olisi erittäin toivottava ja järkevä kehityssuunta. Kaupungeissa kerrostaloihin on mahdollista asentaa esimerkiksi mikrogeneraattoreita ja akkuja, jolloin ne olisivat sähköverkon kannalta energiaomavaraisia. Energiaomavaraisuus maaseudulla voisi tarkoittaa sähköverkosta kokonaan riippumattomia yhteisöjä. Toisaalta tämä merkitsisi todennäköisesti omavaraisuutta muissakin kuin energiaan liittyvissä asioissa, esimerkiksi elintarvikkeissa. Ovatko energiaomavaraisuus ja energian hajautettu tuotanto, jotka liittyvät yleisesti ottaen pienimuotoiseen energiantuotantoon, hyviä asioita energialiiketoiminnan kannalta? Sähkön pientuotannon tavasta riippuen tämä voisi olla ainakin ekologisempaa. Passiivitalo voi olla lämmityksen osalta omavarainen. Tämä saattaa pienentää jakeluyhtiöiden liikevaihtoa, koska lämmitykseen ei tarvita sähköä. Energiaomavaraisuudesta hyvä esimerkki on aurinkopaneeliteknologia. Jos nykyisiä huomattavasti paremmat aurinkosähköjärjestelmät yleistyisivät ja niiden yhteydessä olisi myös mahdollisuus varastoida sähköä tai tuottaa sähköä muulla tavoin pilvisten päivien varalle, niin sähköverkkoa ei kannattaisi enää rakentaa yhdyskuntarakenteen hajautuessa. (w3.)

Nykyisessä valvontamallissa toimittamatta jääneen sähkön keskeytyskustannukset rasittavat verkkoyhtiöiden taloutta. Tästä syystä verkkoyhtiö voisi tulevaisuudessa osallistua esimerkiksi asiakkaiden investointeihin koskien sähkön hajautettua pientuotantojärjestelmää. Tällöin valvontamalli kenties muuttuisi ja keskeytyskustannuksia maksettaisiin vain siinä tapauksessa, että asiakkaalla ei todella olisi sähköä käytössään. (w3.)

Nykyään sähkön hinta on jakautunut kolmeen osaan: myyntihintaan, siirtohintaan ja veroihin (sähkövero ja alv). Jos asiakas pääsisi näistä kaikista eroon omalla sähkön tuotannolla, voisi tämä motivoida tuottajakuluttajaksi siirtymistä. Hajautetun pientuotannon verotus saattaa muuttua seuraavien 40 vuoden aikana. Voi käydä esimerkiksi niin, että riippumatta siitä tuottaako vai kuluttaako energiaa, sähköön kohdistuu vero, siirtomaksu tai vaikkapa syöttötariffi. Sähköverkkoliittymien ylläpidon kustannukset vaikuttavat suoraan liittymien säilyttämisen kannattavuuteen. (w3.)

Regulaatio vaikuttaa sähköverkkoihin voimakkaasti, koska verkkohaltijoiden monopoliaseman vuoksi se korvaa markkinavoimat. Samoin lainsäädäntö vaikuttaa sähköverkkojen rakentamiseen ja uusimiseen. Regulaatio vaikuttaa voimakkaasti siihen, rakennetaanko yhteiskuntaan lisää sähköverkkoja vai energiavarastoja. (w3.)

Verkkoyhtiö voisi myös tarjota uudenlaisia palveluita tulevaisuudessa. Jos verkkoyhtiöllä olisi velvoite toimittaa asiakkaalle sähköä, mutta ei velvoitetta rakentaa sähköverkkoa, olisi joissain tapauksissa verkkoyhtiön ja asiakkaan kannalta taloudellisesti kannattavampaa rakentaa pieni sähkön tuotantolaitos

sähköverkon sijasta. Jos asiakas ei itse halua ryhtyä sähkön tuottajaksi, verkkoyhtiö voisi toimittaa asiakkaalle tällaisen tuotantopalvelun. (w3.)

Viranomaisilla on keinot vaikuttaa siihen, että vuonna 2050 päästään sähköverkkojenkin osalta "toivutilaan". Jos esimerkiksi energian varastointi osoittautuu kansantaloudellisesti järkeväksi toiminnaksi, lainsäädäntöä tulee tällöin kehittää sitä tukevaan suuntaan. Sähkövarasto voi olla joko verkonhaltijan tai asiakkaan laitattama. Nykyisenkaltainen tilanne, jossa sähkön varastointimahdollisuudet ja kotitalouksien energiaomavaraisuus ovat pienet, voidaan ajatella ihanteelliseksi sähkönmyyjän näkökulmasta: sähköä ostetaan runsaasti sähköverkosta. Ongelmana verkkoyhtiön kannalta tällaisessa tilanteessa voi nähdä kuitenkin tiukat käyttövarmuusvaatimukset, joita sähköverkolle on asetettu. (w3.)

Hajautettu pientuotanto tuo lisääntyessään enenevässä määrin investointeja sähköverkkoon. Kuitenkin yhteiskunta on menossa siihen suuntaan, että kotitalouksien energiaomavaraisuus lisääntyy, samoin energian varastointi. Tämä tulee ottaa liiketoiminnassa huomioon. Energian varastointi ei välttämättä ole ongelma verkon haltijan näkökulmasta, koska se tasoittaa niitä tilanteita, jolloin sähkökatkoksia syntyy esimerkiksi epävakaiden sääolosuhteiden vuoksi. Jos verkkoyhtiö tulevaisuudessa voi pitää KAH-arvon alhaisena, edellyttää tämä, että verkkoyhtiöllä itsellään on energiavarastoja. Tärkeä kysymys energiavarastoihin liittyen on, olisiko kansantaloudellisesti perustellumpaa että olisi muutamia suuria energiavarastoja vai lukuisia pieniä. (w3.)

Kun pienimuotoisen sähkön tuotannon määrä ja energiaomavaraisten yhteisöjen määrä kasvavat riittävän suuriksi, sähköverkkojen purkaminen on mielekästä. Nykyäänkin haja-asutusalueilla on ajoittain verkkoyhtiön kannalta ongelmana, että isot kuormituspisteet saattavat hävitä, mutta silti on jatkettava hyvää palvelua niin kauan kuin sähköverkko on olemassa. Mutta sähköverkkojen alasajokaan ei välttämättä ole järkevää. Nykyinen lainsäädäntö ei edes anna mahdollisuutta purkaa kannattamatonta sähköjohtoa. purettaisiin. Kun asiakkaat alkavat irtisanoa sähköliittymiään, tulisi verkkoyhtiön tarjota vaihtoehto sähköliittymän irtisanomiselle, esimerkiksi jonkinlainen hyvitys asiakkaalle. Toisaalta käyttövarmuuden varmistamiseksi pitkälti energiaomavaraistenkaan energiaosuuskunnat eivät välttämättä irtisano sähköliittymäänsä, ainakaan siirtymävaiheessa. (w3.)

4. SKENAARIOT

Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessissa luotujen neljän skenaarion nimet ovat ”Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa”, ”Ekologiset arvot hallitsevat”, ”Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten” ja ”Teollinen kasvu”. Luvuissa 4.1 – 4.4 kuvataan kunkin skenaarion piirteitä ja luvussa 4.5 esitetään yhteenvetotaulukko sekä graafiset esitykset skenaarioiden keskeisistä muuttujista nykyhetkestä vuoteen 2050 (energiantuotannon hiilidioksidipäästöt, primäärienergian tuotanto, energian loppukäyttö, bruttokansantuote sekä väkiluku).

4.1. Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa

Tulevaisuuspolulla – Miten Suomi ajautuu heikoin tavoittein kohti synkkää tulevaisuutta

2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyivät sykähdyksittäin joissain osissa maapalloa. Suomessa tilanne oli hyvä ja ilmastonmuutoksen ei arveltu vaikeuttavan Suomen tilannetta myöhemminkään suuresti, olisihan Suomi riskiyhteiskuntien uusjaossa voittajavaltio, kun kylmä ilmasto muuttuisi etelän lämpimiin säihin tulevaisuudessa. Fossiilisten polttoaineiden rajallisuus oli tiedostettu jo pitkään, öljyhuipun saavuttamisen ajankohdasta tosin oli erimielisyyttä tutkijoiden kesken. Useimmat laskivat, että öljyn kulutuksen huippu saavutetaan vuoden 2020 tienoilla, jonka jälkeen öljyvarat alkaisivat huveta. Vuodesta 2010 energiankulutus kasvoi noin 20 % vuoteen 2020 mennessä.

2010-luvun lopulla maailmantilanne alkoi kuitenkin yllättäen ja nopealla tavalla kriisiytyä. Vuonna 2019 öljyntuottajamaiden järjestö (OPEC) kieltäytyi myymästä öljyä länsimaille vedoten poliittisiin erimielisyyksiin. Pian uutisoitiin näyttävästi öljyntuotannon olevan hiipumassa OPEC -maissa ja öljyvarojen riittävän enää tuottajamaiden omaan kulutukseen. Ennakoitua nopeampi öljyvarojen ehtyminen muissakin öljyntuottajamaissa aiheutti maailmanlaajuisen talouskriisin. Myös ilmastonmuutos alkoi samanaikaisesti voimistua ennakoitua nopeammin.

Suomi ei ollut valmistautunut äkilliseen öljykriisiin. Öljyriippuvuutta vähentäviä toimia ei Suomen valtio tai mikään muukaan taho ollut ennakoivasti tehnyt edellisten vuosikymmenien aikana, eikä vaihtoehtoihin polttoaineisiin tai teknologioihin perustuvia järjestelmiä liikenteessä ollut kehitetty. Liikenteen lamaantuminen aiheutti vakavan kriisin Suomessa. Maatalouden koneet pysähtyivät, samoin teollisuuden kuljetukset ja liikennepalvelut. Suomen talous ajautui syvään lamaan, jonka seurauksena oli pulaa jopa peruselintarvikkeista ja energiasta. Eduskunta joutui reagoimaan tilanteeseen tiukalla lainsäädännöllä ja energiaa ryhdyttiin säännöstelemään Suomessa 2020-luvulla. Polttoaineen varmuusvarastot otettiin käyttöön ja turpeesta valmistettiin öljyn korviketta ajoneuvoihin.

Ydinvoiman lisärakentaminen oli Suomessa ratkaisu 2020-luvun energiakriisiin. "Talouskasvu tarvitsee energiaa" oli argumentti, jolla lisäydinvoiman rakentamista perusteltiin. Öljykriisin ja talouskriisin jälkeen Suomeen rakennettiin nopealla aikataululla kolme uutta ydinvoimalaa.

Kriisien kierre maailmassa 2050

Ilmastonmuutoksen myötä merenpinta nousi ja poikkeukselliset sääilmiöt yleistyivät globaalisti. Niiden seurauksena syntyi voimakas kansainvälinen muuttoliike pois pahimmilta häiriöalueilta. YK:n ilmastosopimusneuvotteluissa tavoiteltiin globaalia energiapolitiikkaa ja keskusteltiin kovasti tehokkaiden ohjauskeinojen tarpeellisuudesta. Seurauksena olikin kompromissiratkaisuja sisältävä lisäpöytäkirja. CO₂-päästöjen vähennykset olivat kuitenkin riittämättömiä, koska tavoitteet asetettiin liian vaatimattomiksi. Energia- ja muut luonnonvarat niukentuivat voimakkaasti ja energian hinnannousu aiheutti ongelmia myös Suomessa.

"Maailma kulkee "yhteisestä sopimuksesta" (=kaikkien alueiden ja maiden ihmiset yhtä itsekäitä ja tekevät yhtä heikkoja toimenpiteitä sisältäviä sopimuksia) kohti tuhoaan" (q2)

Energiakriisin taustalla olivat poliittiset levottomuudet Lähi-idässä, joiden seurauksena Lähi-idän öljytoimitukset supistuivat voimakkaasti. Maailman öljyvarat myös osoittautuivat arvioitua pienemmiksi. Ilmastonmuutos ja energiakriisi aiheuttivat levottomuuksien kierteen maailmalla, sotia käytiin laajoilla alueilla ja terrorismi lisääntyi. Maailman epävakainen tilanne heijastui myös Suomeen, joka joutui luopumaan puolueettomuuspolitiikastaan.

Maailmantalouden painopisteen siirtyminen kohti Aasiaa jatkui. EU muuttui kiristyvässä maailmantaloudessa protektionistiseksi "Eurooppa-linnoitukseksi", pyrkien suojelemaan jäsenmaidensa etuja. Sisäinen yhteistyö energihuollon varmistamiseksi johti sähkön markkina-alueen laajenemiseen Euroopassa nopealla aikataululla kun Pohjoismaiset sähkömarkkinat ja Saksan, Ranskan, Belgian ja Alankomaiden sähkömarkkinat yhdentyivät. Vuonna 2050 sähkömarkkina-alueeseen kuuluivat kaikki muutkin EU:n jäsenmaat. Sähkön hinta kohosi energiavarojen niukentuessa ja kilpailun kiristyttyä sähkömarkkinoille jäivät vain vahvimmat ja suurimmat sähköntuottajat.

Vuonna 2050 Venäjä vei Eurooppaan jonkin verran energiaa, mutta ei toimittanut Suomeen sähköä enää merkittävässä määrin. Venäjän kasvavat kotimarkkinat maakaasulle ja muille energiamuodoille eivät vuoden 2030 jälkeen enää juurikaan jättäneet tilaa viennille. Euroopan riippuvuus Venäjän maakaasusta oli muutenkin vähentynyt, sillä maakaasun markkina-alue vuonna 2020 kattoi suurimman osan Eurooppaa ja vuonna 2050 maakaasua ryhdyttiin tuomaan Eurooppaan Turkin kautta Turkmenistanista ja Azerbaidzanista sekä Irakista, Iranista ja Egyptistä.

Passiivinen ajopuu

Suomen valtion harjoittama ilmasto- ja energiapolitiikka oli koko tarkasteluajanjakson ajan suhteellisen passiivista. Varovaisuusperiaatetta ei otettu poliittisessa päätöksenteossa huomioon, eikä ongelmiin pyritty varautumaan ennalta vaan niihin ajauduttiin. Jälkikäteen jouduttiin toimeenpanemaan hyvin

voimakkaita politiikkatoimia, kuten säännöstelemään energiaa ja muutakin kulutusta sekä sulkemaan rajoja maahanmuuttajilta.

”Rajuihin toimiin joudutaan lähinnä pakon edessä” (q2)

Levottomuudet maailmalla näkyivät Suomessa muun muassa kasvaneena ilmastopakolaisuutena 2030-luvulta alkaen. Suomessa säädettiin vuosi vuodelta tiukempia maahanmuuttolakeja. Taloudellinen lama 2020-luvulla vähensi Suomen vetovoimaa maahanmuuttajien mielissä, kuitenkin elinolosuhteiden muuttuminen sietämättömäksi muilla alueilla synnytti muuttoaaltoa jota silloinen lainsäädäntö ja valvonta eivät pystyneet estämään. Laiton maahanmuutto yleistyi, ja maahanmuuttajat joutuivat usein elämään kurjissa olosuhteissa. Sosiaalisen eriytymisen myötä kansalaisten kokema turvattomuus yhteiskunnassa lisääntyi.

Energiatuotannon hiilidioksidipäästöt pysyivät Suomessa suurin piirtein vuoden 2009 tasolla vuoteen 2020 saakka. Vuoden 2020 energian säännöstelyn seurauksena päästöt kääntyivät laskuun ja vuonna 2050 energiantuotannon päästöt olivat laskeneet 25 prosenttia vuoden 2009 päästötasosta.

Energian hintakehitys oli nousujohteinen lähes koko 2000-luvun. Tähän vaikutti niukkuus fossiilisista energiavaroista, jonka myötä energiasta tuli ”ylellisyshyödyke” ja energiavarojen rajallisuus ymmärrettiin vasta kun rajat tulivat vastaan. Vuodesta 2009 vuoteen 2020 energian hinta 1,5-kertaistui ja vuoteen 2050 mennessä energian hinta oli jo kaksinkertaistunut vuoden 2009 tasosta.

Fossiilisista polttoaineista ei haluta luopua

Fossiiliset polttoaineet olivat edelleen kaikesta huolimatta käytössä vuonna 2050. Öljy- ja maakaasuvarat sijaitsivat yhä harvempien maiden alueilla. Maailman kivihiihivarjoja otettiin kriisien kierteessä olevassa maailmassa entistä enemmän käyttöön, myös Suomessa. Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologian kehittämiseen käytettiin energiakriisin ja ilmastonmuutoksen myötä runsaasti resursseja ja se kehittyi kaupalliseen käyttöön tarkasteluajanjakson lopulla.

Uusiutuvat energianlähteet kehittyivät marginaalisesti Suomessa, sillä tutkimus- ja kehitysrahoja ei käytetty uusiutuvan energian käytön edistämiseksi. Uusiutuvan energian hankkeita toteutettiin vain yksittäisten ”Pelle Pelottomien” toimesta. Uusia, innovatiivisia keksintöjä niin energiansäästön, energiatehokkuuden tai uusiutuvan energian suhteen ei tuettu, vaan luotettiin jo pitkään olemassa olleisiin ratkaisuihin. Sähkökäyttöiset, ilman, veden ja maaperän lämpötilaeroja hyödyntävät lämpöpumput muodostuivat kuitenkin merkittäväksi energiaratkaisuksi Suomessa.

Suomi väkiluku kasvaa huomattavasti

Suomen yhdyskuntarakenne muuttui perinpohjaisesti. Ilmastopakolaisten myötä kasvanut väkiluku lisäsi asukastiheyttä. Samaan aikaan oli käynnissä kaksi eri kehityssuuntaa. Yhtäältä kaupungeissa yhdyskuntarakenne tiivistyi ja toisaalta asutus maaseudulla lisääntyi. Kaupunki ja maaseutu täydensivät toisiaan energiaan liittyvien ongelmien ratkaisemisessa: Kaupungeissa hyödynnettiin kaikki keskittämisen, säästämisen ja innovaatio toiminnan edut, kun taas maaseudulla korostettiin

elintarvikeomavaraisuutta ja perusturvallisuuden lisäämistä. Ilmastonmuutoksen myötä lämmennyt ilmasto, pidentynyt satokausi ja lisääntynyt sadanta kasvattivat satomääriä.

Sähköverkko vahvistuu

Sähköverkkotoiminta perustui edelleen alueellisiin monopoleihin ja sähkön siirto- ja jakelujärjestelmä mahdollisti laajamittaisen sähköautoilun. Haja-asutusalueilla sähköverkkoa vahvistettiin voimakkaasti mm. kaapeloinneilla. Verkkoyhtiöillä oli tarve investoida sähköverkkojen ylläpitoon, sillä haja-asutusalueille sijoittui paljon asutusta ja sähköautoilu asetti sähkönjakeluverkostolle uudenlaisia käyttövarmuusvaatimuksia. Toimitusvarmuus ja sähkön jakelun häiriöttömyys olivat etusijalla sähkön siirto- ja jakeluverkkoa uudistettaessa ja ylläpidettäessä.

Polttoaineiden varmuusvarastointi oli edelleen tärkeässä asemassa. Nopeasti käyttöön otettavia suurikapasiteettisia sähkön varastointitekniikoita ei onnistuttu tarkasteluajanjaksolla kehittämään niin pitkälle, että ne olisi voitu ottaa laajamittaiseen kaupalliseen käyttöön. Sähköautojen akkuja voitiin kuitenkin käyttää merkittävässä määrin sähkön varastointiin.

4.2. Ekologiset arvot hallitsevat

Tulevaisuuspolulla vihreiden arvojen hallitessa

Ilmastonmuutosta alettiin 2000-luvulla pitää vakavimpana ympäristöriskinä maailmassa. Ekologisten ja sosiaalisten ongelmien lisäksi ilmastonmuutoksen ymmärrettiin vaikuttavan negatiivisesti myös talouteen. Jo pitkään oli tiedostettu fossiilisten energiavarojen rajallisuus, ja kiristyvien ilmasto- ja energiapolitiittisten tavoitteiden asettamisen myötä 2010-luvun alkupuolella oli selvää, ettei energian kulutusta lisäämällä voida vähentää kasvihuonekaasupäästöjä maailmanlaajuisesti tai edes lisätä ihmisten hyvinvointia. Energiansäästöön ja energiatehokkuuteen kannustavaa valtion ohjausta ryhdyttiin uudistamaan voimakkaasti.

Vaaratilanne suomalaisessa ydinvoimalassa vuonna 2013 sekä Romaniassa vuonna 2015 tapahtunut vakava ydinonnettomuus käänsivät kansalaismielipidettä jyrkästi ydinvoimavastaisemmaksi. EU kyseenalaisti 2020-luvulla Suomessa toimivat niin sanotut keskinäiset resurssiyhtiöt, jotka tuottavat osakkailleen sähköä omakustannushintaan osakkailleen. Perusteet koskivat kyseisen järjestelyn ongelmallisuutta sähkömarkkinoiden toimivuuden kannalta; keskinäisten resurssiyhtiöiden markkinaosuus Suomessa oli suuri ja resurssiyhtiöiden osakkaina oli myös sähkön jälleenmyyjiä. Lisäksi keskinäisiltä resurssiyhtiöiltä puuttuvaa mahdollisuutta voiton tuottamiseen pidettiin markkinatalouden vastaisena. Tämän seurauksena lisäydinvoimaan ei enää panostettu ja sähkön hinta Suomessa nousi eurooppalaiselle tasolle markkinoiden yhdennyttyä. Suomen nykyiset ydinvoimalaitokset poistettiin käytöstä 2020-luvulla.

Kiristyvien kansainvälisten ilmastovelvoitteiden ja laajan kansalaistuen myötä energian säästöön, energiatehokkuuden parantamiseen ja uusiutuvaan energiaan liittyviin tutkimus- ja kehityshankkeisiin ohjattiin valtion budjetista erittäin runsaasti varoja. Lisäksi otettiin käyttöön joukko uusia ohjauskeinoja kuten valtion takaamat korkotuetut investointilainat ja syöttötariffit uusiutuvilla energialähteillä tuotetulle sähkölle, jotka korvattiin Euroopan sähkömarkkinoiden yhdyntyessä kaupattavien uusiutuvan energian sertifikaattien järjestelmällä.. Uusiutuvaa energiaa suosittiin myös verotuksellisin keinoin ja näin saadut verotuotot ohjattiin edellä mainittuihin uusituvan energian tutkimus- ja kehittämishankkeisiin. Energian hinnannousun ja edellä kuvattujen politiikkatoimien seurauksena vuonna 2020 energiankulutus oli vähentynyt 25 % vuodesta 2009. Samaan aikaan saavutettiin EU:n Suomelle asettamat uusiutuvan energian osuuksiin liittyvät tavoitetasot.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi kaikissa teollisuusmaissa alettiin 2030-luvulla seurata kasvihuonekaasupäästöjä myös henkilötasolla. Henkilökohtaiset päästömittarit pitivät kansalaiset hyvin perillä omista päästöistään, ja tiedot ovat myös olleet julkisia. Tämä antoi tiedotusvälineille idean valita "vuoden päästäjän" joka muutaman vuoden jälkeen korvattiin "vuoden säästäjällä". Kansalaisille jaettiin päästöoikeuksia vuodesta 2032 alkaen, vuosi vuodelta vähenevästi tavoitteena hiilidioksidipäästöjen osalta nollataso vuonna 2050. Päästöoikeuksilla oli mahdollista käydä kauppaa kansainvälisesti. Päästöoikeuksia säästääkseen ihmiset muuttivat kulutustottumuksiaan, erityisesti liikkumiseen kiinnitettiin paljon huomiota. Ongelmia kuitenkin aiheutti eriarvoisuus, sillä hyvätuloisilla oli paremmat mahdollisuudet jatkaa päästöjä aiheuttavaa kuluttamista ja kaikilla ei ollut mahdollisuutta työskennellä kävely- tai pyöräily matkan päässä kotoa.

Vuonna 2050 hiilidioksidipäästöjen saavutettua lähes nollatason, päästöoikeuksia ei enää juurikaan tarvittu mutta valvontaa jatkettiin edelleen. Kaikki käytetty energia oli vuonna 2050 käytännössä kasvihuonekaasupäästötöntä, sillä CCS-tekniologiasta (carbon capture and storage) edelleen kehitetty GHGCS-tekniologia (greenhouse gas capture, storage and processing) oli juuri otettu käyttöön.

Vuoteen 2050 mennessä energiankulutus laski energiansäästöön ja energiatehokkuuteen tähtäävien politiikkatoimien ja energiantensiivisen teollisuuden vähenemisen myötä 60 % vuoden 2009 tasosta. Suomen talous kasvoi hitaasti mutta tasaisesti koko tarkastelujakson.

Ympäristöarvojen muuttama maailma vuonna 2050

Ilmastonmuutoksen negatiiviset vaikutukset näkyivät globaalisti. Tämä johti globaalin ilmastopolitiikan etenemiseen ja tehostumiseen. Uusia kansainvälisiä sopimuksia solmittiin niin ilmastonmuutoksen torjuntaan, siihen sopeutumiseen kuin luonnonvarojen hyödyntämiseenkin liittyen. Ympäristöasioissa voimakas valtion ohjaustarve hyväksyttiin, ja kaikki hallinnonalat integroivat ympäristötavoitteet osaksi toimintaansa. Elinkeinoelämä kantoi vastuuta ilmastonmuutoksen torjumisesta, ja taloudellisista ohjauskeinoista tuli osa globaalia ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä rajoitettiin voimakkaasti kaikissa teollistuneissa maissa, ja osa öljy-, kivihiili- ja maakaasuvaroista jätettiin tietoisesti käyttämättä.

”Vuonna 2050 energiantuottajille ekologisuus ja vastuullisuus on standardi ja itsestään selvää (laissa pakollista), silloin taloudellinen ohjaus on kääntynyt niin päin, että vihrein on halvinta” (q1)

Energia ja luonnonvarat olivat globaalisti niukkenevia hyödykkeitä. Maailmantalouden painopiste siirtyi Aasiaan, samoin kuin suurin osa runsaasti energiaa käyttävistä teollisuuden tuotantolaitoksistakin. Tästä huolimatta Kiina ja Intia sitoutuivat kansainvälisiin ympäristösopimuksiin ja olivat mukana kansainvälisessä päästökauppajärjestelmässä, jossa mukana ovat myös historialliset päästöt.

Euroopan Unionin (EU) laatimat ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet ja toimenpiteet vaikuttivat voimakkaasti Suomen energia- ja ilmastopolitiikan linjauksiin. EU:n jäsenvaltioiden välinen yhteistyö oli ja Pohjoismaiset sähkömarkkinat yhdistyivät koko EU:n kattavaan sähkömarkkina-alueeseen. Venäjä toimitti merkittäviä määriä energiaa (pääosin sähköä) Eurooppaan, mutta ei enää Suomeen. Maakaasun markkina-alue Euroopassa laajentui hieman. GHGCS-tekniikka (greenhouse gas capture, storage and processing) otettiin osaksi maakaasun käytön perustekniikkaa.

Vapaaehtoinen vaatimattomuus

Merkittävin muutos suomalaisessa yhteiskunnassa oli arvomuutos, jonka seurauksena kestävyys ja laadun arvostus lisääntyi voimakkaasti kaikessa toiminnassa. ”Downshifting”-ilmiö yleistyi. Vapaaehtoinen vaatimattomuus lisääntyi kuluneiden 40 vuoden aikana niin paljon, että energian ja luonnonvarojen kulutus kääntyi laskuun vastauksena ilmastonmuutoksen ja kestävä kehityksen haasteisiin. Myös työelämässä menestyshakuisuus, kilpailukeskeisyys ja tehokkuusvaatimusten kiristyminen aiheuttivat vastareaktion, jonka myötä kuluttamisen sijasta alettiin kiinnittää huomiota aineettomiin asioihin, joiden merkitys ihmisten hyvinvoinnille on tärkeä. Askeettinen hedonismi korosti ulkoista vaatimattomuutta ja sisäistä rikkautta, kun elämästä pyrittiin nauttimaan ei-materiaalisilla tavoilla työnteon osuutta samanaikaisesti vähentäen. Suomeen syntyi myös ”antiemo”-vastakulttuuri.

”Negawattit parhaita megawatteja” (q1)

Ilmastonmuutoksen haasteeseen vastaamisen myötä energian ja raaka-aineiden säästäminen lisääntyi ja energiatehokkuus parani. Niukkuudesta tuli hyve, ja innovaatiotoiminta suuntautui niukkuutta myötäileviin ratkaisuihin. Sijoittajat ottivat huomioon EU:n kiristyvät ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet, ja niihin liittyvä tutkimus- ja kehitystyö johti moniin suomalaisiin menestystarinoihin, kun innovatiivisuus hyödynnettiin ja käännettiin kilvoitteluksi vähäresurssisista ja hiilidioksidipäästöttömistä ratkaisuista. Tuotanto- ja kulutusjärjestelmät sekä kulutuskäyttäytyminen muuttuivat perustavalla tavalla tarkasteluajanjakson aikana.

Neitseellisten luonnonvarojen käyttöä vähentäviä keksintöjä tuli runsaasti markkinoille. Kertakäyttökulttuurista pyrittiin eroon niin, että yksityisomistuksen sijaan kehitettiin erilaisia yhteisomistus- ja vuokrausjärjestelmiä esimerkiksi kesämökeille ja liikennevälineille.

Vuoteen 2020 mennessä energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä oli onnistuttu vähentämään Suomessa EU:n tavoitteita vastaavasti noin 25 % vuoden 2009 tasosta. Liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenivät samanaikaisesti yli tavoitteiden. Hiilidioksidipäästöjen alentaminen nollassa vuoteen 2050 mennessä muotoutui EU:n tavoitteeksi ilmastonmuutoksen riskien osoittaututtua odotettua suuremmiksi. Tavoitetta lähestyttiin monissa jäsenmaissa, mutta Suomi oli yksi harvoista maista jotka onnistuivat saavuttamaan sen.

Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta saavutti Suomessa EU-tavoitteet vuonna 2020. Tämän jälkeen niiden osuus nousi fossiilisten polttoaineiden hinnan nousun myötä, ja vuonna 2050 käytännöllisesti katsoen kaikki polttoaineet olivat uusiutuvia. Tämä edellytti tuki- ja ohjausjärjestelmien tehostamista ja oli osaltaan seurausta elinkeinorakenteen muutoksesta. Puuperäistä energiaa, jätepolttoaineita, lämpöpumppuja, biokaasua ja tuulivoimaa lisättiin voimakkaasti. Metsäenergian hyödyntäminen kasvoi merkittävästi, kun logistiikkaketjut ja varastointi rakennettiin toimivaksi.

Elinkeinot uusiksi

Palvelusektorin osuus kasvoi, ja teollisuuden energiaintensiivisyys puolestaan laski huomattavasti. Energiaintensiivisestä teollisuudesta suuri osa siirtyi Aasiaan. Suomessa toimiva teollisuus oli pääosin teknologiateollisuutta, joka hyödynsi monipuolisesti uusien teknologioiden kirjoa. Suomessa hyödykkeiden kulutusta merkittävämmäksi nousi erilaisten palveluiden kulutus, ja palveluvalikoima kasvoi varsin monipuoliseksi eri elämänalueilla. Kaavoituksella ohjattiin palveluiden sijoittumista niin, että ne olivat lähellä keskittynyttä asutusta. Hyödykkeistä tutut ympäristömerkit otettiin käyttöön myös palveluille.

Neljänkymmenen vuoden tarkasteluajanjaksolla sisätilaviljely kehittyi ja joidenkin viljelykasvien kohdalla pystyttiin jopa ympärivuotiseen viljelyyn ja useisiin satoihin. Näiden lajikkeiden satoisuus parani säämuuttujan eliminoimisen myötä. Silti suuri osa elintarvikkeista tuotiin edelleen ulkomailta. Viljelymaan tarve pienentyi, torjunta- ja haitta-aineiden käyttö vähentyi ja fossiilisten polttoaineiden kulutus maataloudessa lopetettiin.

”Lihakset käyttöön liikenteessä”

Liikenne muuttui paljon niin henkilö- kuin tavaraliikenteenkin osalta. Päivittäinen asiointi ja osa lähilomamatkoista pystyttiin hoitamaan pyöräillen tai kävellen. Suuri osa pidemmistä matkoista tehtiin julkisilla liikennevälineillä. Asutuksen keskittyminen kaupunkeihin, toimiva joukkoliikenne kaupunkien sisällä ja niiden välillä vähensivät liikkumistarvetta ja erityisesti yksityisautoilua. Biokaasu yleistyi liikennevälineiden polttoaineena. Linja-autojen reittien ja aikataulujen joustavuus eri kaupunkien välillä parani merkittävästi elektronisen matkavarausjärjestelmän avulla. Kaukomatkailussa lentäminen väheni ja korvautui muilla liikennevälineillä, jonka seurauksena matkanteko hidastui ja lähilomailu yleistyi, koska lisääntyntä vapaa-aikaa aikaa ei haluttu käyttää liikennevälineissä istumiseen.

Sähkömarkkinoiden muutos

Pohjoismaiset sähkömarkkinat yhdistyivät koko EU:n sähkömarkkina-alueeseen. Sähkönsiirtoverkkoa vahvistettiin tässä yhteydessä. Sähkömarkkinoiden yhdentyminen mahdollisti uusiutuvien energiamuotojen laajemman käytön sähkönhankinnassa, koska tarjolla oli uusiutuvilla energialähteillä tuotettua tuontisähköä.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämistarve loi uusia liiketoimintamahdollisuuksia sähköyhtiöille, kun energiansäästöpalvelujen kysyntä lisääntyi. Erilaiset asiakkaiden yhteenliittymät yleistyivät sähkömarkkinoilla. Energiaosuuskuntien ja ostopoolien määrä kasvoi. Hiilidioksidivapaiksi vyöhykkeiksi itsensä julistaneita kommuuneja syntyi runsaasti vuosien 2015–2030 välisenä aikana vastauksena ilmastonmuutoksen haasteisiin. Kommuunit tuottivat itse energiansa uusiutuvista energianlähteistä ja myivät ylijäämänsä valtakunnan verkkoon. Osa sähköyhtiöistä ryhtyi tarjoamaan sähkön pientuottajille uusia palveluita kuten keräämällä pientuottajista tuotantopoleja ja toimimalla näiden edustajina sähkömarkkinoilla.

Neljänkymmenen vuoden aikana energian reaalihintaa nousi voimakkaasti mutta tasaisesti. Vuonna 2020 hinta oli kaksinkertainen ja vuonna 2050 jo viisinkertainen vuoteen 2009 verrattuna. Hintaa nostivat fossiilisten polttoaineiden niukkuus sekä taloudellisten ohjauskeinojen käyttö kuten energiaverotuksen kiristäminen.

Maaseutu tyhjenee

Suomen yhdyskuntarakenteen tiivistyi voimakkaasti. Infrastruktuuria uudistettiin ja rakennuskantaa uudistettiin matalaenergiarakennuksin. Ihmiset asuivat pääosin kaupungeissa ja polttoaineiden sekä sähkön siirto- ja jakeluverkko oli tiivis, helposti ylläpidettävissä ja tehokas. Maaseudulla käytiin lomailmassa ja rentoutumassa, mutta maatalous keskittyi kaupunkien laitamille. Yhdyskuntarakenteen tiivistyminen johti sähköverkkojen purkamiseen kaikkein syrjäisimmiltä seuduilta, joissa paikalliset energiaomavaraisuuteen perustuvat ratkaisut olivat taloudellisesti ja ekologisesti kannattavampia, kuin sähköverkon ylläpito.

Älykäs sähköverkko

Älykäs sähköverkko mahdollisti kaksisuuntaisen sähkönsiirron, hajautetusti tuotetun sähkön syötön verkkoon, tehokkaan sähkönsiirron ja -jakelun sekä sähköntuotannon optimoinnin ja kulutuksen hintajouston. Paikallisesti uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus kasvoi voimakkaasti. Suurimmissa kaupungeissa oli myös älykkäitä paikallissähköverkkoja, ”microgridejä”. Sähkön laatu ja toimitusvarmuus vaihteli paikallisesta sähköntuotantoratkaisusta riippuen, ja kulutuksen ohjausta jouduttiin ajoittain käyttämään. Dynaamiset tariffit kannustivat ihmisiä sähkönsäästöön. Sähköverkon uudistukset edellyttivät tietoliikenteen kehittymistä älyverkkojen vaatimuksia vastaavalle tasolle. Lisääntyneen paikallisen sähköomavaraisuuden myötä verkkoyhtiöiden valvontamalli muuttui; verkkoyhtiöt olivat velvollisia maksamaan asiakkaille keskeytyskustannuksia ainoastaan, jos asiakkaalla ei todella ollut sähköä käytettävissään.

Energiaa varastoon

Sähkön laajamittainen hajautettu tuotanto ja esimerkiksi tuulivoiman tehokas hyödyntäminen edellyttivät sähkön laajamittaista varastointia. Huippukuormituksen, alentuneen tuotannon ja katkosten aikana sähköä voitiin siirtää verkkoon varastoista, mikä paransi toimitusvarmuutta. Sen ansiosta kuormitusta voitiin tasata ja huipputehoa hallita. Käytössä oli myös pumppuvoimaloita. Luontaisesti vaihtelevan tuotannon kuten tuuli- ja aurinkosähkön vaihteluita tasattiin käyttämällä tuotannon huippuja varastointiin.

4.3. Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten

Tulevaisuuspolulla, jossa sähkö syrjäyttää fossiiliset polttoaineet

2010-luvulla alettiin Suomessa toteuttaa useita toimia, joilla vähennettiin hiilidioksidipäästöjä sekä riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Suomen valtio ryhtyi 2010-luvulla verottamaan voimakkaasti fossiilisia polttoaineita, öljyä, maakaasua ja kivihiihtä. Varsinkin liikenteen osalta tehtiin massiivisia uudistuksia. Liikenteen polttoaineiden siirto- ja jakelujärjestelmä uudistettiin täysin niin, että sähköautoilulle luotiin infrastruktuuri, sekä sen rinnalle osan Etelä-Suomesta käsittävä biokaasun jakeluverkosto. Sähköautoilua alettiin myös suosia verotuksellisesti. Tämän lisäksi yksityisautoilua vähennettiin yhdyskuntasuunnittelun keinoin. Kevyen liikenteen infrastruktuuria kehitettiin kaavoituksella ja julkiseen liikenteeseen panostettiin niin, että lippujen hinnat pysyivät kohtuullisina.

Energiansäästöön ja energiatehokkuuteen kiinnitettiin Suomessa runsaasti huomiota 2010-luvulla ja niin energian tuotannon kuin kulutuksenkin osalta otettiin niin sanotusti "löysät pois". Suomeen rakennettiin esimerkiksi runsaasti energiaomavaraisia rakennuksia ja -alueita. Valtio tuki voimakkaasti tällä vuosikymmenellä uusiutuvan energian hankkeita suuntaamalla varoja uusiutuvan energian tutkimus- ja kehityshankkeisiin sekä asettamalla syöttötariffeja ja investointitukia, joiden myötä uusiutuvaa energiaa oli entistä kannattavampaa ryhtyä tuottamaan. Valtion tuet uusiutuville energiamuodoille olivat välivaihe Suomen politiikassa 2010-luvulla. Ne lakkautettiin, kun uusiutuvaa energiaa oli saatu runsaasti markkinoille ja sen tuotanto liiketaloudellisesti kannattaviksi.

Ydinvoimaa rakennettiin Suomeen maltillisesti. Vuonna 2012 valmistuneen Olkiluoto 3:n jälkeen ydinvoiman lisärakentaminen nousi uudelleen ajankohtaiseksi vuoden 2020 jälkeen, jolloin vanhoja, 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa käyttöön otettuja ydinvoimaloita alettiin poistaa käytöstä. Ydinteknologian kehittymisen ansiosta käyttöön alettiin ottaa niin kutsuttuja neljännen sukupolven ydinreaktoreita, jotka osoittautuivat käytännössä turvallisemmiksi, tehokkaammiksi ja taloudellisemmiksi kuin edeltäjänsä. Ne myös tuottivat vähemmän radioaktiivisia jätteitä sekä olivat investointi- ja käyttökustannuksiltaan edullisia. Suomeen otettiin vuosien 2026 ja 2031 välillä nopealla aikataululla käyttöön neljä uutta tällaista ydinvoimalaa käytöstä poistuneiden Olkiluoto 1 ja 2 sekä Loviisa 1 ja 2 tilalle.

2020-luvulla ryhdyttiin Suomessa uudistamaan sähköverkkoa niin kutsutuksi ”älykkääksi sähköverkoksi”, jossa reaaliaikaiset tiedot mahdollistivat sähköverkon optimoinnin, joustavamman sähkön hinnoittelun ja tehokkaan ja helpon hajautetun tuotannon verkkoon liittämisen. Tämä edellytti valtiolta suuria investointeja sähköverkon uusimiseksi.

Vuosina 2032–2035 öljykriisi ravisutti öljyriippuvaisia maita. Se ei vaikuttanut kuitenkaan tuntuvasti Suomen tilanteeseen, sillä Suomi oli tällöin jo täysin fossiilista polttoaineista riippumaton.

Ilmastonmuutoksen myötä maailman keskilämpötila kohosi tarkasteluajanjaksolla kaksi astetta. Lähes kaikki maailman valtiot sitoutuivat hiilidioksidipäästöjä vähentäviin toimiin, sillä voimistuneet poikkeukselliset sääilmiöt osoittautuivat kiistattomaksi todisteeksi ihmisten tuottamien hiilidioksidipäästöjen vaikutuksesta ilmaston lämpenemiseen. Suurin osa maailman valtioista asetti tavoitteeksi hiilidioksidipäästöttömän energiantuotannon vuonna 2050. Monet maat, Suomi mukaan lukien, onnistuivat tämän tavoitteen saavuttamisessa.

Kasvavan yhteistyön maailma vuonna 2050

Energian tuotanto- ja kulutusjärjestelmät muuttuivat globaalilla tasolla perusteellisesti. Ilmastonmuutosta pyrittiin hillitsemään kaikin keinoin, ja neuvottelut johtivat energia- ja ilmastopolitiikkaan liittyviin uusiin sitoviin sopimuksiin. Kiina ja Intia saatiin sopimuksiin mukaan 2010-luvulla niin, että päästökaupassa otettiin huomioon myös historialliset päästöt. Talouskasvun ja elintason kohoamisen myötä Kiinassa ja Intiassa kiinnitettiin ympäristöasioihin paljon huomiota, ja uudet energiamuodot korvasivat fossiiliset polttoaineet lähes kokonaan. Kivihiltä käytettiin vielä, sillä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologiasta tuli osa sen perusteknologiaa. Päästörajoitukset koskivat teollisuusyritysten energiaintensiivistä tuotantoa riippumatta tuotantolaitosten sijaintimaasta. Elinkeinoelämä oli aktiivinen ja loi omia pelisääntöjään ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Esimerkiksi sektorikohtaiset parhaan käytännön benchmarking-käytännöt tehostivat sekä energian että materiaalien käyttöä tuntuvasti. Suljetut kierrot yleistyivät teollisuusprosesseissa.

EU:n jäsenvaltioiden sisäinen yhteistyö energia-alalla oli vahvaa ja sen myötä avautuivat koko EU:n laajuiset sähkömarkkinat. Venäjä liittyi EU:n jäseneksi, mikä paransi EU:n energiaomavaraisuutta. Maakaasun markkina-alue kattoi koko laajentuneen EU:n. Pääosa Euroopan ja Aasian energiavaroista sijaitsi siten Venäjällä, mutta Suomen kannalta paikallisen uusiutuvan energian lisääntynyt tuotanto ja ydinvoiman tuotanto vähensivät Venäjän merkitystä energiantuojana.

Konsensuspolitiikasta ei luovuta

Suomen politiikkaa leimasi vuosikymmeniä konsensushakuisuus. Poliittisessa päätöksenteossa pyrittiin löytämään aina mahdollisimman laaja tuki päätösten taakse ja ottamaan mahdollisimman paljon huomioon myös vähemmistöjen mielipiteitä ja sisällyttämään ne lopputulokseen. Hyvinvoinnin säilyttämiseksi tasapainoiltiin erilaisten näkökulmien yhdistämiseksi niin, että poliittisia päätöksiä vastustettiin mahdollisimman vähän.

Fossiilisten polttoaineiden globaali niukkuus ei vaikeuttanut tilannetta Suomessa kovin paljoa, koska käytössä oli hyvin paljon erilaisia energialähteitä, joihin kansallinen ja paikallinen energiantuotanto perustuivat.

”Paikallinen (= hajautettu) energiantuotanto tulee nostamaa päätään merkittäväksi energiantuotantomuodoksi ennen vuotta 2050, mikä osaltaan vähentää paineita primäärienergiamuotoja kohtaan” (w1)

Investoinnit uusiutuviin energiamuotoihin osoittautuivat hyviksi sijoituksiksi, ja kaukonäköisimmät yritykset saavuttivat hyvän markkina-aseman. Hyvinvoinnin lisäämisen ajateltiin edellyttävän lisää energiankulutusta, ja tämän vuoksi energiaa pyrittiin tuottamaan monista erilaisista lähteistä. Suomen talous oli hienoisessa noususuhdanteessa.

”Jos ja kun ilmastokysymys pystytään hoitamaan oikeilla valinnoilla, energiankulutusta ei ole aihettakaan rajoittaa” (q2)

Suomen hiilidioksidipäästöt laskivat vuodesta 2009 vuoteen 2020 mennessä 30 % ja vuonna 2050 saavutettiin nollataso. Samanaikaisesti energiankulutus kasvoi 20 %. Vuonna 2050 energiaa kulutettiin 30 prosenttia enemmän kuin vuonna 2009. Energian hinta nousi Suomessa 1,5-kertaiseksi vuosien 2009 ja 2020 välisenä aikana. Vuonna 2050 energian hinta oli jo 2,5-kertainen vuoteen 2009 verrattuna. Energian hinnannousuun vaikutti siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin. Talouskasvun myötä kuluttajien ostovoimakkin kasvoi, joten energian hinnannousun vaikutus sen kulutukseen jäi vähäiseksi.

Liikenteen päästöt kuriin

Sähköautoilun nopea lisääntyminen Suomessa johti liikenteen hiilidioksidipäästöjen laskuun. Vuonna 2020 liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat laskeneet 20 prosenttia vuoden 2009 tasosta ja vuonna 2050 liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat tavoitteiden mukaisesti nollatasolla. Julkisen liikenteen ja kevyen liikenteen kehittyminen estivät yksityisautoilun voimakkaan kasvun. Autoriippuvuutta pyrittiin myös vähentämään yhdyskuntasuunnittelussa. City car club -tyyppiset liiketoimintamallit yleistyivät.

Lisääntynyt energian kansallinen ja paikallinen tuotanto vähensivät Suomen tuontiriippuvuutta. Suomessa oli monipuolinen, hajautettu ja tasapainoinen energijärjestelmä, jonka varmistivat kotimaiset uusiutuvat energialähteet. Suomessa kulutettu sähkö tuotettiin pitkälti kotimaassa ja kotitaloudet sekä maatilat tuottivat osan tarvitsemastaan sähköstä itse. Fossiiliset polttoaineet korvautuivat kokonaan ydinvoimalla ja uusiutuvilla energialähteillä. Uusiutuvat energiamuodot kasvattivat osuuttaan. Tuulivoima, aurinkoenergia, vesivoima, biokaasu ja maalämpö olivat kaikki laajamittaisessa käytössä.

Suomen elinkeinorakenteessa palvelusektorin osuus kasvoi voimakkaasti. Tietotaito ja korkea teknologia olivat suomalaisen osaamisen valtteja myös viennissä, raskaan teollisuuden menetettyä osin merkitystään.

Kuluttajakäyttäytyminen muutoksessa

Kuluttajat pyrkivät 2010-luvulla olemaan ekologisia ja vastuullisia kulutus päätöksissään, valiten mieluiten uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä koteihinsa ja sähköautoihinsa. Talouskasvun ollessa suhteellisen hidasta käyttöön otettiin laajan kannatuksen saanut ilmastovero. Sen merkitys jäi kuitenkin lähinnä fiskaaliseksi, sillä kuluttajat eivät olleet valmiita tinkimään mukavuudenhalustaan energiaa säästämällä. Ekologisuus ja käyttömukavuus eivät saaneet ihmisten mielestä olla ristiriidassa keskenään. Kasvaneen ympäristötietoisuuden myötä kuluttajat saattoivat olla valmiita maksamaan ekologisista tuotteista hieman enemmän, mutta saavutetusta mukavuustasosta oli jo vaikeampi tinkiä. Toisaalta energiankulutuksen kasvun ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen välillä ei nähty enää vuonna 2050 ristiriitaa, sillä kaikki Suomessa tuotettu energia oli hiilidioksidipäästötöntä. Yhteiskunnassa ei juurikaan otettu käyttöön pakottavia ohjauskeinoja, vaan luotettiin kuluttajien valistuneisuuteen. Esimerkiksi elintarvikepakkauksiin sisällytettiin monenlaista informaatio-ohjausta. Elintarvikepakkausten energiamerkinnoista siirryttiin jo 2020-luvulla tuotteen ekologinen jalanjälki -merkintään. Myös kuluttajien rooli muuttui. Kansalaiset eivät olleet enää pelkkiä passiivisia kuluttajia, vaan toimivat myös aktiivisina energiantuottajina omiin tarpeisiinsa – esimerkiksi lämmittämällä takkaa tai hyödyntämällä aurinkoa tai tuulta.

Sähkömarkkinoiden laajeneminen ja avautuminen Eurooppaan

Sähkömarkkinat laajentuivat koko Euroopan laajuisiksi. Luottamus markkinamekanismin toimivuuteen oli Euroopassa yhä vahvaa. Sähkökulutuksen ohjausmahdollisuudet loivat sähköyhtiöille uusia liiketoimintamahdollisuuksia, sillä energiansäästöpalveluille muodostui kysyntää. Tehokkaiden tietojärjestelmien ja erinomaisen kuluttajaviestinnän avulla verkon ja talotekniikan mahdollisuudet otettiin laajalti käyttöön.

Asiakkailla oli vahva asema sähkömarkkinoilla. Asiakkaat järjestäytyivät ryhmittymiksi, esimerkiksi pienteollisuuden ostopoolit, energiaosuuskunnat ja ”hiilidioksidivapaiksi vyöhykkeiksi” itsensä nimenneet kommuunit olivat sähkömarkkinoiden uusia toimijoita. Asiakasryhmittymillä oli neuvotteluvoimaa, kun taas sähkömyyjien asema riippui paljon erikoistumisesta tiettyihin tuotteisiin, kuten tietyllä ei-fossiilisella tuotantomuodolla tuotettuun sähköön. Sähkömarkkinoilla kilpailu oli kovaa ja heikoimmat myyjät poistuivat markkinoilta nopeasti. Markkinamekanismeihin luotettiin siis vahvasti myös ilmasto-ongelman ratkaisussa.

Sähkön siirto ja jakelu muuttaa muotoaan

Suomen yhdyskuntarakenne tiivistyi, sillä väestönkasvu painottui voimakkaasti kaupunkeihin. Maaseutu on kuitenkin hyötynyt kansalaisten lisääntyneestä vapaa-ajasta, etätyömahdollisuuksista ja myös kotiseuduilleen palanneiden eläkeläisten kasvaneesta määrästä. Suomeen rakennettiin kokonaan energiaomavaraisia alueita ja rakennuksia.

Verkkoyhtiöt investoivat älykkäisiin sähköverkkoihin, jotka mahdollistivat joustavuuden sähkön kaksisuuntaisen siirron. Reaaliaikaiset tiedot mahdollistivat sähköverkon optimoinnin, joustavamman sähkön hinnoittelun sekä tehokkaan ja helpon hajautetun tuotannon verkkoon liittämisen.

Sähköverkkojen mitoitus optimoitiin ja teho- ja kuormitushuippujen hallinta helpottui kulutuksen ohjausmahdollisuuksien myötä. Dynaamiset tariffit kannustivat kuluttajia energiansäästöön. Vaatimukset tiedonsiirrolle kasvoivat älykkäiden sähköverkkojen myötä.

Verkkoyhtiöillä oli suuri vastuu energiansäästötavoitteiden toteutumisessa. Kokonaisenergiankulutus ei välttämättä ole laskenut, mutta tuotannon siirtyminen enenevässä määrin esimerkiksi kiinteistön "taserajan" sisälle on johtanut verkosta otettavan energiamäärän pienenemiseen. Tästä johtuen verkkojen rooli muuttui osittain siirtotiestä varastoksi.

Sähköverkko myös supistui, sillä sähköliittymiä irtisanottiin energiaosuuskuntien, paikallisen energiantuotannon sekä muun energiaomavaraisuuden myötä. Maaseudulle ja energiaomavaraisille alueille syntyi jonkin verran älykkäitä paikallissähköverkkoja.

4.4. Teollinen kasvu

Tulevaisuuspolulla – Kuinka Suomesta on tuli sähkön nettoviejämää

2000-luvulla uusia ydinvoimalaitoksia suunniteltiin rakennettavaksi lähinnä Aasiaan ja entisen Neuvostoliiton alueille. Tämän lisäksi yhden uuden ydinvoimalan olivat ilmoittaneet rakentavansa seuraavat neljä maata: Suomi, Ranska, USA ja Argentiina. Vastauksena ilmastonmuutoksen haasteisiin ja fossiilisten polttoaineiden rajallisuuteen 2010-luvulla Suomessa ydinvoiman kannatus alkoi pikku hiljaa vahvistua. Samaan aikaan yhä vähenevä ydinvoiman vastustajien joukko alkoi radikalisoitua. Ydinvoimaa pidettiin yleisesti ottaen jatkuvaan ja tasaiseen sähkönkulutukseen sopivimpana tuotantomuotona. Fossiilisista polttoaineista pyrittiin eroon korvaamalla niitä sähköllä. Vuosien 2012 ja 2020 välillä Suomessa rakennettiin laajamittaista sähköautoilua tukeva siirto- ja latausjärjestelmä. Öljylämmitysjärjestelmät korvattiin valtion avustuksella kokonaan sähkölämmityksellä ja lämpöpumpuilla muutamassa vuodessa.

Suomalaiset investoinnit, yhteistyö ulkomaisen reaktoritoimittajan kanssa ja merkittävä panostus kaiken ydinvoimaan liittyvän teknologian kehittämiseen sekä hallituksen ja eduskunnan ydinvoimapäätökset johtivat useiden uusien ydinvoimalaitosten rakentamiseen. Suomessa tuotetusta ydinsähköstä haluttiin tehdä vientituote, sillä sähkön kysyntä Euroopassa kasvoi. Suomen talous alkoi kasvaa voimakkaasti vuoden 2035 jälkeen, jolloin Suomen määrätietoinen ydinvoimastrategia alkoi tuottaa tulosta. Ydinvoimastrategiaan sisältyi alhaisten siirtohäviöiden sähkönsiirtoyhteyksien rakentaminen Suomen ja eri Euroopan maiden välille. Suomi toimittikin runsaasti sähköä Manner-Eurooppaan. Muiden Euroopan maiden varovainen suhtautuminen ydinvoiman lisärakentamiseen 2000-luvun alkupuolella toi Suomelle kilpailuedun, kun muut energiamuodot osoittautuivat heikommin kannattaviksi.

Muuttunut maailma vuonna 2050

Maailman on jakautunut maailmantalouden ja ilmastonmuutoksen myötä aivan uudenslaisiin voittaja- ja häviäjävaltioidiin. 2020-luvulla voimakkaasti kasvaneet Kiina ja Intia ovat kauan sitten vakiinnuttaneet asemansa maailmantalouden kentällä ja painopiste on siirtynyt niistä kohti uusia taloudellisia kasvuihmeitä. YK:n ilmastoneuvottelut ovat johtaneet sopimuksiin, joissa taloudelliset ohjaukeinit ovat käytössä. Elinkeinoelämä on ollut hyvin aktiivinen ilmastonmuutoksen torjumisessa ja on luonut omat pelisäännöt ilmastonmuutoksen torjumiseksi.

EU:n lainsäädännön kehittyminen ja siirtoyhteyksien rakentaminen johtivat sähkömarkkinoiden laajentumiseen koko Euroopan laajuisiksi. Suomalaiset sähköyhtiöt menestyivät hyvin eurooppalaisilla sähkömarkkinoilla kilpailukykyisen ydinvoiman ansiosta. Venäjä menetti merkitystään Euroopan energiatoimittajana, koska sen voimakkaasti kasvaneet kotimarkkinat tarvitsivat paljon energiaa ja venäläisten toimijoiden maksukyvyyn parannuttua energiaa ei enää riittänyt vientiin.

Sähkön saannin riittävyys etusijalle

Poliittinen mielipideilmasto muuttui uudenslaisessa globaalissa toimintaympäristössä kamppailtaessa, kun fossiilliset energiavarat niukkenivat niukkenemistaan, energian hinta nousi ja yhteiskunnan eri toimijoille valkeni ilmastonmuutoksen hillitsemiseen käytettävissä olevien todella merkittävien ja tehokkaiden keinojen vähäisyys. Monet 2000-luvun alussa paljon esillä olevat keinot olivat osoittautuneet täysin riittämättömiksi tarvittavien päästövähennysten aikaansaamiseksi. Yksikään valtio ei halunnut kuulua "häviäjiin", ja Suomen keinoksi turvata talouden kasvu valittiin suomalaisen teollisuuden aseman turvaaminen ja vahvistaminen, joka asetettiin valtakunnalliseksi tavoitteeksi. Tämä toteutettiin mittavalla kokonaispaketilla, johon sisältyi ydinvoimaohjelma, sähkön vientistrategia ja sähköintensiivisen teollisuuden houkuttelu investoimaan Suomeen. Ydinvoima osoittautui jo varhaisessa vaiheessa 2020-lukua niin paljon taloudellisemmaksi kuin uusiutuvat energialähteet, että ydinvoiman lisärakentaminen nähtiin kansantalouden kannalta ainoalta järkevältä energiantuotantomuodolta Suomessa.

"Mikäli painopiste siirtyy uusiutuvista ilmastoon, tulevat myös muut taloudellisesti järkevät vaihtoehdot hyväksyttäväiksi. Ydinvoima on päästötöntä ja uusiutuvia yksinkertaisempaa. Mikäli luottamus ydinvoimaa kohtaan lisääntyy ja ydinvoima kehittyy seuraavalle tasolle, ydinvoima ratkaisee ilmastokysymyksen." (q2)

Suomen hiilidioksidipäästöt laskivat voimakkaasti ydinvoimastrategian määrätietoisen toteuttamisen seurauksena. Vuonna 2020 päästöt olivat laskeneet 30 % vuoden 2009 tasosta ja vuonna 2050 päästiin nollatasoon. Kokonaisenergiankulutus, erityisesti sähkön kulutus Suomessa kuitenkin kasvoi teollistamisen myötä. Vuonna 2020 energiankulutuksen kasvu oli 30 % vuodesta 2009 ja vuonna 2050 energiankulutus oli kaksinkertaistunut vuoteen 2009 verrattuna. Energiansäästöä pidettiin palveluna, jonka niin halutessaan voi markkinaehtoisesti sähkönmyyjältä ostaa, mutta varsinaisia energiansäästötavoitteita ei enää vuosikausiin asetettu.

Eri energialähteiden väliset hintaerot kasvoivat jyrkästi, mutta keskimääräinen energian hinnannousu osoittautui luultua maltillisemmaksi ydinvoiman osuuden voimakkaan kasvun vuoksi. Sähkön hinta riippui edelleen voimakkaasti kulutuksen määrästä, suuret asiakkaat saivat sähköä edullisemmin, koska monet niistä ylläpitivät ydinvoimalle ensiarvoisen tärkeää peruskuormaa. Tämän vuoksi erilaisten organisaatioiden sähkön yhteisostot lisääntyivät voimakkaasti.

Uusiutuvat energialähteet vastatulessa

Monet 2010-luvulla suunnitellut uusiutuvan energian projektit Euroopassa epäonnistuivat. Esimerkiksi suunnitelmat tuoda Saharassa aurinkoenergialla tuotettua sähköä Eurooppaan kattamaan sen kasvavaa sähkönkulutusta kohtasivat monia teknisiä ongelmia, ja Pohjois-Afrikan poliittisesti epävakaa tilanne esti siirtolinjan rakentamisesta vastaavia yhtiöitä ryhtymästä investointeihin. Aurinkoenergiateknologian kehittämisessä oli muitakin vaikeuksia. Aurinkoenergiaa ei saatu Euroopan oloissa kerättyä tarpeeksi tehokkaasti, koska kerääminen oli liian säariippuvaista. Lisäksi maan rajojen ulkopuolelta tulevat saasteet estivät ajoittain auringonsäteiden pääsyn aurinkokeräajiin ja aurinkopaneeleihin.

Biopolttoaineet osoittautuivat kattavissa elinkaaritarkasteluissa ilmastonmuutosta kiihdyttäviksi eivätkä hidastaviksi energialähteiksi. Lisäksi laajamittaisen bioenergian käytön edellyttämät työvoimakustannukset osoittautuivat monessa tapauksessa liian suuriksi. Ulkomaisen, edullisemmän työvoiman käyttö tähän tarkoitukseen taas ei saanut poliittista kannatusta koska se olisi asettanut bioenergian tärkeänä valttina pidetyn työllistävän vaikutuksen kyseenalaiseksi. Ainoastaan tuulivoimaa otettiin Suomessa ja Euroopassa lisää käyttöön ydinvoimaa täydentäväksi energiamuodoksi. Suomessa käynnistettiin uraanin louhinta ja perustettiin useita kaivoksia. Ydinvoiman lisääntyneen käytön myötä Suomen kallio- ja maaperään jouduttiin loppusijoittamaan kaikki kotimaassa syntyneet korkea-aktiiviset ydinjätteet.

Sähkön kulutus nousuun

Ydinvoiman lisärakentaminen ja siihen liittyvä määrätietoinen strategia houkutteli Suomeen lisää sähköintensiivistä perusteollisuutta, erityisesti metalliteollisuutta. Suomalaisissa energia-alan keskinäisiin resurssiyhtiöihin houkuteltiin myös ulkomaisia osakkaita. Työvoiman määrää tarkastellen suomalainen yhteiskunta palveluvaltaistui, mutta energiankulutuksen suhteen palveluiden osuus laski mittavan teollistamisen seurauksena. Myös maatalouden sähkönkulutus kasvoi huomattavasti mm. sähkölämmitteisten kasvihuoneiden yleistyttyä, mutta kasvu jäi selvästi teollisuuden sähkönkulutuksen kasvua vähäisemmäksi.

Liikenne Suomessa perustui kokonaan sähköautoihin, ja tämän vuoksi sähkön siirto- ja jakeluverkostoa kehitettiin määrätietoisesti. Myös sähkön varastointiteknologiaa jouduttiin kehittämään, sillä tuotantokapasiteetin säädettävyys huonontui dramaattisesti ydinvoiman suhteellisen osuuden voimakkaan kasvun myötä. Lentoliikenne siirtyi käyttämään polttoaineena ydinvoiman tuotannon ohessa tuotettavaa vetyä.

Teknologian kehittymisen myötä sähkön käyttökohteiden määrä ja sähkölaitteiden määrä teollisuudessa, palvelusektorilla, kaupassa, maataloudessa, liikenteessä ja kotitalouksissa kasvoi voimakkaasti.

Maaseutu autioituu

Suomen yhdyskuntarakenne keskittyi voimakkaasti. Joidenkin kaupunkien keskustat olivat talvisin kokonaan lumettomia talvilämpötilan nousun ja ydinvoimalaitosten jäähdytysvedellä lämmitettyjen katujen ansiosta. Nykyaikainen maanviljely ja pitkälle automatisoitu kasvihuoneviljely eivät enää vaatineet juurikaan työvoimaa, joten maanviljelijät saattoivat asua kaupungeissa vaikka he valvonta- ja tarkistustehtävien vuoksi ajoittain joutuivatkin käymään maaseudulla. Ydinvoimaloita rakennettiin kaupunkien välittömään yhteyteen ja ydinvoimaloissa syntyvä lämpö, joka vielä 2000-luvun alussa oli käytetty meriveden lämmittämiseen, käytettiin nyt näiden kaupunkien rakennuskannan ja katujen lämmittämiseen.

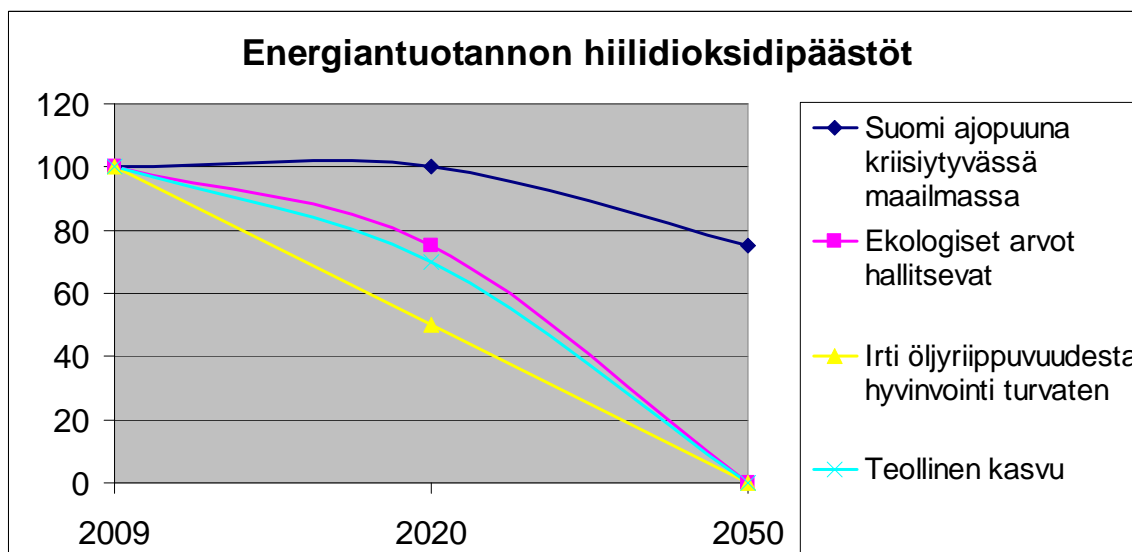
Suomi toi ja myös vei elintarvikkeita aikaisempaa enemmän. Tärkeimmät vientituotteet olivat kuitenkin sähkö ja sähköintensiivisen perusmetalliteollisuuden tuotteet ja erilaiset metallijalosteet. Suomessa oli runsaasti teollisuutta ja teollisuuden bkt-osuus kasvoi voimakkaasti. Silti palvelusektorillakin meni hyvin, sillä tiiviimmän yhdyskuntarakenteen ansiosta palvelujen edellyttämä väestöpohja oli alueellisesti hyvin keskittynyt. Sähkönsiirron kapasiteetti kaupungeissa kasvoi ja verkkoja vahvistettiin. Syrjäseuduilla tarpeettomia sähkönsiirtoverkkoja purettiin.

4.5. Skenaariot tiivistettynä

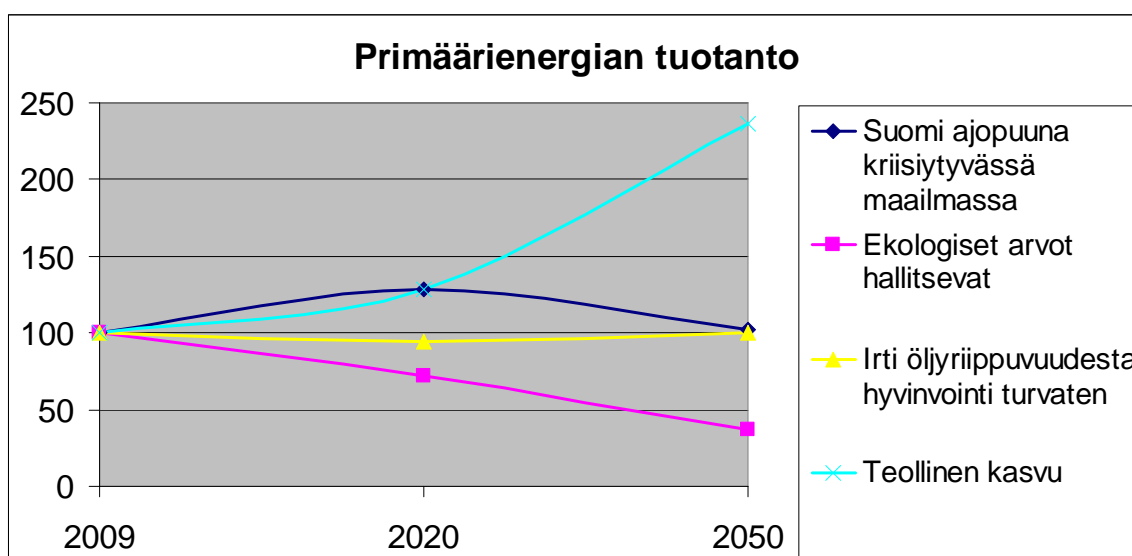
Eri skenaarioiden keskeisimpiä piirteitä on esitetty ja vertailtu taulukossa 1. Kuvissa 11, 12, 13 ja 14 on esitetty eri skenaarioiden osalta energiantuotannon hiilidioksidipäästöt (kuva 11), primäärienergian tuotanto (kuva 12), energian loppukäyttö (kuva 13) ja bruttokansantuote (kuva 14) indeksinä siten, että vuoden 2009 arvoa on kaikissa skenaarioissa ja kaikilla mainituilla suureilla kuvattu vertailuvuonna 100. Kuviossa 15 on esitetty väkiluvun kehitys eri skenaarioissa absoluuttisena väestömääränä.

Taulukko 1. Skenaarioiden keskeiset piirteet.

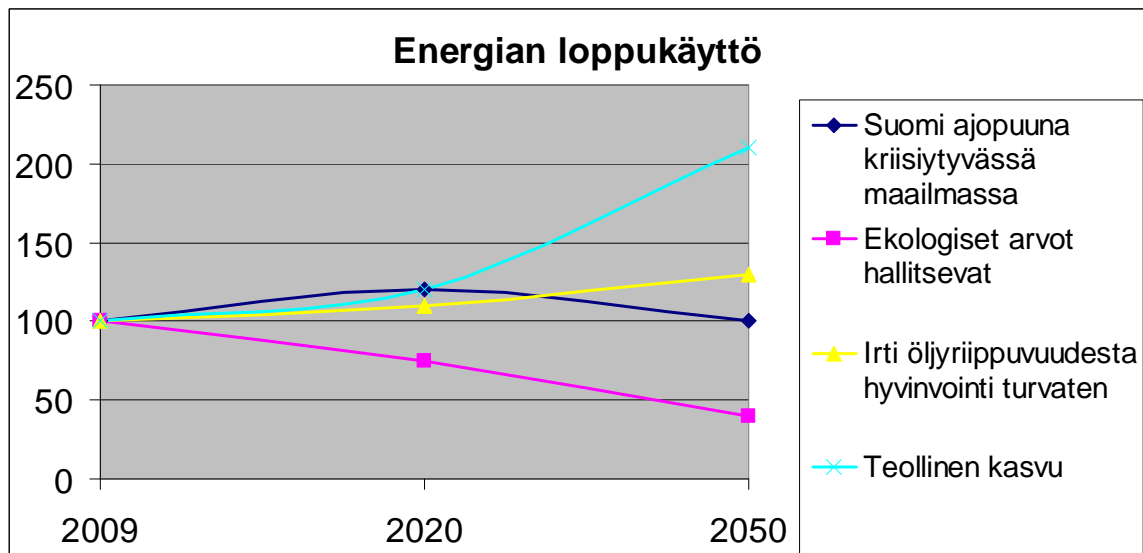
Skenaarion nimi	Ekologiset arvot hallitsevat	Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa
	Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten	Teollista kasvua
Globaali kehitys ja kansainvälinen toimintaympäristö	Laaja globaali yhteistyö ympäristöasioissa; suuret ilmasto-ongelmat vältetään; maailmankaupan ja taloudellisen toimeliaisuuden painopiste Aasiassa	Kansainvälisen kaupan alueellistuminen; 2020-luvulla vaikea öljykriisi ja heikot valmiudet korvata öljy; ilmastokatastrofeja ja levottomuuksia
	Teollisen tuotannon painopiste Aasiassa; vahva EU	Moninapainen maailmankaupan järjestelmä
Ilmastonmuutoksen hallinta	Länsimaissa julkisen vallan aktiiviset toimet ja suuri kansalaisaktiivisuus ilmastonmuutoksen torjunnassa; merkittävät panostukset uusiutuvaan energiaan ja ympäristötekнологiaan; kulutuksen vapaaehtoinen vähentäminen; henkilökohtaisen päästökaupan järjestelmällä CO ₂ -päästöt poistettu	Ilmasto- ja ympäristötavoitteet ja toimet vaatimattomia ja riittämättömiä; valtioiden toiminta reaktiivista jatkuviin kriiseihin vastaamista
	Julkisen vallan ja elinkeinoelämän yhteistyö kunnianhimoisten ilmastotavoitteiden saavuttamisessa; käytössä historialliset päästöt huomioiva päästökauppajärjestelmä	YK:n ilmastosopimusneuvotteluilla sovittu päästötavoitteista ja taloudellisista ohjauseinoista
Suomen talouskehitys	Suomen elinkeinorakenne palveluvaltaistunut voimakkaasti; menestyvää energiatehokkuuteen liittyvää liiketoimintaa, uusiutuvan energian teknologiateollisuutta	Vakavan talouskriisi 2020-luvulla; tarkastelukauden loppupuolella talous jälleen kasvaa; maatalouden tuotanto ja työllisyysosuus kasvaa
	Elinkeinorakenne jatkaa palveluvaltaistumistaan; teknologiateollisuusjoh-toista vientiä	Voimakasta talouskasvua; sähkönvientiä ja energiantensiivisen teollisuuden houkuttelua Suomeen
Energian tuotanto	Massiiviset investoinnit uusiutuvan energian tuotantoon; ydinvoiman alasajo nopeassa tahdissa; fossiilisten polttoaineiden poistuminen käytöstä	Tarkastelukauden ajan fossiiliset polttoaineet säilyttävät merkittävän aseman; öljyn ja maakaasun puutetta pyritään ratkaisemaan ydinvoiman lisärakentamisella
	Monipuolinen energiapaletti	Määrätietoinen ydinvoiman lisärakentaminen; tuulivoima täydentää
Sähkön siirto, jakelu ja varastointi	Älykkäät sähköverkot kaupungeissa; energiaomavaraisia yhteisöjä maaseudulla	Nykyistä verkkoa vahvistetaan sähköautoilun vaatimusten mukaisesti
	Älykkäät sähköverkot kaupungeissa; energiaomavaraisia yhteisöjä maaseudulla	Sähköverkkojen kapasiteettia kaupungeissa vahvistettu, syrjäseuduilla verkkoa purettu; investoitu suuresti siirtoyhteyksiin muualle Eurooppaan
Liikenteen ratkaisut	Yksityisautoilun vähentäminen; julkiset investoinnit joukkoliikenteeseen	Öljykriisin jälkeen sähköautoilu liikenteen ratkaisuksi
	Nopealla aikataululla infrastruktuuri sähköautoilulle sopivaksi; julkiset investoinnit joukkoliikenteeseen; yksityisautoilun vähentäminen kaavoituksen keinoin	Sähköautoilu liikenteen ratkaisuna



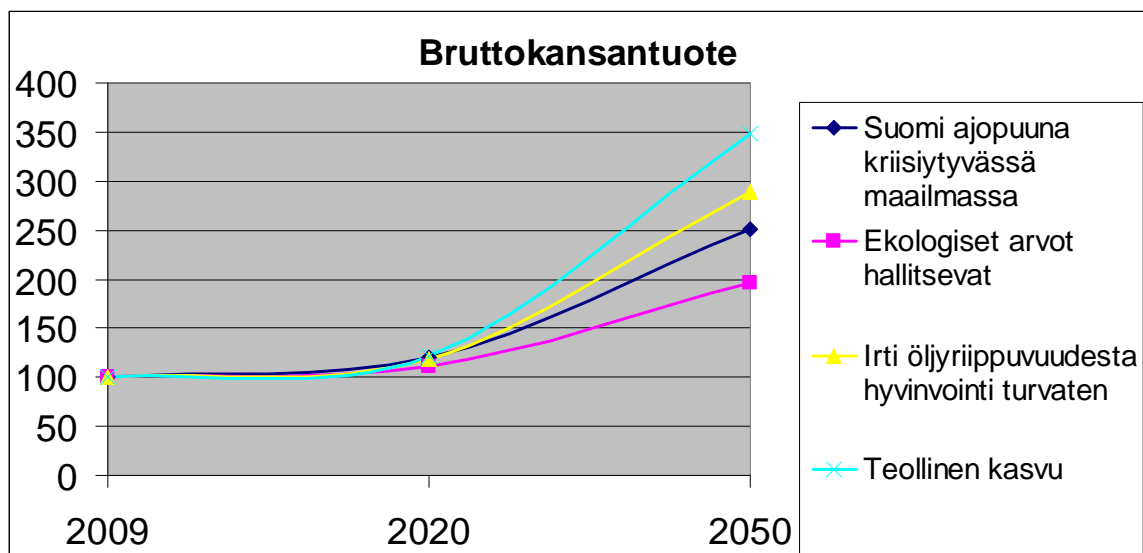
Kuva 11. Energiantuotannon CO₂-päästöjen kehitys Suomessa eri skenaarioissa. Luvut ovat indeksilukuja, vuoden 2009 arvo on 100.



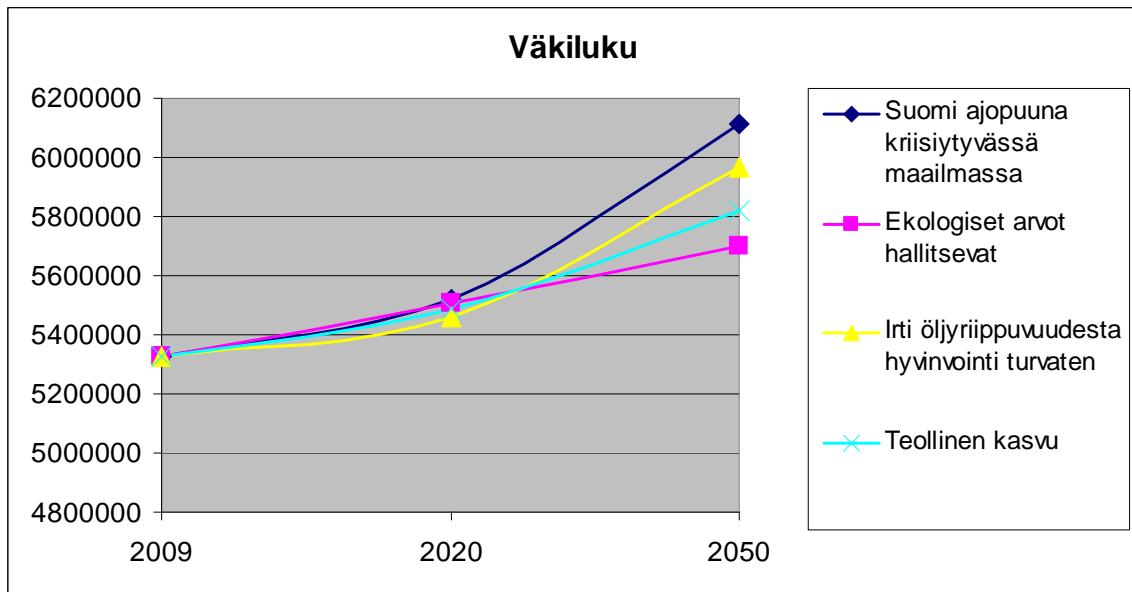
Kuva 12. Primäärienergian tuotannon kehitys Suomessa eri skenaarioissa. Luvut ovat indeksilukuja, vuoden 2009 arvo on 100.



Kuva 13. Energian loppukäyttö Suomessa eri skenaarioissa. Luvut ovat indeksilukuja, vuoden 2009 arvo on 100.



Kuva 14. Bruttokansantuotteen kehitys Suomessa eri skenaarioissa. Luvut ovat indeksilukuja, vuoden 2009 arvo on 100.



Kuva 15. Väkiluvun kehitys Suomessa eri skenaarioissa.

5. MITEN SKENAARIOISSA RATKAISTIIN ILMASTO- JA ENERGIAPOLIITTISET HAASTEET?

Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin tuottamissa skenaarioissa ilmasto- ja energiapolitiikan asettamiin haasteisiin vastattiin eri tavoin. Ensimmäisessä skenaariossa "Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa" Suomen yhteiskunta on syytä tai toisesta suhteellisen passiivinen ilmasto- ja energiapolitiikassaan. Tämä johtaa siihen, että kriiseihin, kuten ilmastonmuutoksen aiheuttamiin ongelmiin ja öljyvarojen ehtymiseen ajaututaan ja tämän jälkeen joudutaan toimeenpanemaan jälkikäteen aika mittaviakin politiikkatoimia. Kolmessa muussa skenaariossa ilmasto- ja energiapolitiikan haasteita pyritään ratkaisemaan aktiivisesti ennakolta ennen kuin kriiseihin joudutaan. Keinot, joilla hiilidioksidipäästöt vähennetään näissä kolmessa skenaariossa nollassa vuoteen 2050 mennessä, ovat erilaiset.

"Vihreät arvot hallitsevat" -skenaariossa hiilidioksidipäästöt ohjataan nollassa vuoteen 2050 mennessä valtion mittavilla taloudellisilla ja hallinnollisilla ohjaukskeinoilla. Taloudellisista ohjaukskeinoista "keppi" eli verotus kohdistuu energiankulutuksen määrään. Mitä enemmän kulutetaan energiaa, sitä enemmän joudut myös siitä maksamaan. Energian hintaa on nostettu verotuksella ja tämä ohjaa innovaatiot kohti niukkuutta myötäileviä ratkaisuja. Energiatieteiden laitteiden kehittämiseen panostetaan, sillä energian hinnan kohoamisen myötä niitä on yhä kannattavampi hankkia. Taloudellisten ohjaukskeinojen "porkkanat" eli investointituet ja syöttötariffit saavat aikaan uusiutuvien energiamuotojen hajautetun pientuotannon merkittävän kasvun. Hallinnollisista ohjaukskeinoista henkilökohtainen päästökauppa ohjaa kuluttajien hiilidioksidipäästöt nollassa vuoteen 2050 mennessä. "Vihreät arvot hallitsevat" -skenaariossa luotetaan hallittuun elintason laskuun sen sijasta että ilmastonmuutoksesta ja luonnonvarojen rajallisuudesta aiheutuvat kriisitilanteisiin jouduttaisiin yllättäen eli muutokset tulisivat niin nopeasti, ettei niihin ehdittäisi reagoida riittävän nopeasti. Yhdyskuntarakenteen tiivistyminen, kevyt- ja joukkoliikenteen toimivuus, energian kallistuminen ja uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvien polttoaineiden käyttöönotto ovat ohjanneet liikenteen hiilidioksidipäästöt nollassa vuonna 2050 Suomessa.

"Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten" -skenaariossa otetaan myös käyttöön aktiivisesti politiikkatoimia hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. "Keppinä" toimii fossiilisten polttoaineiden verotus ja hiilidioksidipäästöihin sovelletaan "saastuttaja maksaa" -periaatetta. Taloudellisen ohjauksen "porkkanana" ovat liikenteessä julkisten kulkuvälineiden tuet, jotka pitävät lippujen hinnat kohtuullisina. Uusiutuvien energiamuotojen tutkimukseen ja kehittämiseen käytetään valtion varoja ja ensimmäiset kymmenen vuotta myös investointituet ja syöttötariffit on otettu käyttöön uusiutuville energiamuodoille, Näin niiden tuotantoa saadaan lisättyä ja helpotettu pääsyä markkinoille.

Informaatio-ohjaus on hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä laajalti käytetty keino. Kansalaisneuvontaa hiilidioksidipäästöjen vähentämiskeinoista harjoitetaan laajalti läpi yhteiskunnan eri tasojen. Toisaalta ympäristömerkit ovat laajalti käytetty informaatio-ohjauksen muoto. Esimerkiksi elintarviketuotteisiin on merkitty niiden ekologinen jalanjälki. Palveluilla on myös ympäristömerkit, esimerkiksi kampaamoista on luokiteltu ne, joilla on pieni ekologinen jalanjälki, ja nämä ovat saaneet ympäristömerkin.

Suunnitteluohjausta käytetään yhteiskunnassa voimakkaasti, jotta öljyriippuvuudesta päästäisiin eroon liikenteessä. Kaavoituksen avulla liikenteen infrastruktuuri on uudistettu sähköautoilulle yhteensopivaksi. Myös liikennebiokaasulle luodaan jakeluverkosto Etelä-Suomeen. Yhdyskuntasuunnittelussa riippuvuutta yksityisautoilusta on myös pyritty vähentämään parantamalla kevyen liikenteen infrastruktuuria. Energiaomavaraisille alueille on varattu yleiskaavoissa ja asemakaavoissa tilaa.

”Teollista kasvua” -skenaariossa hiilidioksidipäästöt saadaan nollassa lähinnä ydinenergian lisärakentamisella. Öljyriippuvuutta vähentäviä toimia tehdään valtion taholta useita. Öljylämmitteiset talot uusitaan sähkölämmitteisiksi valtion tukiessa taloudellisella ohjauksella tämänkaltaisia investointeja. Lisäksi energiatehokkuuden parantamiseen sekä teollisuudessa että kotitalouksissa kannustetaan myös muilla tukitoimilla. Tutkimus- ja kehitysrahoitusta ohjataan ydinenergiateknologioiden kehittämiseen. Suunnitteluohjaus on voimakasta ja suurimpien kaupunkien asemakaavoissa kaupunkien kupeeseen varataan tilaa ydinvoimalalle, jota käytetään sähköntuotannon lisäksi myös kaukolämmön tuotantoon. Liikenteen öljyriippuvuudesta päästään eroon ohjaamalla liikenteen infrastruktuuri sähköautoilulle sopivaksi.

LÄHTEET

- Beck, Ulrich (1992) *Risk Society. Towards a New Modernity*. SAGE Publications, London, Thousand Oaks, New Delhi, 19–50.
- BP (2009) *Statistical Review of World Energy* [Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.bp.com/iframe.do?categoryId=9024179&contentId=7044895>
- Commission of the European Communities (2007) *Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council Amending Regulation (EC) No 1228/2003 on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity*. [Viitattu 10.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52007PC0531:EN:NOT>
- Datalähde Tilastokeskus. Alkutuotannon, jalostuksen ja palvelujen työllisyysosuus Suomessa vuosina 1860–2006.
- Datalähde Tilastokeskus. Alkutuotannon (maa- ja metsätalous, kalastus ja metsästys), jalostuksen (teollisuus ja rakennustoiminta) ja palvelujen suhteellinen osuus tuotannontekijähintaisesta bruttokansantuotteesta Suomessa vuosina 1860–2006.
- Finlex (1994) *Ilmastonmuutosta koskeva Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimus* [Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsviite/1994/19940061>
- Ilmasto.org. Kaikki ilmastonmuutoksesta. [Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.ilmasto.org>
- Kara, Mikko – Helynen, Satu – Mattila, Lasse – Viinikainen, Seppo – Ohlström, Mikael & Lahnalampi, Milka (toim.) (2004) *Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset*. Helsinki, Edita Prima Oy.
- Lipponen, Juho (1999) *Suljetusta avoimen kynnykselle. Sähkömarkkinoiden ja regulation muutos Euroopassa*. Turun yliopisto 1999. Jean Monnet Unit. [Viitattu: 10.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://vanha.soc.utu.fi/jean-monnet/online/Lipponen/Power_1.pdf
- Meadows, Donella – Randers, Jorgen & Meadows, Dennis (1972) *Limits to Growth. The 30 Year Update*. Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont.
- Mez, Lutz – Schneider, Mycle & Thomas, Steve (eds.) (2009) *International Perspectives on Energy Policy and the Role of Nuclear Power*. Multi-Science Publishing Co. Ltd, Essex.
- Ralston, B. & Wilson, I. (2006) *The Scenario Planning Handbook: A Practitioner's Guide to Developing and Using Scenarios to Direct Strategy in Today's Uncertain Times*. Mason, Ohio: Thomson Higher Education.
- Stern, Sir Nicholas (2006) *Stern Review: The Economics of Climate Change. Summary of Conclusions*. Cambridge University Press, Cambridge. [Viitattu 8.9.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm
- Motiva (2004) *Teollisuuden energiansäätön vuosiraportti* [Viitattu 6.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.motiva.fi/files/482/TESS-vuosiraportti-2004.pdf>
- Tilastokeskus (2009) *Ennako 2008: Energian kokonaiskulutus 1970 - 2008*. [Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2008/04/ehkh_2008_04_2009-03-24_kuv_015.html
- Tilastokeskus (2009) *Ennako 2008: Energian kokonaiskulutus, loppukäyttö ja hiilidioksidipäästöt 1990–2008*. [Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2008/04/ehkh_2008_04_2009-03-24_kuv_013.html

- Tilastokeskus (2009) Ennakko 2008: Energian loppukäyttö sektoreittain 2008.
[Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2008/04/ehkh_2008_04_2009-03-24_kuv_017.html
- Tilastokeskus (2009) Ennakko 2008: Energia- ja sähköintensiiviteetti 1975–2008.
[Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2008/04/ehkh_2008_04_2009-03-24_kuv_020.html
- Tilastokeskus (2009) Ennakko 2008: Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö sektoreittain 2008.
[Viitattu 7.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2008/04/ehkh_2008_04_2009-03-24_kuv_019.html
- Tilastokeskus (2009) Fossiiliset polttoaineet. [Viitattu 11.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html
- Tilastokeskus (2009) Uusiutuvat energianlähteet. [Viitattu 11.8.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.stat.fi/meta/kas/uusiutuvat_ener.html
- Työ- ja elinkeinoministeriö, TEM (2008) Sähkömarkkinat. [Viitattu: 10.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=170>
- Työ- ja elinkeinoministeriö, TEM (2009) Uusiutuvat energianlähteet ja energiatehokkuus. [Viitattu 11.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2481>
- Työ- ja elinkeinoministeriö, TEM (2009) Ydinenergia. [Viitattu 12.8.2009] Saatavilla www-muodossa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=183>
- Vehmas, Jarmo (2009) The Role of Nuclear Power in Finnish Energy and Climate Policies. Teoksessa: Mez, Lutz – Schneider, Mycle & Thomas, Steve (eds.) International Perspectives on Energy Policy and the Role of the Nuclear Power. Multi-Science Publishing Co. Ltd, Essex, 37–54.
- Verhaegen, K. – Meeus, L. & Belmans, L. (2005) Towards an International Certificate System – The Stimulating Example of Belgium. [Viitattu 9.9.2009] Saatavilla www-muodossa: http://www.esat.kuleuven.be/electa/publications/fulltexts/pub_1495.pdf

AIKAISEMPIA TUTU-eJULKAISUJA

- 10/2009 Luukkanen, Jyrki – Vehmas, Jarmo – Mustonen, Suvisanna – Allievi, Francesca – Karjalainen, Anne – Värttö, Mikko & Ahoniemi, Maria: Finnish Energy Industries – Energy Scenarios and Visions for the Future. Background Report.
- 9/2009 Inkinen, Sam & Kaivo-oja, Jari: Understanding Innovation Dynamics. Aspects of Creative Processes, Foresight strategies, Innovation Media and Innovation Ecosystems.
- 8/2009 Hietanen, Olli – Marko Ahvenainen – Ville Lauttamäki & Timo Nurmi: Poliisiammatti-korkeakoulun tulevaisuusverstaas. Loppuraportti.
- 7/2009 Koskela, Marileena & Vinnari, Markus (eds.): Future of the Consumer Society. Proceedings of the Conference “Future of the Consumer Society”. 28–29 May 2009, Tampere, Finland.
- 6/2009 Lauttamäki, Ville: Sosiaali- ja terveystoimen tulevaisuuden palvelutarpeita. Loppuraportti Turun kaupungin sosiaali- ja terveystoimen tulevaisuustyöskentelystä 2008.
- 5/2009 Kaskinen, Juha & Saarimaa, Riikka (eds.): Culture as Innovation. The Search for Creative Power in Economies and Societies.
- 4/2009 Heikkilä, Katariina & Kirveenummi, Anna: Vanhusten hoiva ja huolenpito tulevaisuudessa. Näkökulmia Loimaan seudulla järjestetyn tulevaisuusverstaan pohjalta.
- 3/2009 Hietanen, Olli: Kaakkois-Suomen työelämän kehittämiskeskus -hankkeen ennakoiva kokonaisuvaluointi. Loppuraportti.
- 2/2009 Ahvenainen, Marko – Hietanen, Olli & Huhtanen, Heikki: Tulevaisuus paketissa.
- 1/2009 Heinonen, Sirkka: Sosiaalinen media. Avauksia nettiyhteisöjen maailmaan ja vuorovaikutuksen uusiin muotoihin.
- 8/2008 Nurmi, Timo & Hietanen, Olli: LogiCity porttina itään ja länteen.
- 7/2008 Kohl, Johanna (ed.): Dialogues on Sustainable Paths for the Future. Ethics, Welfare and Responsibility.
-

TUTU-eJULKAISUJA 11/2009

Jyrki Luukkanen – Jarmo Vehmas – Anne Karjalainen & Juha Panula-Ontto

ENERGIASKENAARIOITA VUOTEEN 2050

Katsaus energia-alan haasteisiin, mahdollisuuksiin ja vaikutuskeinoihin

ISBN 978-951-564-981-2

ISSN 1797-132

