



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

Loppuraportti

28.1.2015

Tukimekanismeja ja tavoitekonflikteja Euroopan nykyisillä sähkömarkkinoilla

Uusiutuva energiapolitiikka

Satu Viljainen ja Kalevi Kyläheiko

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT Scientific and Expertise Publications

Raportit ja selvitykset - Reports (48)

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems

LUT Scientific and Expertise Publications
Raportit ja selvitykset - Reports (48)

(Viljainen, Satu, Kyläheiko, Kalevi)

*(Tukimekanismeja ja tavoitekonflikteja Euroopan nykyisillä sähkömarkkinoilla
Uusiutuva energiapolitiikka)*

ISBN 978-952-265-748-0 (PDF)

ISSN-L 2243-3384

ISSN 2243-3384

© Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Sitra ja tekijät

Lappeenranta 2015

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	3
Esipuhe	4
Tiivistelmä	5
1 Johdanto.....	6
2 Pohjoismaiset sähkömarkkinat.....	8
2.1 Sähkön hinnanmuodostus	8
2.2 Infrastruktuurin rooli markkinoiden kehityksessä	11
2.3 Infrastruktuuri ja uusiutuva energia	13
3 Päästökauppa, uusiutuva energia ja Euroopan sähkömarkkinaintegraatio.....	16
3.1 Päästökauppa ja sähkön hinta	17
3.2 Kohdennettujen teknologiatukien vaikutukset sähkömarkkinoihin	19
3.3 Tuotannon käytettävyys ja joustavan sähköntuotannon arvo	21
3.4 Tukimekanismien aiheuttamia tavoitekonflikteja	23
4 Tukijärjestelmät talousteorian valossa	25
4.1 Ulkoisvaikutukset tukijärjestelmän perusteluna	26
4.2 Rajusti alenevat raja- ja yksikkökustannukset toimialalla	28
4.3 Vääristynyt kilpailutilanne	28
4.4 Epätäydellisen ja epätasa-arvoisesti jakautuneen informaation ongelma	29
5 Johtopäätökset ja uusiutuvan energiapolitiikan tavoitteet	30
Lähdeluettelo	32

Esipuhe

Uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvaessa sähkön tuotannossa tulisi myös energiapolitiikan uusiutua. Tässä selvityksessä pyritään kuvaamaan nykyisen energiapolitiikan kohtaamia ongelmia, pohjautuen etenkin Saksan energiakäänteestä (Energiewende) saatuihin kokemuksiin.

Pohjoismainen sähkömarkkina-alue tulee jatkossa yhä kiinteämmin integroitumaan osaksi eurooppalaista sähköverkkoa. Sähkön tuotanto, siirto ja jakelu muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden, jonka tehokas toiminta edellyttää yli kansallisvaltioiden rajojen sujuvaa yhteistyötä.

Sähkön hinnoittelu sekä sähköjärjestelmän kehittämiseen annettavat paikalliset tuet eivät saisi kannustaa osaoptimointiin. Päästökaupan pulmat tulisi ratkoa ja hiilidioksidille tulisi saada markkinoita ohjaava hintataso.

Sitran tavoitteena on tällä raportilla taustoittaa sitä, miten Suomessakin voitaisiin jatkossa harjoittaa kannustavaa ja kansantaloudellisesti järkevämpää, uudistuvaa energiapolitiikkaa.

Kiitokset professori Satu Viljaiselle ja professori Kalevi Kyläheikolle selvityksen tekemisestä.

Helsingissä, 23.1.2015

Tiina Kähö
johtava asiantuntija, hiilineutraali teollisuus

Sitra

Tiivistelmä

Eurooppalaisessa energiapolitiikassa päästökauppa ja uusiutuvan energian osuuden lisääminen sähköntuotannossa on nähty keskeisiksi keinoiksi edistää globaalien ilmastotavoitteiden saavuttamista. Käytännön tasolla näiden kahden tavoitteen rinnakkaiset ohjausmekanismit ovat kuitenkin johtaneet konflikteihin, joiden vaikutukset tulevat esiin satunnaisesti vaihtelevan uusiutuvan energian määrän noustessa huomattavan suureksi olemassa olevissa sähköjärjestelmissä, jotka ovat rakentuneet nykyiseen muotoonsa toisenlaisten paradigmojen vallitessa. Erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tähtäävä päästökauppa on jäänyt kansallisten, usein satunnaisesti vaihtelevan aurinko- ja tuulisähkön lisäämiseen tähtäävien kohdennettujen teknologiatukien jalkoihin. Tuloksena on ollut esimerkiksi hiilen kannattavuuden paraneminen sähköntuotannossa suhteessa ilmaston kannalta huomattavasti edullisempaan kaasuun sekä sähkön vähittäishinnan voimakas nousu, joka heikentää kuluttajien ostovoimaa ja eurooppalaisten yritysten kilpailukykyä. Tämän raportin keskeiset havainnot voidaan tiivistää seuraavasti:

1. Päästökauppa on saatava toimivaksi, jotta hintaohjauksen kautta syntyy kannustin kustannustehokkaaseen sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Jos on tarvetta vielä nopeampaan hiilen käytön vähentämiseen, allokatiivisesti parhaimpana keinona on silloin käytettävä koordinoitusti toteutettua hiilverotusta.
2. Investointeja sähkönsiirtoverkkoihin on lisättävä, jotta sähköä voidaan tuottaa siellä, missä se kulloinkin on kustannustehokkainta. Tämä koskee niin uusiutuvaa energiaa kuin perinteistäkin sähköntuotantoa.
3. Markkinahäiriöitä aiheuttavista ja päästövaikutuksiltaan usein haitallisista kansallisista tukijärjestelmistä tulee luopua. Tämä koskee niin perinteisiä kuin uusiutuviakin energiamuotoja.
4. Kaikilta energiamuodoilta tulee jatkossa edellyttää joko tuotantolaitosten joustavaa käyttöä tai vaihtoehtoisesti osallistumista sähköjärjestelmän joustavuuden lisäämisen kustannuksiin.
5. Yhteiseurooppalaisten energiamarkkinoiden, energiaunionin, syntyä tulee edistää, jotta varmistetaan sähköntuotantoon ja jakeluun käytettävien resurssien kohdentuminen sinne, missä se on kokonaistaloudellisesti tehokkainta eli toteuttaa parhaiten taloudellisuuden ja vähäpäästöisyyden idean.
6. Tukijärjestelmiä voidaan tarvittaessa käyttää teknologioiden ja innovaatioiden saamiseen markkinoille, mutta tällöin niiden on oltava kestoaltaan lyhytaikaisia. Investointien arvioinneissa ja rahoitusjärjestelmissä on otettava nykyistä monipuolisemmin huomioon ilmaston ja päästöihin liittyviä kustannus-hyöty -aspekteja.
7. Tarvitaan monipuolisempi analyysikehikko, jonka avulla eri sähköntuotantomuotojen kustannuksia ja hyötyjä vertaillaan keskenään. Tämän avulla voidaan kattavasti tunnistaa sellaisen säätökykyisen joustavan sähköntuotannon arvo, jolla on keskeinen rooli huolehdittaessa energian saannin varmuudesta ja energijärjestelmän luotettavasta toiminnasta.

1 Johdanto

Energiapolitiikassa eletään haastavia aikoja. Sähkötarkkinoilla esimerkiksi pohditaan parhaillaan kiivaasti sitä, kenen oikeastaan tulisi loppujen lopuksi tuottaa sähköä ja millä tavoin. Osa visionääreistä julistaa keskitetyn sähköjärjestelmän suurine voimalaitoksineen historialliseksi jäänteeksi ja vannoo tuulivoiman ja kotitalouksien itsensä tuottaman aurinkosähkön nimeen. Osa puolestaan näkee ydinvoiman ainoana realistisena vaihtoehtona fossiilisille polttoaineille sähköntuotannossa. Kolmas joukko uskoo fossiilisten polttoaineiden käytön olevan mahdollista jatkossakin, kunhan vain estetään hiilidioksidin pääsy ilmakehään. Neljäs haluaa lisätä bioenergian käyttöä. Viides toivoo hiilidioksidipäästöjen vähentämistä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Kuudes ei näe tarvetta muutoksille ja seitsemättä puolestaan ei voisi sähköntuotannon tulevaisuus vähempää kiinnostaa. Tosiasia kuitenkin on, että elämme muutoksen keskellä ja muutos tulee koskettamaan meitä kaikkia – jos ei muuten, niin viimeistään sähkölaskun kautta.

Euroopassa uusiutuvan energian lisäämistarvetta on 1970-luvun alun öljykriisin jälkeen perusteltu monin eri argumentein. Aluksi tavoitteena oli lisätä kotimaisten energialähteiden osuutta energian loppukulutuksesta öljyn tuontiriippuvuuden vähentämiseksi. Myöhemmin uusiutuvan energian lisäämistä perusteltiin varautumisella niukkuuteen fossiilisissa polttoaineissa. 1990-luvulla uusiutuva energia kytkettiin puolestaan ilmastonmuutoksen torjuntaan, ja 2000-luvulla uusiutuvien energian tukia on alettu perustella myös niin sanottujen ”vihreiden työpaikkojen” luonnilla. Ympyrä sulkeutui vuoden 2014 keväällä, kun Ukrainan kriisin yhteydessä uusiutuvan energian tukien tarpeellisuutta perusteltiin jälleen tuontiriippuvuuden vähentämisellä.

Sähkölle on ominaista, että sitä on tuotettava juuri samalla hetkellä kuin sitä kulutetaankin. Sähkön markkinahinta vaihtelee voimakkaasti sen mukaan, mikä on hetkellinen kysyntätilanne ja miten sähköä juuri silloin tuotetaan. Nykytekniikalla sähköä ei voi kannattavasti varastoida laajassa mittakaavassa. Erilaiset sähkön varastointitekniikat, mukaan lukien akkutekniikka, ovat kiivaan tutkimuksen kohteena. Vielä ei kuitenkaan ole näköpiirissä, että sähköjärjestelmän suunnittelussa voitaisiin oleellisesti höllentää vaatimusta, jonka mukaan tuotantokapasiteettia on joka hetki oltava saatavilla suunnilleen se määrä, joka tarvitaan kysynnän tyydyttämiseen. Säästä riippuva aurinko- ja tuulisähkö eivät

tätä vaatimusta täytä, mistä seuraa, että ne vaativat rinnalleen suunnilleen saman määrän nopeasti käynnistyvää, varmasti saatavilla olevaa voimalaitoskapasiteettia. Varavoimaksi soveltuvat erityisesti kaasu- ja hiilivoimalaitokset sekä sellainen vesivoima, johon liittyy veden varastointimahdollisuus.

Toinen sähkön erityispiirre on, että kaikilla sähkönkäyttäjillä on fyysinen liityntä sähköverkkoon. Sähköverkot ovat oleellinen osa yhteiskunnan kovaa infrastruktuuria, joka tyypillisesti rakennetaan kestäväksi vuosikymmeniä. Sähkön tuotantorakenteen muutos asettaa haasteita kuitenkin myös olemassa oleville sähköverkoille. Tulevaisuudessa sähköä ei ehkä enää tuotetakaan nykyisessä mittakaavassa, keskitetyissä suurissa voimalaitoksissa vaan yhä enenevässä määrin hajautetusti, lähellä kulutusta ja kuluttajan toimesta.

Nykyinen sähköjärjestelmämme on suunniteltu olettaen, että voimalaitosten tarvitsema primäärienergia voidaan varastoida tiiviissä muodossa. Tämä pätee niin kivihilleen, maakaasuun, uraaniin kuin biopolttoaineisiin. Myös vesialtaissa energia on varastoitunut tiiviissä muodossa. Vesivoiman kohdalla luonto hoitaa energian keräämisen purojen ja jokien kautta. Auringon säteilyenergia ja tuulen liike-energia sen sijaan ovat levittäytyneet laajalle, ja tämän energian kerääminen edellyttää sekä uusien verkkojen rakentamista että olemassa olevien verkkojen uusimista. Esimerkiksi Saksassa on arvioitu, että energiakäänteen (Energiewende) edellyttämän pääosin, Pohjois-Saksaan sijoittuvan lisätuulivoimakapasiteetin tehokas hyödyntäminen Etelä-Saksan teollisuuden ja kuluttajien tarpeisiin edellyttää seuraavan kymmenen vuoden aikana yli 40 mrd. euron lisäinvestointeja siirtoverkkoihin (Poser et al., 2014, 5¹). Nämä kaikki tulevat lopulta sähkön loppukäyttäjien maksettaviksi.

Satunnaisesti vaihtelevan sähköntuotannon huomattava lisäys vaikuttaa sekä sähkömarkkinoiden että sähköjärjestelmän toimintaan, lisäten sen epävakautta ja ennustamattomuutta. Tässä raportissa käydään läpi sitä, millaisia vaikutuksia (erityisesti markkinahäiriöitä) syntyy varsinkin silloin, kun tuotantorakenteen muutos on seurausta voimakkaasta tukipolitiikasta.

¹ Poser, Altman, ab Egg, Granata, Board (2014), *Development and Integration of Renewable Energy: Lessons Learned from Germany*, Finadvice, FAA Financial Advisory AG, Switzerland, July 2014.

2 Pohjoismaiset sähkömarkkinat

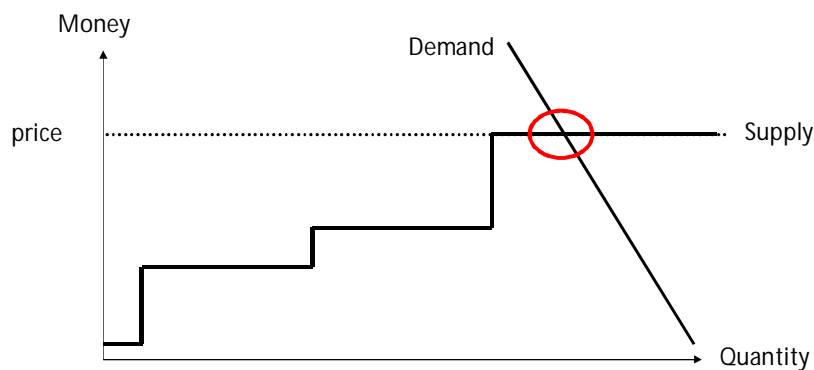
Pohjoismainen yhteistyö sähköhuollon järjestämisessä juontaa juurensa 1960-luvulle. Alkusysäyksen yhteistyölle antoi sähköntuotantorakenteiden erilaisuus Suomessa ja Tanskassa verrattuna Ruotsiin ja Norjaan, mikä mahdollisti resurssien käytön tehostamisen yhteistyöllä. Ruotsissa ja Norjassa on runsaasti vesivoimaa, jonka määrä vaihtelee huomattavasti vuodesta toiseen, sateisuudesta riippuen. Sateisina vuosina sähköä on usein yli oman tarpeen, kun taas kuivina vuosina energiasta voi olla niukkuutta. Suomessa ja Tanskassa sähköntuotanto perustuu valtaosin polttoaineiden polttamiseen voimalaitoksissa, minkä rinnalla Suomessa on erityisesti vesivoimaa ja Tanskassa tuulivoimaa. Hyvinä vesivuosina Suomi ja Tanska saavat edullista, vesivoimalla tuotettua sähköä Ruotsista ja Norjasta, kun taas vesitilanteen ollessa niukka lämpövoimalla tuotettua sähköä viedään naapurimaihin. Nykyisen muotonsa pohjoismaiset sähkömarkkinat saivat 1990-puolivälin tienoilla, kun markkinoita eri maissa alettiin vapauttaa kilpailulle. Tänä päivänä sähkön tukkukauppa Pohjoismaissa on pitkälti keskittynyt Oslossa toimivaan yhteispohjoismaiseen sähköpörssiin².

2.1 Sähkön hinnanmuodostus

Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla sähköpörssillä on keskeinen rooli sähkön tukkumarkkinoiden hinnanmuodostuksessa. Sähkön tuottajat sekä suuret sähkökäyttäjät ja sähkön vähittäismyyjät jättävät päivittäin tarjouksensa sähköpörssiin. Tarjoukset pitävät sisällään sekä tarjottavan tai tarvittavan sähkön määrän että hinnan, jolla transaktio ollaan valmiita toteuttamaan. Tuottajien kohdalla tarjoushinta kuvastaa sitä, mihin hintaan sähköä ollaan valmiita myymään ja ostajien kohdalla sitä, mihin hintaa sähköä ollaan valmiita ostamaan. Tarjoukset jätetään kerran vuorokaudessa koskien kaikkia seuraavan vuorokauden tunteja. Kaupankäynti toteutetaan suljettuna huutokauppana eli markkinatoimijat eivät näe toistensa tarjouksia. Kaupankäynnin sulkeuduttua myyntitarjoukset yhdistetään yhdeksi tarjouskäyräksi ja ostotarjoukset yhdeksi kysyntäkäyräksi. Kaupankäyntikerroksen jälkeen sähköpörssi julkaisee seuraavan vuorokauden kaikille tunneille sähkön tukkumarkkinahinnat,

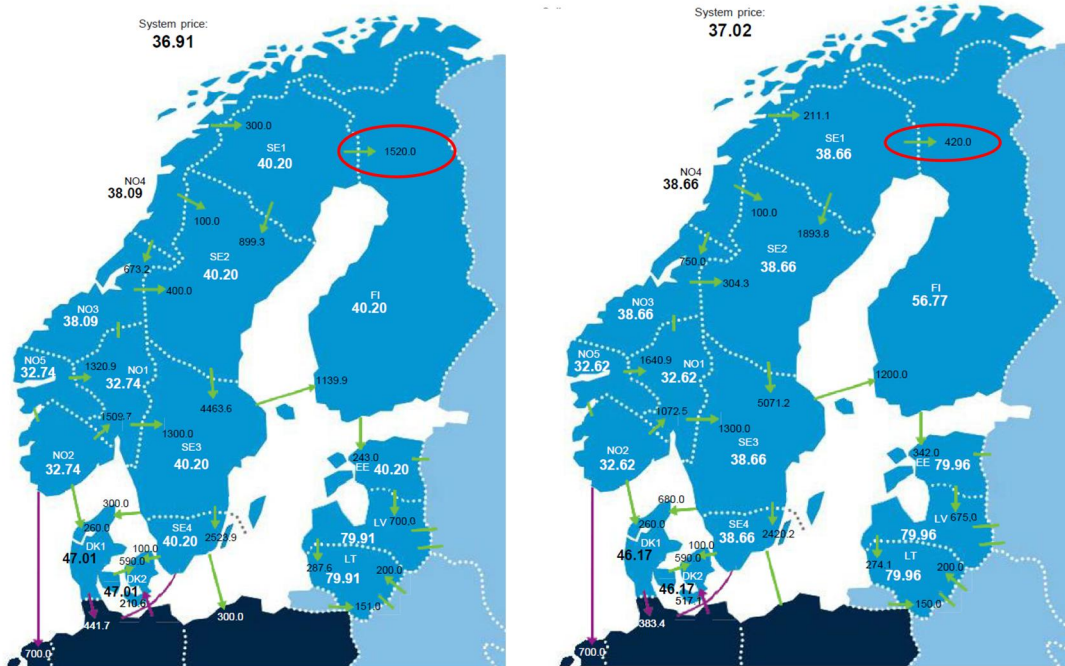
² <http://www.nordpoolspot.com/>

jotka jokaisen tarkasteltavan tunnin kohdalla saadaan kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteessä kuvan 1 mukaisesti. Seuraavan vuorokauden aikana sähköä tuottavat ne toimijat, joiden tarjoushinta oli enintään markkinahinnan suuruinen. Ostajat puolestaan saavat sähköä, jos tarjoukseen merkitty hinta, jolla sähköä ollaan valmiita ostamaan, on vähintään yhtä suuri kuin markkinahinta.



Kuva 1. Sähkön markkinahinnan muodostuminen.

Ideaalitilanteessa markkinoiden määräämä tuotantolaitosten ajojärjestys koko Pohjoismaiden alueella voidaan toteuttaa sellaisenaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että jos Pohjois-Ruotsissa on tarjolla edullista vesivoimaa ja Suomessa on sille kysyntää, niin Suomeen voidaan siirtää Ruotsista täsmälleen kysyntää vastaava määrä sähköä. Aina näin ei kuitenkaan ole, sillä maiden välisten sähkönsiirtojohtojen kapasiteetti on rajallinen. Tilanteessa, jossa toiveissa oleva siirrettävän sähkön määrä ylittää käytettävissä olevan siirtokapasiteetin määrän, Pohjoismaiset sähkömarkkinat jakautuvat pienempiin hinta-alueisiin. Tällöin esimerkiksi Suomi muodostaa oman hinta-alueensa ja sähkön tukkumarkkinahinta Suomen hinta-alueella eriytyy Pohjoismaisesta ideaalitilanteen hinnasta. Kuvassa 2 on havainnollistettu sähkön siirtokapasiteettirajoitteen merkitystä hinta-alueisiin jakautumisessa. Fyysiset sähkökaupat alueiden sisällä selvitetään aina aluehintaa vastaan.



Kuva 2. Siirretyn sähkön määrä ja aluehinnat Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla 9.9.2014 (vasemmanpuoleinen kuva) ja 10.9.2014 (oikeanpuoleinen kuva) klo 10–11 Suomen aikaa. Molemmissa kuvissa on ympyröitynä Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Suomen välinen siirtoteho (megawattituntia tunnissa) tarkasteltavana ajankohtana. Vasemmanpuoleisessa kuvassa Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Suomen välinen siirto on lähellä maksimiarvoaan ja aluehinnat Suomessa ja Ruotsissa ovat samat. Oikeanpuoleisessa kuvassa siirtotehoa on käytössä vajaa kolmannes maksimiarvosta ja Suomen aluehinta on huomattavasti Ruotsin aluehintoja korkeampi. (Data: Nord Pool Spot)

Pohjoismaisessa sähköpörssissä hinta-alueisiin jakautuminen tehdään implisiittisen huutokaupan periaatteiden mukaisesti pörssikaupan hintalaskennan yhteydessä. Tämä tarkoittaa sitä, että pörssi tarkistaa automaattisesti alueiden välisten siirtoyhteyksien riittävyyden ja niukkuustilanteessa alueiden välillä siirretään aina suurin mahdollinen määrä sähköä. Implisiittisessä huutokaupassa alueiden välinen siirtokapasiteetti on kokonaisuudessaan markkinoiden käytössä (eli yksittäiset markkinatoimijat eivät voi varata itselleen etukäteen osuutta maiden välisestä siirtokapasiteetista) ja sähkö siirtyy aina oikeaan suuntaan halvemmalla alueelta kalliimmalle. Halvemmalla alueella vienti nostaa sähkön hintaa ja kalliimmalla alueella tuonti laskee sitä. Suomen kannalta tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kuvan 2 oikeanpuoleisessa tilanteessa Suomen aluehinta olisi ollut vielä korkeampi ilman sähkön tuontia Ruotsista. Hintariskeiltä suojautumiseen sähkömarkkinatoimijoilla on käytettävissään finanssituotteita, jotka selvitetään sähköpörssin systeemihintaa (eli

ideaalisen ruuhkattoman tilanteen hintaa) vastaan. Myös aluehintaeroilta suojaavia finanssituotteita on olemassa, mutta Suomen kohdalla niiden markkinat ovat ohuet.

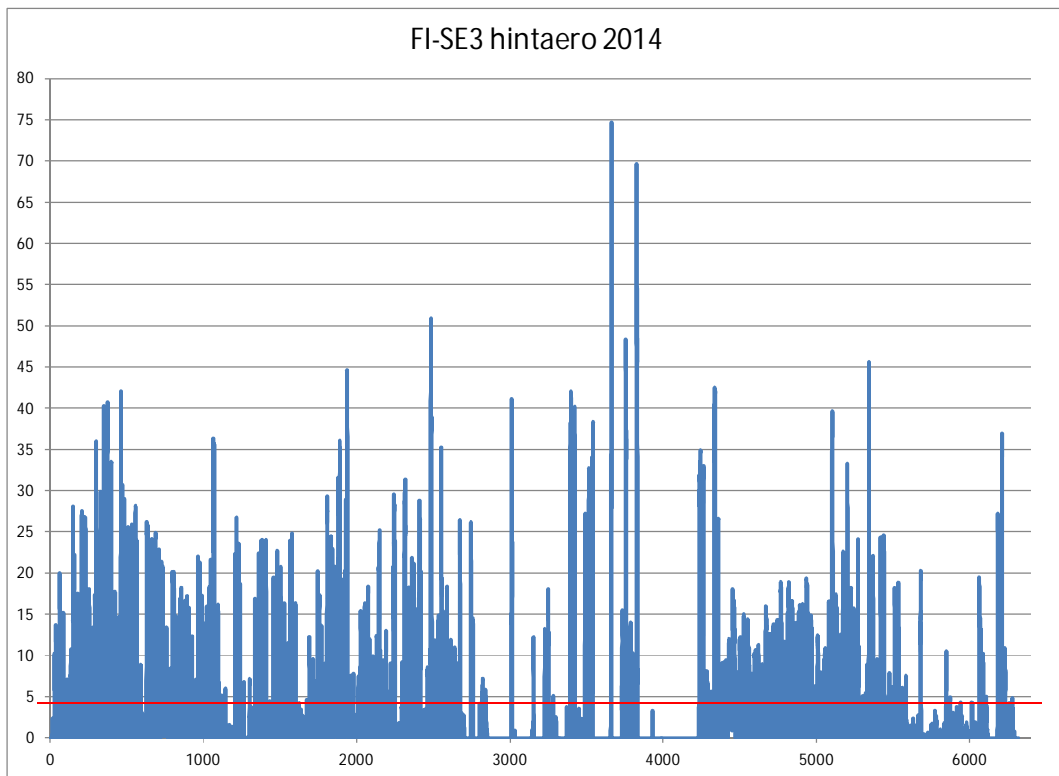
2.2 Infrastruktuurin rooli markkinoiden kehityksessä

Sähkön fyysisestä siirrosta Pohjoismaiden välillä vastaavat kansalliset kantaverkkoyhtiöt. Kantaverkkoyhtiöt myös toimittavat sähköpörssiin tiedon markkinoiden käytettävissä olevista rajasiirtokapasiteeteista muutamaa tuntia ennen kaupankäyntiajan umpeutumista. Jos rajan eri puolilla olevien kantaverkkoyhtiöiden arviot siirtoyhteyden käytettävyydestä vaihtelevat, käytetään matalampaa arviota. Markkinatoimijoiden sähköpörssiin asettamat tarjoukset on sidottu ennalta määrättyihin tarjousalueisiin, joille siirtoyhteyksien ruuhkautuessa muodostetaan omat aluehinnat.

Viimeisten viidentoista vuoden aikana Pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt ovat yhteistyössä kehittäneet sekä maiden sisäisiä että niiden välisiä siirtoyhteyksiä sähkömarkkinoiden toimivuuden parantamiseksi. Ruuhkaisuutta kuitenkin edelleen esiintyy, eikä kokonaan ruuhkattomaan siirtoverkkoon useinkaan ole edes tarkoituksenmukaista pyrkiä, koska silloin siirtokapasiteettiin olisi todennäköisesti reippaasti yli-investoitu. Kysymykseen siirtokapasiteetin oikeasta määrästä ei kuitenkaan ole yksiselitteistä vastausta. Yhtenä indikaationa rakenteellisesta pullonkaulasta kantaverkkoyhtiöt ovat aikaisemmin pitäneet tilannetta, jossa siirtoyhteys on ruuhkautunut yli 30 prosenttia ajasta, eikä kyseessä ole ohimenevä ilmiö. Investoinnit ovat ainoa keino rakenteellisen pullonkaulan poistamiseen. Suomen ja Ruotsin välillä siirtoyhteydet ovat viime vuosina olleet ruuhkaisia ja ajoittain on nähty hyvinkin suuria sähkön aluehintaeroja maiden välillä.

Kuvassa 3 on esitetty Suomen ja Ruotsin väliset hintaerot vuoden 2014 alusta syyskuun 20 päivään saakka. Keskimäärin hintaero on ollut 4,2 euroa megawattitunnilta siten, että hintaerotunteina Suomen hinta on aina ollut Ruotsin hintaa korkeampi. Tavallisesti siirtoyhteyden tulkitaan olevan ruuhkautunut, kun viereisten alueiden hintaero ylittää 2,0 euroa megawattitunnilta. Vuoden 2014 aikana Suomen ja Ruotsin välinen hintaero on ylittänyt tämän rajan noin 40 prosenttia ajasta. Vertailussa Ruotsin hintana on käytetty SE3-alueen (eli Tukholman alueen) hintaa, joka usein kuvastaa hyvin koko Ruotsin keskimääräistä hintaa. Korkeimmillaan hintaero Suomen ja Ruotsin välillä oli 2.6.2014 kello 12-13 Suomen

aikaa, jolloin Suomen aluehinta oli 120,9 euroa megawattitunnilta ja Ruotsissa sähkö maksoi samanaikaisesti 46,53 euroa megawattitunnilta.



Kuva 3. Sähkön hintaerot Suomen ja Ruotsin aikavälillä 1.1.2014–20.9.2014. Keskimäärin hintaero on ollut 4,2 euroa megawattitunnilta (punainen viiva kuvassa). Vertailussa Ruotsin hintana on käytetty SE3-alueen (eli Tukholman alueen) hintaa, joka usein kuvastaa hyvin koko Ruotsin keskimääräistä hintaa. (Data: Nord Pool Spot)

Kuvassa 3 esitetyt erot Suomen ja Ruotsin aluehinnoissa johtuvat sähkön tuotantorakenteiden erilaisuudesta. Aluehintatilanteisiin ajaututaan, kun fyysinen sähkönsiirtokapasiteetti ei kykene vastaamaan kaupalliseen sähkönsiirtotarpeeseen. Suomen aluehinta poikkeaa ylöspäin Ruotsin aluehinnasta silloin, kun Suomessa olisi ollut tarvetta suuremmalle sähkön tuonnille, kuin mikä fyysisesti pystytään siirtämään. Tällöin puuttuva tuonti korvautuu Suomessa usein fossiilisiin polttoaineisiin perustuvalla sähköntuotannolla, joka on muuttuvilta kustannuksiltaan kalliimpaa kuin Ruotsissa määrävässä asemassa olevat vesi- ja ydinvoimantuotanto sekä ajoittainen tuulivoimantuotanto.

Suomen ja Ruotsin kantaverkkoyhtiöiden pitkän aikavälin verkostojen kehittämissuunnitelmiin on kirjattu mahdollisuus uuden rajasiirtoyhteyden rakentamisesta

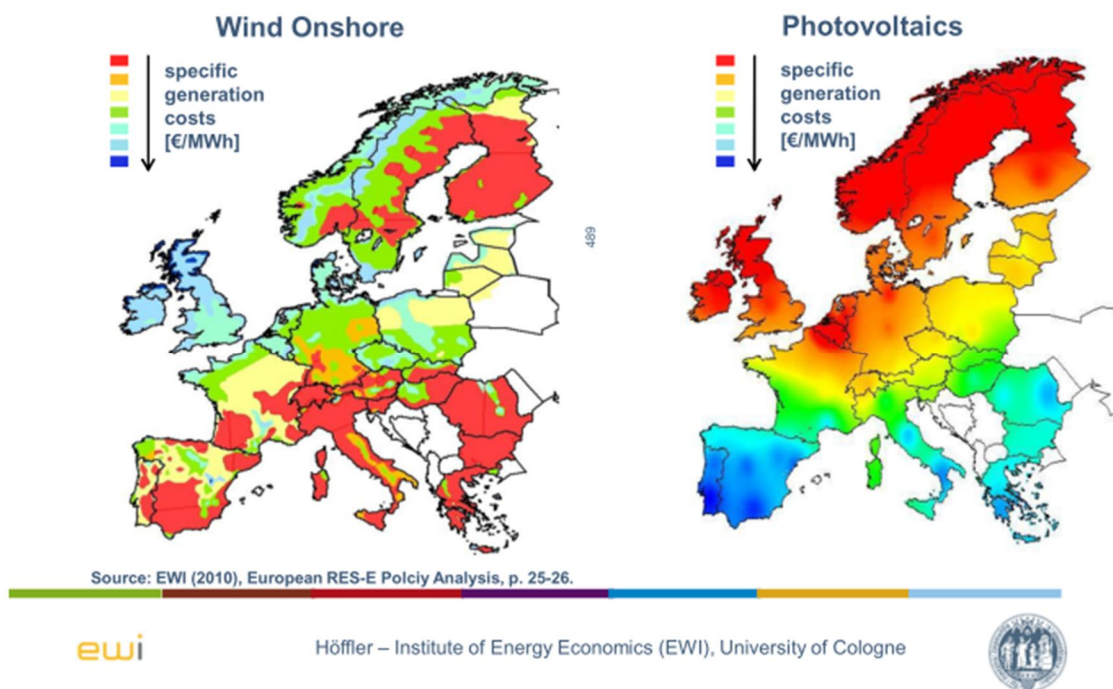
Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin välille. Viime vuosina nähtyjen hinta-alue-erojen valossa kyseinen investointi olisi erityisesti suomalaisten sähkökäyttäjien näkökulmasta mitä kannatettavin hanke.

Sähkönsiirtokapasiteetin riittävyys on tärkeää paitsi alueellisten sähkönhintaerojen tasoittumiseksi myös satunnaisesti vaihtelevan uusiutuvan energian tehokkaan hyödyntämisen näkökulmasta. Riittävä sähkönsiirtokapasiteetti mahdollistaa sen, että sähköä voidaan tuottaa siellä, missä se kulloinkin on edullisinta. Suuren kokoluokan vesivoimaa lukuun ottamatta kaikelle uusiutuvalla energialle on ominaista sen sijoittuminen maantieteellisesti hajallaan oleville laajoille alueille, mikä asettaa omat haasteensa sen hyödyntämiselle. Bioenergiaa ei esimerkiksi kannata kuljettaa pitkiä matkoja ja tuulivoiman tuotanto riippuu voimakkaasti tuuliolosuhteista. Investoinnit siirtoverkkoon puolestaan luovat optioita tuotannon sijoituksessa sinne, missä tuotannontekijät ovat edullisimmin saatavilla.

Sähkönsiirtoverkon ruuhkautuminen pakottaa poikkeamaan markkinoiden määräämästä sähköntuotantolaitosten optimaalisesta ajojärjestyksestä. Tilapäisesti siirtoverkon ruuhkaisuutta voidaan hallita antamalla hintojen eriytyä pullonkaulan molemmin puolin, jos kyseessä on hinta-alerajojen välillä oleva pullonkaula. Hintaerot ovat tällöin paitsi signaali siitä, että siirtoverkkokapasiteettia tarvitaan lisää, niin toisaalta myös siitä, mihin uuden tuotannon kannattaa sijoittua. Jos pullonkaula on hinta-alueen sisällä, sen poistaminen tilapäisesti onnistuu kantaverkkoyhtiön käymän vastakaupan avulla, jossa myös poiketaan markkinoiden määräämästä tuotannon ajojärjestyksestä. Vastakaupassa kantaverkkoyhtiö pyytää pullonkaulan halvemmalla puolella olevaa tuotantolaitosta vähentämään ja kalliimmalla puolella olevaa laitosta vähentämään tuotantoaan. Vastakaupasta markkinatoimijoille aiheutuvat kustannukset näkyvät verkkomaksuissa. Pitkällä aikavälillä siirtoverkon pullonkaulat voidaan poistaa ainoastaan investoimalla. Ajoittainen ruuhkautuminen on kuitenkin yleensä hyväksyttävää, jotta vältyttäisiin huomattavan ylikapasiteetin rakentamiselta.

2.3 Infrastrukturi ja uusiutuva energia

Uusiutuvan sähköntuotannon on sijoitettava sinne, missä primäärienergiaa on parhaiten saatavilla (mm. hyvät tuuliolosuhteet, riittävä säteily määrä, bioenergian saatavuus). Euroopan unionin eri alueiden välillä on luontainen tarve tasoittaa ajallisia ja alueellisia vaihteluita uusiutuvan energian tuotannossa, jotta päästään mahdollisimman kustannustehokkaaseen ja ilmaston kannalta edulliseen lopputulokseen. Kuvassa 4 on havainnollistettu tuuli- ja aurinkosähkön yksikkökustannusten riippuvuutta sijainnista Euroopan eri alueilla. Punaisella merkityillä alueilla tuuli- ja aurinkosähkön tuotantokustannukset tuotettua energiayksikköä kohti ovat korkeimmat ja laskevat mentäessä kohti vihreitä ja sinisiä alueita. Parhaat tuotanto-olosuhteet löytyvät sinisiltä alueilta.



Kuva 4. Tuuli- ja aurinkosähkön yksikkökustannukset riippuvat sijainnista. Punaiset alueet ovat tuotanto-olosuhteiltaan heikoimpia, siniset parhaita ja vihreät siltä väliltä. (Lähde: Prof. Felix Höffler, Institute of Energy Economics (EWI), University of Cologne)

Uusiutuvan energian hyödyntämiseksi Euroopassa tarvitaan siis sekä vahvoja valtioiden välisiä että sisäisiä sähkösiirtoverkkoja ja eurooppalaisia sähkön sisämarkkinoita eli energiaunionia. Poliittisella tasolla siirtoverkkoinvestointeihin kannustaminen ja sisämarkkinoiden pelisääntöjen luominen ovatkin vahvasti Euroopan energiapolitiikan

keskiössä³. Käytännön toimia tarkasteltaessa siirtoverkkoinvestointien vähyys on kuitenkin herättänyt huolta, sillä Euroopan tasolla jopa 40 prosenttia suunnitelluista siirtoverkkoinvestoinneista on alkuperäisestä aikataulustaan myöhässä tai peruttu⁴. Lisäksi kansallisesti eriytetyt uusiutuvan energian tukimekanismit ovat muodostumassa esteeksi välttämättömälle sähkömarkkinaintegraation syventämiselle, jonka avulla varmistetaan olemassa olevien siirtoyhteyksien tehokas käyttö. Sähkön rajakauppa häiriintyy tai pahimmillaan jopa keskeytyy, kun ohjenuoraksi tulee tuotantokustannusten minimoinnin sijasta tukien maksimointi. Pitkällä aikavälillä tukimekanismit puolestaan vaikuttavat investointien määrään, kohdentumiseen ja alueelliseen sijoittumiseen.

³ Regulation 714/2009 ja Regulation 347/2013

⁴ Ks. esim. Euroopan siirtoverkko-operaattoreiden yhteistyöjärjestö ENTSO-E:n siirtoverkkojen kehittämisen kymmenvuotissuunnitelma vuodelta 2012 (ENTSO-E TYNDP 2012, Ten Year Network Development Plan)

3 Päästökauppa, uusiutuva energia ja Euroopan sähkömarkkinaintegraatio

Euroopan unionin energiapolitiikan tavoitteena on 1990-luvulta lähtien ollut tuottaa energiaa *tehokkaasti, ympäristöystävällisesti, loppukäyttäjälle kohtuullisella hinnalla sekä omavaraisuustavoite* mielessä pitäen. Merkittävä askel näiden tavoitteiden markkinaehtoisessa koordinoinnissa saavutettiin vuonna 2005, kun Euroopan unionissa aloitettiin *päästökauppa*. Vuonna 2007 päästökauppajärjestelmä sen sijaan koki huomattavan takaiskun, kun Euroopan komissio asetti jäsenvaltioille maakohtaiset uusiutuvan energian tavoitteet. Nämä ovat sittemmin merkittävästi vaikuttaneet markkinaehtoisten keinojen syrjäytymiseen sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Tilalle ovat tulleet määrälliset uusiutuvan energian tavoitteet, joihin vastatakseen jäsenvaltiot ovat ottaneet käyttöön erilaisia kohdennettuja uusiutuvan energian tukimekanismeja (ks. tarkemmin Ollikka 2013). Ne ovat suuresti heikentäneet päästökaupan toimivuutta keskeisenä ohjauskeinona. Kansallisten tukien ongelmaksi on osoittautunut, etteivät ne kohdennu tehokkaasti ympäristön kannalta parhaimpiin teknologioihin ja näyttävät kerran synnyttyään jäävän pitkäkestoisiksi.

Viimeisimmät merkit kuitenkin viittaisivat siihen, että nyt EU:n suuntana olisi jälleen paluu kohti koordinoitumpaa ja integroidumpaa hintaohjausjärjestelmää, missä myös uusiutuvat energiamuodot kilpailisivat muiden energiamuotojen kanssa hintaohjauksen kautta ja poliitikkojen tahto CO₂-päästöjen vähentämisen osalta artikuloituisi pääosin päästökiintiöiden kautta (ks. tarkemmin kappale 3.1). Tämän suuntaisen viestin voi lukea esimerkiksi komission 9.4.2014 hyväksymästä uudesta ohjeistuksesta jäsenvaltioiden käyttämille uusiutumattomien energiamuotojen syöttötariffeille ja vastaaville tukijärjestelmille (ks. Poser et al., 2014, 53). Tavoitteena on päästä tukijärjestelmistä eroon vuoteen 2017 mennessä lukuun ottamatta eräitä siirtymäkausia koskevia lieventäviä säännöksiä.

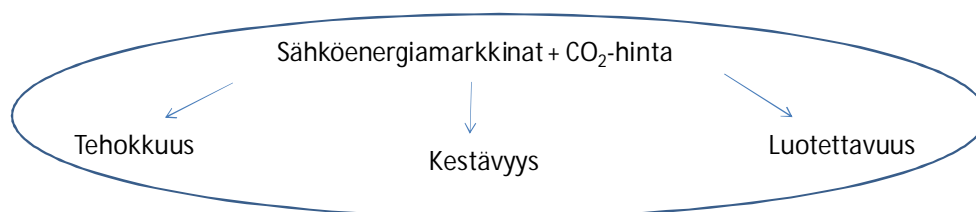
Hintaohjaukseen paluun myötä myös uusiutuvien energiamuotojen osalta yrittäjien innovatiivisuus nousisi keskeiseen asemaan ja teknologisen kehityksen voisi kuvitella nopeutuvan. Mitä tehokkaammin yritys esimerkiksi onnistuu alentamaan hiilidioksidipäästöjään uuden teknologian käyttöönoton myötä, sitä enemmän siltä jää käyttämättä päästöoikeuksia, joiden myynti parantaa sen kannattavuutta suhteessa niihin

tuottajiin, joiden CO₂-päästöt eivät vähene. Näin resurssit kohdentuvat innovatiivisten yritysten suuntaan. Tehokkaasti toimivilla markkinoilla, joilla toimijoilla on käytössään täysi informaatio, haittavero (Pigou-vero) on allokatiivisilta vaikutuksiltaan yhtäläinen kuin päästökauppajärjestelmä. Kannustinvaikutusten erona on kuitenkin se, että veron tuotto jää veron kerääjälle eli valtiolle, kun taas päästökauppajärjestelmässä hyötyjinä ovat innovatiiviset yritykset.

3.1 Päästökauppa ja sähkön hinta

Päästökauppa on teknologianeutraali menetelmä, joka kannustaa mahdollisimman päästöttömän sähköntuotantosektorin kehittymiseen ottamatta kantaa siihen, millä teknologialla sähköä tuotetaan. Päästökaupan periaate on yksinkertainen: hiilidioksidipäästöille määritetään enimmäismäärä ja markkinatoimijat veloitetaan hankkimaan omia päästöjään vastaava määrä päästöoikeuksia.

EU:n päästökauppa pyrki ohjaamaan sähkön tuotantoa ja käyttöä ilmaston kannalta suotuisalla tavalla säilyttäen kuitenkin samalla tehokkuustavoitteen.⁵ Pelkistään voidaan todeta, että kyse on markkinaehtoisesta keinosta ottaa huomioon (internalisoida) keskeiseksi ympäristöongelmaksi koettuihin hiilidioksidipäästöihin liittyvät negatiiviset ulkoisvaikutukset kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Hiilidioksidipäästöjen ulkoisvaikutusten huomioiminen sähköenergian hinnassa.

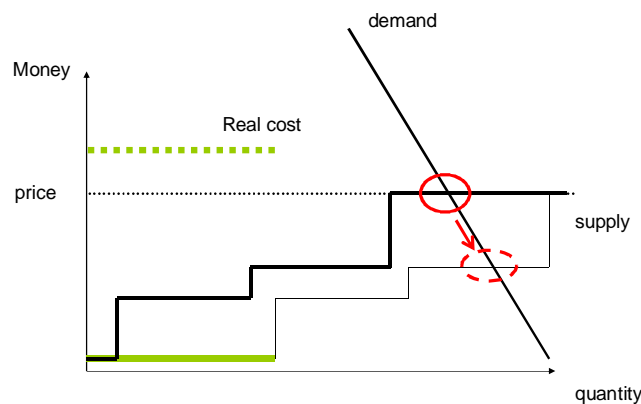
⁵ Toinen asia on, että EU:n päästökauppajärjestelmä ei ole käytännössä toiminut ihanteellisella tavalla, koska esimerkiksi eräät suuret hiilidioksidipäästöjen tuottajat jätettiin kokonaan järjestelmän ulkopuolelle tai kiintiöt asetettiin varsin löysästi riippuen lobbauksen onnistumisesta. Myös päästökaupan rajoittuminen vain EU:n alueelle oli luonnollisesti suuri ongelma globaalia ilmastotavoitetta säädeltäessä. Mallin teoreettista toimivuutta nämä käytännön valuviat eivät kuitenkaan heikennä.

Kytettäessä päästökauppaneکانismi sähkömarkkinoiden hintameکانismiin sähköenergialle muodostuu hinta, joka kannustaa markkinoille tuloon, päästöttömien tuotantomuotojen kehittämiseen sekä resurssien käytön tehokkuuteen. Sähkötuoantosektorilla tämä tarkoittaa fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan sähkötuotannon suhteellisen kannattavuuden laskua. Vastaavasti päästöttömien ei-fossiilisten tuotantomuotojen kannattavuus paranee. Koska fossiiliset tuotantomuodot ovat lisäksi usein rajatuotantomuodon asemassa sähkömarkkinoilla, niiden kohonneet kustannukset nostavat sähkön markkinahintaa, jolloin syntyy kannuste sähkön käytön tehostamiseen ja sitä kautta päästöjen vähentämiseen. Hintameکانismi ohjaa siis sähköjärjestelmän kehitystä siten, että järjestelmälle asetetut tehokkuus-, kestävyys- ja luotettavuuskriteerit täyttyvät mahdollisimman pienin kustannuksin. Päästökaupassa tuotantoteknologioiden valintaan liittyvät päätökset jätetään markkinoimijoille, joilla on jatkuva sisäänrakennettu kannustin innovoida ympäristöystävällisimpiä tuotantotapoja. Tämä kannustaa nopeaan teknologiseen kehitykseen laajalla rintamalla. Omavaraisuustavoitetta tämä malli ei sinällään suoranaisesti tue.

Päästökaupan rinnalle syntyneet avokätiset uusiutuvan energian tukimeکانismit ovat viime vuosina heikentäneet päästökaupan ohjausvaikutuksia. Monissa maissa näillä tukimeکانismeilla on saatu aikaan sähkötuotantorakenteen huomattava muutos (ks. tarkemmin Green & Yatchew, 2012; Ollikka, 2013), mutta päästövähennysten osalta ne eivät valitettavasti ole johtaneet tavoiteltuun lopputulokseen. Esimerkiksi eräänlaisena uusiutuvien tukien koelaboratoriona toimivan Saksan hiilidioksidipäästöt ovat vuodesta 2009 lähtien hitaasta talouskasvusta huolimatta kasvaneet, samalla kun erittäin haitallisen ruskohiilen käyttö on jopa lisääntynyt (ks. Poser et al., 2014, 19; Buchholz et al., 2012). Tukipolitiikan seuraukset sähkön loppukäyttäjille ovat olleet suuret. Saksassa kotitalouksien maksaman sähkön kilowattitunnin hinta on noussut vuoden 2000 tasolta 0,14 €/kWh vuoden 2013 lopun tasolle 0,28 €/kWh. Espanjassa tukijärjestelmä on nostanut sähkön kuluttajahintoja vuodesta 2004 (0,09 €/kWh) vuoden 2013 tasolle 0,29 €/kWh (Poser et al., 2014). Myöskään pien- ja keskisuuri teollisuus ei ole välttynyt suurilta sähkön hinnankorotuksilta, mikä on heikentänyt sen kansainvälistä hintakilpailukykyä merkittävästi.

3.2 Kohdennettujen teknologiatukien vaikutukset sähkömarkkinoihin

Uusiutuvan energian määrällisten tavoitteiden korostuminen suhteessa sähköjärjestelmälle yleisesti määriteltyihin tehokkuus-, kestävyys- ja luotettavuustavoitteisiin on johtanut monenlaisiin tavoitekonflikteihin ja trade-offeihin. Koska tuen piirissä olevien tuottajien tulonmuodostus ei riipu markkinahinnasta vaan tuen suuruudesta, tukiehtoinen sähköntuotanto on tyypillisesti käynnissä aina, kun primäärienergiaa (esim. aurinkoa tai tuulta) on saatavilla. Nollahinnalla markkinoille tuleva tukiehtoinen tuotanto puolestaan siirtää tarjontakäyrää oikealle kuvan 6 osoittamalla tavalla, jolloin sähkön markkinahinta laskee. Markkinaehtoisesti toimiville sähköntuottajille markkinahinnan lasku tukiehtoisen tuotannon markkinoille tulon seurauksena tarkoittaa kannattavuuden heikkenemistä⁶. Sähkökäyttäjille markkinahinnan lasku sen sijaan ei tyypillisesti merkitse edullisempaa sähköä, sillä sähköntuotannon kokonaiskustannukset katetaan käyttäjiltä kerättäviltä erillisillä tukimaksuilla (ts. lisäveroilla). Markkinoiden kokoon nähden pieni määrä tukiehtoista tuotantoa ei vielä oleellisesti häiritse sähkömarkkinoiden toimintaa, mutta tukiehtoisen tuotannon määrän kasvaessa riittävän suureksi markkinat romahtavat.⁷



Kuva 6. Sähkön markkinahinnan erkaantuminen tuotannon reaalikustannuksista sekä tuottajien saamista korvauksista.

⁶ Sähkön tukkuhinta on Saksassa laskenut vuoden 2004 korkeimmasta tasosta (95 €/MWh) vuoden 2007 (60 €/MWh) kautta nykyiselle 38 €/MWh-tasolle, mikä luonnollisesti on ajanut monet konventionaaliset voimalat kannattavuuskriisiin (Poser et al. 2014, 38; ks. myös Buchholz et al., 2012).

⁷ Joskow, P.L. (2011a), Comparing the Costs of Intermittent and Dispatchable Electricity Generating Technologies, *American Economic Review Papers & Proceedings*, 100(3), 238-241; Lesser, J.A., Su, X. (2008), Design of an Economically Efficient Feed-in Tariff Structure for Renewable Energy Development, *Energy Policy*, 36, 981-990; Hirth, L. (2013), The market value of variable renewables – The effect of solar wind power variability on their relative price, *Energy Economics*, 38, 218-236.

Kannattavuuden heikkenemisestä huolimatta varmuudella käytössä olevia tuotantolaitoksia ei voida päästää pois markkinoilta⁸, jos tukiehtoinen tuotanto on pääosin satunnaisesti vaihtelevaa tuotantoa. Nykytilanteessa satunnaisesti vaihteleva tuotanto tarvitseekin siis rinnalleen lähes saman määrän perinteistä sähköntuotantokapasiteettia, joka on aina varmuudella käytettävissä, mutta suuren osan ajasta kuitenkin tarpeetonta. Tämä on johtanut myös perinteisen tuotannon tuen tarpeeseen (ns. kapasiteettimaksut yms.). Pahimmillaan tuloksena on edelleen kallis kaksinkertainen sähköjärjestelmä, jonka päästöt eivät ole vähentyneet, mutta jonka käyttövarmuus on heikentynyt, koska tuotannon satunnaisvaihtelut ovat tehneet järjestelmän tasapainottamisesta entistä hankalampaa.

Lisäkustannuksia aiheutuu myös infrastruktuurin päivittämisestä uutta tuotantorakennetta vastaavaksi. Vaarana on, että tukipolitiikkojen seurauksena kohonneet sähkön hankinnan kustannukset vaikuttavat muiden teollisuudenalojen kansainväliseen hintakilpailukykyyn. Tällä hetkellä näköpiirissä ei ole sellaista uutta teknologiaa, joka oleellisesti muuttaisi tilannetta esimerkiksi varastoinnin suhteen. Käsitksemme mukaan evolutionaarisempi lähestymistapa, jossa koko järjestelmää ei yritetä muuttaa kerralla, voisi tuottaa tuotantorakenteen murroksen rinnalla tehokkaita ratkaisuja myös varastointiongelmaan.⁹

Ilmastotavoitteiden kannalta kohdennetuilla teknologiatuilla ei laajasti tarkasteltuna ole ollut toivotunkaltaista vaikutusta vaan päästöt ovat saattaneet jopa kasvaa hiilen kannattavuuden parantuessa päästöoikeuksien hinnan romahtamisen seurauksena¹⁰. Myöskään uusien ”vihreiden” työpaikkojen synnyn osalta tukipolitiikka ei useinkaan näytä tuottaneen toivottua tulosta. Esimerkiksi Saksassa, jossa energiakäänteen myötä uusiutuvan energian lisäys on ollut nopeinta, nettovaikutus kansantalouden työpaikkoihin on arvioitu nolaksi ja

⁸ Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H.J.M., Groenenberg, H. (2009), Indicators for Energy Security, *Energy Policy*, 37, 2166-2181.

⁹ Mowery, D.C., Nelson, R.R., Martin, B.R. (2012), Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models Are Needed (Or Why Putting New Wine in Old Bottles Won't Work), *Research Policy*, 39, 1011-1023.

¹⁰ Schmalensee, R. (2012), Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy, *Review of Environmental Economics and Policy*, 6, 45-64

hyvinvointivaikutukset negatiivisiksi tuettujen (ja usein myös alhaisen työn tuottavuuden) työpaikkojen korvauksessa markkinaehtoisia työpaikkoja¹¹.

3.3 Tuotannon käytettävyys ja joustavan sähköntuotannon arvo

Satunnaisesti vaihteleva uusiutuva sähköntuotanto ei kaikissa olosuhteissa kykene turvaamaan riittävää tarjontaa, jolloin se tarvitsee rinnalleen käytettävyydeltään varmaa säätö- ja varavoimaa, joka kuitenkin usein on ilmastovaikutuksiltaan haitallista. Käytettävyydeltään ja ilmastovaikutuksiltaan erilaisten tuotantomuotojen keskinäisessä vertailussa ongelmaksi muodostuu, etteivät nykyiset laskentamenetelmät yleensä ota huomioon kattavasti kaikkia eri tuotantomuotoihin liittyviä relevantteja kustannuksia. Tämä vääristää hankkeiden kannattavuusarviointia ja sitä kautta myös yleistä energiapolitiittista keskustelua eri vaihtoehtojen kannattavuudesta.

Perinteisesti sähköntuotannon kustannuksia on laskettu siten, että eri tuotantomuotojen osalta on otettu mukaan energialähteiden hinnan ja laskentakorkokannan lisäksi voimalan rakentamisen aiheuttamat investointikustannukset, käyttökustannukset sekä se, tuotetaanko sähköä kysynnän ollessa korkeimmillaan vai muulloin. Tämän datan pohjalta on laskettu sitten voimalan koko käyttöajan aikana syntyvien kustannusten nettonykyarvo, joka on jaettu sillä energiamäärällä, minkä voimalan odotetaan koko taloudellisena elinaikanaan tuottavan. Tällä yli tuotantoajan tasoitetulla *nettonykyarvolla per kilowattitunti (levelized cost)* on yleensä pyritty mittaamaan eri tuotantomuotojen kannattavuutta ja viimeaikaiset tulokset näyttäisivät osoittavan, että erityisesti aurinkovoima ja tuulivoima ovatkin teknologian kehittymisen myötä muodostumassa nopeasti kilpailukykyisiksi.¹²

¹¹ Vaikka uusiutuvien energiamuotojen tuotannossa työpaikat ovatkin tukiohjelman seurauksena toki voimakkaasti lisääntyneet, on syytä vahvasti epäillä niiden taloudellista tehokkuutta puhumattakaan siitä, että ne ovat syrjäyttäneet muita työpaikkoja. Poser et al. (2014, 24) laskevat, että vuonna 2012 alalla syntyi 380.000 uutta työpaikkaa, samalla kun uusiutuvien energiamuotojen tuet olivat 14 mrd. €. Se tekee 36.800 € tukea per uusi työpaikka, mikä on yli puolet ko. alan bruttotyövoimakustannuksista.

¹² Esimerkiksi saksalaisen Fraunhofer Instituutin (2013) tuore laskelma (euro/megawattitunti) osoittaa, että uusiutuvat energiamuodot alkavat olla tässä valossa melko kilpailukykyisiä estimaattien ollessa seuraavia: ruskohiili 38-53 €/MWh, kivihiili 63-80 €/MWh, CCGT (kaasuturbiinit) 75-98, onshore tuulivoimala 45-107, offshore tuulivoimala 119-194, aurinkovoimalat 78-142 €/MWh ja biokaasu 135-250 €/MWh. Lähde: Fraunhofer 2013, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf>

Johtopäätös kuitenkin muuttuu, jos tarkasteluun otetaan mukaan myös ne kustannukset, jotka syntyvät siitä, että erityyppiset voimalat tuottavat sähköä hyvin erilaisella käyttöasteella. Erityisesti säästä riippuvien tuuli- ja aurinkovoimaloiden käytössä on katkoksia, jotka on katettava muunlaisella säätövoimalla. Asian nosti painokkaasti esiin Yhdysvaltain johtaviin energiataloustutkijoihin kuuluva Paul Joskow artikkelissaan *American Economic Review*issä vuonna 2011¹³. Joskow kutsui perinteisistä laskelmista puuttuvia kustannuksia *keskeytymiskustannuksiksi* (the costs of intermittency) ja totesi, että ne ovat erityisen suuria juuri uusiutuvalle energialle.¹⁴ Joskowiin (2011a; 2011b) malliin nojautuen yhdysvaltalainen ekonomisti Charles Frank (2014) analysoi tuoreessa tutkimuksessaan tarkemmin ko. problematiikkaa (ks. myös *The Economist*, "Sun, wind and drain"-artikkeli, 26.7.2014). Frank otti Joskowiin tavoin perinteisten kustannustekijöiden lisäksi huomioon ne hyödyt, joita eri energiamuodoissa syntyy hiilidioksidipäästöjen vähentymisen kautta verrattuna siihen, että sama määrä sähköä olisi tuotettu hiilellä. Vertaamalla toisiinsa kapasiteetin käyttöasteella korjattuja kustannuksia ja hyötyjä päästään huomattavasti realistisempaan vertailuun eri energiamuotojen suhteellisesta tehokkuudesta, kun tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen minimointi. Esimerkkinä Frank (2014) tarkastelee tapausta, jossa perinteistä hiilivoimalaa tai modernia kaasuturbiinivoimalaa, joiden molempien käyttöasteet ovat 90 %, verrataan tuulivoimalaan, jonka käyttöaste on 25 % tai aurinkovoimalaan, joka on tehollisessa käytössä vain 15-25 % elinajastaan. Vertailussa otetaan huomioon sekä eri voimaloiden kustannukset tuotettua energiaa kohti (esimerkiksi aurinkovoiman ja tuulivoiman kohdalla raaka-ainehinta on nolla verrattuna hiilen/kaasun positiiviseen hintaan) että hyödyt (eli tuulen ja auringon tapauksessa kokonaan syntymättä jäävien tai kaasulla hiileen verrattuna pienentyvien CO₂-päästöjen arvoa). Frank (2014) tuli omissa esimerkkilaskelmissaan siihen tulokseen, että käyttämällä hiilen hintana 50 USD (todellinen hinta Euroopassa on alle 10 USD), kustannus-hyöty -mielessä tehokkain energian tuotantotapa olisi moderni kaasuturbiinivoimala, kun taas tuulivoima olisi toiseksi tehottomin ja aurinkovoima tehottomin.

¹³ Joskow, P.L. Comparing the Costs of Intermittent and Dispatchable Electricity Generating Technologies, *American Economic Review*, 2011, 101, pp. 238-241., alkuperäinen laajempi tutkimus Joskow (2011b), CEPR Working Paper, February 2011

¹⁴ Yhdysvaltain Energiaministeriön tuoreiden laskelmien mukaan tämä kapasiteettitekijä vaihtelee ydin- ja hiilivoimanvoiman sekä kaasuturbiinin 90 %:sta tuulivoimalan 25-30 %:iin puhumattakaan aurinkovoiman 15-25 %:sta, ks. Frank, 2014.

Johtopäätöksenä todettakoon, että arvioitaessa eri tuotantomuotojen kannattavuutta perinteinen yli eliniän laskettu nettonykyarvo per kilowattitunti antaa harhaanjohtavan tuloksen, koska se ei ota huomioon sitä, että eri energiamuotojen tuotannossa on suuria eroja kapasiteetin käyttöasteessa ja sen seurauksena tarvittavissa lisäkapasiteetti-investoinneissa.¹⁵ Euroopassa käynnistynyt keskustelu kapasiteettimaksuista korvauksena säättövoiman ylläpidosta kertoo juuri tästä ongelmasta ja siksi nämä kustannukset olisi otettava tavalla tai toisella mukaan laskelmiin. Yllä olevan tarkastelun perusteella pitäisi mielestämme olla selvää, että kysymys uusiutuvan energian tuista ja niihin kytkeytyvistä kapasiteettimaksuista sekä uusien siirtoverkkojen rakentamisen tarpeesta olisikin ratkaistava käyttämällä huomattavasti monipuolisempaa kustannus-hyöty-analyysikehikkoa.

3.4 Tukimekanismien aiheuttamia tavoitekonflikteja

Pelkistäen voidaan todeta, että päästökaupalle rinnakkaiset, uusiutuvaan energiaan kohdenneet tukimekanismit ovat johtaneet ilmaston kannalta epäsuotuisaan kehitykseen. Lisäksi markkinaehtoiset kannustimet, jotka yrittäjyyden kautta tukisivat energiatuotannon teknologista kehitystä ja kannustaisivat energian säästöön, ovat heikentyneet ja tavoitteeksi asetettu eteneminen kohti yhtenäistä koordinoitua eurooppalaista energiaunionia on jäänyt kansallisten disintegraatiopyrkimysten jalkoihin.

Perusongelmana on, että kansalliset tuet ja EU-tasoiset päästöoikeusmaksut ovat pahasti ristiriidassa keskenään. Mitä enemmän uusiutuvia energiamuotoja kansallisesti tuetaan, sitä enemmän päästöoikeuksia vapautuu ja sitä halvemmiksi päästöoikeudet muodostuvat. Sitä heikommaksi muodostuu luonnollisesti niiden ohjausvaikutus. Näin sinänsä tehokas ja koko EU-aluetta koskeva integroitu ohjausjärjestelmä (päästöoikeusmarkkinat) on asteittain korvautunut heterogeenisillä ja osin mielivaltaisilla (esimerkiksi eri lobbausryhmien vaikutusvaltaa ilmentävillä) kansallisilla tuilla, jotka usein tulevat sekä kuluttajille että pienille ja keskisuurille yrityksille erityisen kalliiksi samalla, kun tuki ei enää kohdistu ympäristön kannalta tehokkaimpiin teknologisiin ratkaisuihin.

¹⁵ Perinteinen laskentamalli ikään kuin implisiittisesti olettaa, että kaikkien vertailtavien energian tuotantotapojen käyttöasteet olisivat yhtäläiset.

Hiilidioksidin käytön minimointiin keskittyvä päästöoikeusmekanismi itsessään on kokonaisvaikutuksiltaan selkein ja neutraalein ohjausmekanismi. Käytäntöön implementoituna tämä sinänsä toimiva mekanismi oli kuitenkin valitettavasti jo alun alkaen puutteellinen, koska päästöoikeuksia ei tehokkaan lobbauksen vuoksi ulotettu koskemaan kaikkea tuotannollista toimintaa ja lisäksi päästöoikeuksia jaettiin varsin paljon, mikä painoi niiden hinnan alas ja johti tavoitteiden toteutumiseen vain osittain. Ongelmaa lisäsi se, että päästöoikeusjärjestelmää ei saatu laajennettua EU:n ulkopuolelle (Yhdysvalloissa New England ja vuoden 2014 alusta Kalifornia käyttävät myös samantyyppistä järjestelmää), mikä luonnollisesti aiheutti vuotoja järjestelmästä. Huolimatta näistä valuvioista ja vajavaisuuksista ko. ohjausmekanismi toimi periaatteessa tehokkaasti tarjoten selkeän työkalun niin taloudellisesti tehokkaalle energiantuotannolle kuin päästöjen minimoinnillekin. Mikäli tavoitteena olisi ollut CO₂-päästöjen rajumpi supistaminen, ko. mekanismi olisi kyennyt sen tehokkaasti tekemään, mikäli poliitikot vain olisivat kiristäneet tavoitteita ja vähentäneet päästöoikeuksien määrää esimerkiksi eri toimialojen erityisvapauksia karsimalla. Yhteenvetona voidaan siis todeta, että päästöoikeusjärjestelmä on koko EU-alueen kattava tehokas väline, jolla olisi samanaikaisesti saavutettavissa niin taloudellisuus- kuin päästöoikeustavoitteetkin, kunhan vain kilpailupolitiikka toimisi tehokkaasti. Se on ollut olemassa jo vuodesta 2005 lähtien.

4 Tukijärjestelmät talousteorian valossa

Taloustieteen näkökulma yritystukien tai käänteisesti haittaverojen/päästöoikeuksien (negatiivisten tukien) käyttöön on pääsääntöisesti kriittinen, koska ne kilpailuolosuhteissa yleensä johtavat tehokkuustappioihin eli tilanteeseen, missä tuesta saatavat hyödyt (kuluttajien saama hintatuki ja/tai yrittäjien voittojen kasvu) jäävät alle maksetun tuen kokonaismäärän. Julkisen vallan interventiota esimerkiksi yrityksiä tukemalla tai haittaverottamalla voidaan siis perustella vain niissä erityistilanteissa, joissa *markkinat epäonnistuvat*. Tällaisissakin tilanteissa markkinoiden epäonnistumisen haitat voivat kuitenkin olla pienempiä kuin tuen/haittaverojen luomat epätäydellisyydet eli tuki-/haittaverojärjestelmää on tarkasteltava tapaus tapaukselta myös silloin, kun markkinat epäonnistuvat.

Kokonaistaloudellisessa tarkastelussa on aina pidettävä mielessä myös tukien/haittaverojen välilliset vaikutukset, jotka voivat aiheuttaa lisävääristymisiä esimerkiksi suuntaamalla resurssien allokaatiota liikaa tuettuihin toimintoihin ja vääristämällä tulonjakoa tuettuja yrityksiä suosivaksi, samalla kun muut kuin tuesta hyötyvät kuluttajat ja yritykset joutuvat kasvaneen verotuksen vuoksi lisätaakan kantajiksi. Kasvanut verorasitus jo sinällään synnyttää hyvinvointitappioita vääristäessään resurssien tehokasta allokaatiota. Edelleen on syytä huomata, että tukien kohtaanto ei läheskään aina ole halutunlainen, vaan esimerkiksi kuluttajille tarkoitettu tuki valuukin yrityksille tai päinvastoin, kysynnän ja tarjonnan joustoista riippuen. Energiamarkkinoiden osalta tärkeää on se havainto, että mitä joustamattomampaa kysyntä on, sitä enemmän tuista hyötyvät tuottajat, vaikka tuki kohdistuisikin nimellisesti kuluttajiin.

Milloin tukia tai käänteisesti haittaveroja siis voidaan talousteoreettisesti perustella eli milloin markkinat epäonnistuvat? (ks. Stigler, 1971; Grossman, 1990; Ilmakunnas, 1994; energiemarkkinoiden osalta, Hepburn, 2006; Borenstein, 2012; Poser et al., 2014; Schmalensee, 2014). Tukia/haittaveroja voidaan teoriassa perustella silloin, kun:

- 1) *Toimialalla esiintyy (a) positiivisia ja/tai (b) negatiivisia ulkoisvaikutuksia.*
- 2) *Toimialalla esiintyy merkittäviä skaalavaikutuksia, jotka voivat synnyttää tehokkaita alalle tulon esteitä rajusti laskevien raja- ja yksikkökustannusten muodossa.*

- 3) *Toimialan kilpailutilanne on vääristynyt, niin että alalla toimii vain yksi tai muutama yritys, jotka kolluusion kautta käyttävät markkinavoimaa kuluttajaa vastaan rajoittaen tuotantoa ja asettaen hinnan rajakustannuksia korkeammalle tasolle saaden useimmiten myös monopolivoittoa.*
- 4) *Toimialalla on merkittävässä määrin esimerkiksi tuotekehityksen riskeihin tai riskirahoitusmarkkinoihin kohdistuvaa epätäydellistä informaatiota, mikä heikentää kannustimia käynnistää uutta yritystoimintaa.*

Luvuissa 4.1–4.4 käymme hieman perusteellisemmin lävitse yllä olevia tukien perustelua sekä niiden roolia Euroopan energiapolitiikassa. Mikäli energiamarkkinoilla kilpailupolitiikka hoidetaan tehokkaasti, korostuu edellä esitelty vaihtoehto (1) eli positiivisten ja negatiivisten ulkoisvaikutusten säätely käyttäen tukia, haittaveroja ja päästömaksuja lisäkeinona pyrittäessä erityisesti alhaisiin päästötavoitteisiin ja sekä kuluttajia että tuottajia hyödyttävään taloudelliseen tehokkuuteen.

4.1 Ulkoisvaikutukset tukijärjestelmän perusteluna

Selkeimmät perustelut yritystukien/haittaverojen käytölle löytyvät silloin, kun alalla on ns. *ulkoisvaikutuksia* eli sellaisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat tuottajan ja kuluttajan lisäksi kolmanteen osapuoleen. Paras esimerkki *positiivisista ulkoisvaikutuksista* on sellaisen uuden tiedon tuottaminen, jonka hyödyntäminen ei rajoitu vain kyseistä tietoa tuottavaan yritykseen, vaan jota voivat käyttää myös muut yritykset. Parhaimmassa tapauksessa tiedosta hyötyy koko yhteiskunta (vrt. uusi alkuperäislääke tai CO₂-päästöjä dramaattisesti vähentävä teknologia tai mullistava energian varastointiteknologia). Tällaisessa tilanteessa taloudellisen toiminnan yhteiskunnalliset rajatuotot (YRT) ylittävät toiminnan liiketaloudelliset rajatuotot (LRT) ja vapaasti toimiva markkinatalous epäonnistuu uuden tiedon riittävässä tuotannossa. Kyseiseen toimintaan käytetään siis liian vähän yhteiskunnan niukkoja resursseja tai pahimmassa tapauksessa uusi tieto ja siihen liittyvät positiiviset ulkoisvaikutukset jäävät kokonaan syntymättä. Ratkaisuna on epäyhtälön $YRT > LRT$ muuttaminen optimaaliseen muotoon $YRT = LRT + \Delta$, missä Δ = positiiviset ulkoisvaikutukset synnyttävä tuki, joka voi olla luonteeltaan esim. tutkimus- ja

tuotekehitysavustus, verohelpotus tai hintatakuu tuottajalle (vrt. syöttötariffit tuulivoimalle). Tuen ansiosta yritystoiminta tulee kannattavammaksi ja alalle kohdentuu lisäresursseja.

Ongelmalliseksi asian tekee se, että positiivisten ulkoisvaikutusten erottaminen vain yhteen yritykseen rajoittuvasta kilpailuedusta on usein hyvin hankalaa ja vaarana onkin, että veronmaksajien rahoja käytetään yrityksen omaan tutkimus- ja tuotekehitykseen. Talousteorian mukaan selvää on, että tuotannollista toimintaa ei sinällään tule veronmaksajien rahoilla tukea, ellei aitoja positiivisia ulkoisvaikutuksia löydy. Tästä näkökulmasta pitäisi myös olla selvää, että pelkkä positiivinen työllisyysvaikutus ei voi koskaan olla legitiimi perustelu yritystuella, vaikka sitä esimerkiksi uusiutuvien energiamuotojen tukien kohdalla yhtenä perusteluna esitetäänkin. Tärkeää on myös huolehtia siitä, että tuki kohdistuu aina vain aidosti uutta tietoa ja käytänteitä synnyttävään toimintaan eikä millekään alalle jää historiallisia tuettuja jäänteitä, jotka eivät enää synnytä positiivisia ulkoisvaikutuksia. Yritystukien tulee siis olla luonteeltaan määräaikaista ja uusinta mahdollista tietoa epävarmuuden oloissa generoivaa. Niistä pitää pystyä luopumaan heti, kun ne eivät enää täytä positiivisen ulkoisvaikutuksen tunnusmerkkejä.

Negatiivisten ulkoisvaikutusten osalta kyseessä on tilanne, missä tuotannollisesta toiminnasta syntyvät yhteiskunnalliset rajakustannukset (YRK) ylittävät liiketaloudelliset rajakustannukset (LRK) esimerkiksi siksi, että yritystoiminnan haitalliset ympäristövaikutukset jäävät muun kuin saastuttavan yrityksen kannettavaksi. Tällaisessa tilanteessa aiheuttajaperiaate ei toteudu ja tuotteen hinta jää liian alhaiseksi, sitä tuotetaan liian paljon ja alalle käytetään liikaa niukkoja resursseja yritysten saadessa usein vielä ekstravoittoja haitallisesta toiminnasta. Aivan samoin kuin positiivisten ulkoisvaikutustenkin tapauksessa, ratkaisu löytyy nytkin muuttamalla epäoptimaalisen tuotannon synnyttävä epäyhtälö $YRK > LRK$ muotoon $YRK = LRK + \Delta$. Tässä tilanteessa Δ merkitsee joko tuotteelle asetettavaa haittaveroa tai esimerkiksi päästöoikeuksien huutokauppaan perustuvaa lisäkustannusta, jonka haitallista toimintaa (esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä synnyttävää tuotantoa) toteuttava yritys joutuu maksamaan. Tärkeää on ymmärtää myös se, että Δ :n suuruus määräytyy sen mukaan, kuinka suureksi poliittinen järjestelmä negatiiviset ulkoisvaikutukset arvioi. Kun tämä päätös politiikkatasolla on tehty esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen määrän osalta, markkinamekanismi toteuttaa itseohjautuvasti uuden markkinaepäonnistumista korjaavan tasapainon. Päästöoikeuksien kauppaan perustuvaa järjestelmää voidaan usein pitää

haittaveroja ja suoranaisia rajoitteita/kieltoja parempana järjestelmänä siksi, että siihen on sisäänrakennettu jatkuva kannustin kehittää negatiivisia ulkoisvaikutuksia vähentävää uutta teknologiaa (ks. Hepburn, 2006; Frank, 2014; Poser et al., 2014).

4.2 Rajusti alenevat raja- ja yksikkökustannukset toimialalla

Kun jollakin toimialalla on esimerkiksi suuria kiinteitä uponneita kustannuksia (esimerkiksi ydinvoimalan rakentamiskustannukset), oppimiseen perustuvia dynaamisia mittakaavaetuja tai verkostoulokoisvaikutuksia, mitkä johtavat rajusti aleneviin raja- ja yksikkökustannuksiin tuotantomäärän funktiona, voi alalle muodostua sellaisia alalletulon esteitä, jotka johtavat kuluttajan kannalta haitalliseen monopoli- tai oligopolitilanteeseen. Tällaisissa tilanteissa saattaa olla perusteltua tukea alalle pyrkiviä uusia yrityksiä kattamalla osan niiden kiinteistä kustannuksista, jotta ne loisivat myöhemmin kuluttajaa hyödyttävää kilpailua. Aleneviin rajakustannuksiin perustuvia alalletulon esteitä saattaa eurooppalaisellakin tasolla esiintyä, mutta tehostamalla energiamarkkinoiden kilpailullisuutta ne todennäköisesti ratkeavat ilman erillisiä tukijärjestelmiä. Tukia käytettäessä vaarana on, että tuetut uudet yrittäjät eivät luo aitoa uutta kilpailua vaan päätyvät kolluusion alalla jo olevien kanssa. Lisäksi tukien tulisi aina olla vain lyhytkestoista, mikä ei kuitenkaan käytännössä aina toteudu.

4.3 Vääristynyt kilpailutilanne

Toimialalla voi olla myös muusta kuin nopeasti laskevista rajakustannuksista johtuvia markkinaepätäydellisyyksiä. Näitä voi eräissä tilanteissa yrittää korjata tukemalla alalle tulevia uusia yrittäjiä, vaikkakin lähes aina kilpailupolitiikan keinot, esimerkiksi kilpailun kannalta liian suppeiden alueellisten tai kansallisten markkinoiden koon kasvattaminen integraatiota tukemalla, johtavat tehokkaampaan tulokseen. Eurooppalainen energiapolitiikka tarjoaa tästä oivan esimerkin. Ratkaisuna ilmeisiin ja haitallisiin markkinaepätäydellisyyksiin ei niinkään ole kotimaisen tai alueellisen kilpailun tehostaminen uusia kilpailijoita tukemalla vaan markkinoiden laajentaminen kansallisia ja alueellisia kilpailun esteitä purkamalla.

Peruslähtökohtana eurooppalaisen energiapolitiikan kehittämiseksi tulisi olla aktiivinen pyrkimys kohti yleiseurooppalaisia tehokkaasti toimivia yhteismarkkinoita, jolloin energiatuotantoon ja jakeluun käytettävät resurssit kohdentuisivat sinne, missä tuotanto on kokonaistaloudellisesta näkökulmasta tehokkainta. Toisin sanoen tavoitteena tulee olla koko EU:n kattavat yhtenäiset energiamarkkinat – energiaunioni – jolloin tuotanto tapahtuisi siellä, missä se toteuttaa parhaiten taloudellisuuden ja vähäpäästöisyyden idean. Vastaavasti *omavaraisuustavoite* olisi mielestämme ymmärrettävä ensisijaisesti koko Euroopan unionia koskevaksi tavoitteeksi, eikä sitä tulisi missään nimessä tarkastella kapeasta kansallisesta näkökulmasta, mikä juuri on osaltaan johtanut energiamarkkinoiden pirstoutumiseen ja luonut tehottomia, kuluttajille kalliiksi tulleita ja päästötavoitteiltaan epäonnistuneita osamarkkinoita. Ukrainan kriisi on omalta osaltaan osoittanut, että omavaraisuustavoite ei sinällään ole perusteeton, kunhan sen ymmärretään kattavan koko EU-alueen.

4.4 Epätäydellisen ja epätasa-arvoisesti jakautuneen informaation ongelma

Epätäydellisen ja asymmetrisesti jakautuneen informaation luoma ongelma on syytä pitää mielessä esimerkiksi riskirahoitusmarkkinoita luotaessa, mutta jälleen tehokkaampi ratkaisu löytyy pikemminkin laajentamalla markkinoita ja synnyttämällä sitä kautta kilpailua, kuin minimoimalla riskejä verovaroin. Esimerkiksi informaation epätäydellisyyteen liittyviä rahoitus- yms. tukia tulisi tarkastella yleiseurooppalaisesta näkökulmasta ja käyttää vain silloin, kun epätäydellinen ja/tai asymmetrinen informaatio todella merkittävästi vääristää markkinoita. Kilpailupolitiikan tehostamisen tulee olla energiapolitiikan kehittämisen lähtökohta myös vähähiiliseen tuotantoon edettäessä. Vaikka finanssikriisi osoittikin kouriintuntuvasti, että koko finanssijärjestelmä voi pahasti epäonnistua riskien arvioinnissa, on epäselvää, kykeneekö julkinen valta parempaan riskien arviointiin, mikä olisi perusteena esimerkiksi julkisen vallan myöntämien rahoitustukien käytölle. Keskitetyn järjestelmän vaarana ovat suuret systeemitaso virheet esimerkiksi koko energiajärjestelmän rakennetta kehitettäessä. Hajautettuun päätöksentekoon ja tehokkaaseen kilpailuun perustuva järjestelmä sen sijaan hajauttaa myös riskejä ja sallii markkinaevoluution hoitaa tehokkaimpien ratkaisujen seulomisen yrityksen ja erehdyksen kautta.

5 Johtopäätökset ja uusiutuvan energiapolitiikan tavoitteet

Politiikkatoimilla on viime vuosina ollut merkittävä rooli energijärjestelmien kehityksen ohjaamisessa. Erityisesti tämä on näkynyt pyrkimyksissä lisätä satunnaisesti vaihtelevan uusiutuvan tuotannon määrää. Politiikkatoimilla on ollut vaikutusta hiilidioksidipäästöihin, energiavarmuuteen, energijärjestelmän toiminnan luotettavuuteen ja olemassa olevan energainfrastruktuurin riittävyteen, joskaan vaikutukset eivät aina ole olleet odotetun kaltaisia. Alle on koottu tavoitteita, jotka toteutuessaan varmistavat, että sähköä tuotetaan tulevaisuudessakin kustannustehokkaasti, puhtaasti ja silloin, kun sille on kysyntää.

Tavoite 1: Kehitetään monipuolisempi analyysikehikko, jonka avulla eri sähköntuotantomuotojen kustannuksia ja hyötyjä vertaillaan keskenään.

Perustelu: Nykyiset menetelmät eivät riittävällä tavalla ota huomioon eri tuotantomuotojen käytettävyyttä, joka on määrittävä tekijä arvioitaessa energian saannin varmuutta keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Menetelmät eivät myöskään kattavasti tunnista säätökykyisen joustavan sähköntuotannon arvoa, jolla on kriittinen rooli huolehdittaessa energijärjestelmän luotettavasta toiminnasta reaaliajassa. Uusiutuvankaan energian kohdalla pelkkä asennetun voimalaitoskapasiteetin määrän lisäys ei enää voi olla ainoa tavoite, vaan jatkossa kaikilta tuotantomuodoilta edellytetään joustavuutta ja ohjattavuutta tai vähintäänkin osallistumista omalta osaltaan järjestelmän joustavuuden lisäämisen kustannuksiin.

Tavoite 2: Hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä ensisijainen keino on päästökauppa.

Perustelu: Päästökauppa on markkinaehtoinen järjestelmä, jossa myös uusiutuvat energiamuodot kilpailevat muiden energiamuotojen kanssa hintaohjauksen kautta. Markkinaehtoisessa järjestelmässä on keskeisessä asemassa yrittäjien innovatiivisuus, mikä kannustaa teknologiseen kehitykseen. Mikäli on olemassa erityistarvetta nopeampaan hiilen käytön vähentämiseen kuin minkä päästöoikeusjärjestelmä mahdollistaa, allokatiivisesti parhaimpana keinona on silloin käytettävä hiilverotusta, joka toteuttaa kestävän kehityksen tavoitteen pienemmin markkinahäiriöin kuin laajamittainen ja maittain vaihteleva uusiutuvien energiamuotojen tukijärjestelmä. Jos tukijärjestelmiä käytetään, niin niiden on oltava kestoaltaan rajattuja, lyhytaikaisia tukia teknologioiden ja innovaatioiden

kehittämiseen. Lisäksi rahoitusjärjestelmää ja investointien arviointia on kehitettävä niin, että otetaan huomioon monipuolisemmin ilmaston ja päästöihin liittyviä kustannus-hyöty -aspekteja.

Tavoite 3: Kannustetaan infrastruktuurin kehittämiseen ja poistetaan rakentamisen esteitä.

Perustelu: Vahva energiainfrastruktuuri tukee uusiutuvan energian kustannustehokasta hyödyntämistä ja markkinoiden laajentumista kilpailun toimivuuden edistämiseksi. Riittäväillä sähkönsiirtoyhteyksillä on paitsi sähkökauppaa edistävä vaikutus, myös positiivinen vaikutus siihen, kuinka paljon satunnaisesti vaihtelevaa tuuli- ja aurinkosähköä voidaan liittää sähköjärjestelmään ilman, että syntyy tarvetta rakentaa uutta varavoimaa sen tueksi. Tavoitteena tulee olla toimivat yhteismarkkinat, energiaunioni, jolloin tuotanto tapahtuu siellä, missä se toteuttaa parhaiten taloudellisuuden ja vähäpäästöisyyden idean. Vain näin toimien on mahdollista estää sähköjärjestelmän kustannusten hallitsematon kasvu ja samanaikaisesti pitää kiinni kestävän kehityksen tavoitteesta. Ensisijaisia vaikuttamisen kohteita ovat siirtoverkkojen sosiaalisen hyväksyttävyyden lisääminen sekä riittävien taloudellisten kannusteiden luominen siirtoverkkoinvestoinneille yli valtakunnallisten rajojen. Paikallisella tasolla on varmistettava älykkäiden verkkoliityntärajapintojen kehittäminen, joka mahdollistaa niin kysyntä- kuin tarjontapuolenkin resurssien aktiivisen ohjaamisen sähköjärjestelmän tasapainon ylläpitämiseksi.

Tavoite 4: Markkinaehtoisille investoinneille annetaan mahdollisuus.

Perustelu: Markkinamekanismin käyttö ja teknologiavalintojen jättäminen yrityksille itselleen sen sijaan, että investointeja ohjattaisiin ylhäältä alas saneluna, synnyttää luontaisen kannustimen innovatiivisuudelle, koska tässä järjestelmässä yritysten menestys riippuu niiden kyvystä innovoida. Markkinaepätäydellisyydet pyritään korjaamaan ensisijaisesti kilpailupolitiikalla. Myös kapasiteettimaksujärjestelmää tulee välttää siihen liittyvän hallinnollisen taakan ja lisääntyvien transaktiokustannusten vuoksi. Sen sijaan kysyntäpuolen resurssien markkinaehtoista käyttöä edistetään niin tehohuippujen rajoittamisessa kuin sähköjärjestelmän muunkin teknisen toiminnan tukena.

Lähdeluettelo

- Borenstein, S. (2002), The Trouble with Electricity Markets: Understanding California's Restructuring Disaster, *Journal of Economic Perspectives*, 16 (19), 191-211.
- Buchholz, W., Frank, J., Karl, H-D., Pfeiffer, J., Pittel, K. & Triebswetter, U. (2012). Die Zukunft der Energiewende, *Ifo Institut*, München 2012.
- Frank, C. R. (2014). The Net Benefits of Low and No-Carbon Electricity Technologies, *Global Economy & Development Working Paper 73*, May 2014, The Brookings Institution, Boston, USA.
- Green, R. & Yatchew, A (2012), Support Schemes of Renewable Energy: An Economic Analysis, *Economics of Energy and Environmental Policy*, 1, 83-98.
- Grossman, G.M. (1990): "Promoting New Industrial Activities: A Survey of Recent Arguments and Evidence", *OECD Economic Studies*, No. 14, 87-125.
- Hepburn, C. (2006). Regulation by Prices, Quantities, or Both: A Review of Instrument Choice, *Oxford Review of Economic Policy*, 22(2), 226-247.
- Hirth, L. (2013), The market value of variable renewables - The effect of solar wind power variability on their relative price, *Energy Economics*, 38, 218-236
- Ilmakunnas, P. (1994). Yritystuki taloustieteen näkökulmasta, *Kansantaloudellinen Aikakauskirja*, 90 (49), 469-479.
- Joskow, P.L. (2011a), Comparing the Costs of Intermittent and Dispatchable Electricity Generating Technologies, *American Economic Review Papers & Proceedings*, 101(3), 238-241.
- Joskow, P.L. (2011b), Comparing the Costs of Intermittent and Dispatchable Electricity Generating Technologies, Center for Energy and Environmental Research Working Paper, 2010-013, revised February 2011
- Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H.J.M. & Groenenberg, H. (2009), Indicators for Energy Security, *Energy Policy*, 37, 2166-2181.
- Lesser, J.A. & Su, X. (2008), Design of an Economically Efficient Feed-in Tariff Structure for Renewable Energy Development, *Energy Policy*, 36, 981-990.
- Mowery, D.C., Nelson, R.R. & Martin, B.R. (2012), Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models Are Needed (Or Why Putting New Wine in Old Bottles Won't Work), *Research Policy*, 39, 1011-1023.
- Ollikka, K (2013), Uusiutuvien energiamuotojen tukeminen, *Kansantaloudellinen Aikakauskirja*, 109 (3), 289-309.
- Poser, Altman, ab Egg, Granata & Board (2014), Development and Integration of Renewable Energy: Lessons Learned from Germany, *Finadvice*, FAA Financial Advisory AG, Switzerland, July 2014.

Schmalensee, R. (2012), Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy, *Review of Environmental Economics and Policy*, 6, 45-64

Stigler, G. (1971), The Economic Theory of Regulation, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 2, 3-21.

TYNDP, 2012. "Ten-Year Network Development Plan 2012," ENTSO-E.
<https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2012/>
[12 September, 2014]

Artikkeli: Sun, Wind and Drain, *The Economist*, July 26th 2014.

Asetukset:

Regulation 714/2009, European Union.

Regulation 347/2013, European Union.