

# Sähkömarkkinoiden sääntelystä ja sääntelymuotojen hyvinvointivaikutuksista

**Maria Kopsakangas-Savolainen ja Rauli Svento**

*Sähkön jakeluverkko on luonteeltaan luonnollinen monopoli, joten sen sääntely on yhteiskunnallisen hyvinvoinnin näkökulmasta perusteltua. Perinteisiin sääntelymalleihin liittyy joko baitallisen valikoitumisen tai moraalikadon piirteitä. Tästä syystä on tarpeen kehittää uusia tehokkuutta parantavia kannustinpohjaisia sääntelymalleja. Tässä artikkelissa arvioidaan eri sääntelymuotojen yhteiskunnallisia hyvinvointivaikutuksia hyödyntäen tehokkuusrintamaestimointeja yhdessä kannustinpohjaisten sääntelymallien kanssa. Osoitamme, että yhteiskunnallisesti korkein hyvinvointimuutos saavutetaan hyödyntämällä sopimusvalikkosääntelyä, jossa yrityksillä on mahdollisuus valita oman todellisen tehokkuustasonsa mukainen sääntelysopimus.*

Sähkömarkkinoiden toimivuutta on pyritty parantamaan uudelleen organisoimalla markkinoiden rakennetta ja vapauttamalla markkinat kilpailulle niissä toiminnoissa missä se on mahdollista ja järkevää. Seuraten mm. Chilen ja Ison-Britannian esimerkkiä Suomi organisoii uudelleen sähkömarkkinansa 1995 jolloin sähkön tuotanto ja myynti vapautettiin kilpailulle. Koska sähkön siirto- ja jakeluverkkotoiminta omaavat selkeitä luonnollisen monopolin piirteitä, ne jätettiin kilpailun ulkopuolelle ja ovat edelleen säänneltyjä toimintoja. Suomessa sääntelystä vastaa Energiamarkkinavirasto.

Sääntelyviranomaisen kohtaa sääntelytilanteessa epäsymmetrisen informaation ongelman,

koska sillä on selkeästi vähemmän tietoa verkko-yhtiön toiminnasta, kustannuksista ja tehokkuudesta kuin yhtiöllä itsellään. Säänneltävä yritys voi käyttää informaatioetuaan omien tavoitteidensa, kuten voittojen maksimoinnin tai johdon palkkioiden, korostamiseen. Kilpailun puuttuessa tämä tyypillisesti näkyy kuluttajille kohonneina hintoina. Sääntelyviranomaiset niin Suomessa kuin muuallakin ovat panostaneet paljon informaatioepäsymmetrian pienentämiseen. Myös sääntelymalleja ja sääntelymenetelmiä koskeva teoreettinen tutkimus on kahden viime vuosikymmenen aikana kehittänyt nopeasti.

Kirjoitus perustuu artikkeliin Kopsakangas-Savolainen, M. ja Svento, R. (2010). Comparing welfare effects of different regulation schemes: an application to the electricity distribution industry. *Energy Policy*, Vol. 38, 7370-7399. Maria Kopsakangas-Savolainen (Maria.Kopsakangas-Savolainen@ymparisto.fi) on tutkimusprofessori Suomen ympäristökeskuksessa, ja Oulun yliopiston Martti Ahtisaari Instituutissa ja Thule-instituutissa. Rauli Svento (Rauli.Svento@oulu.fi) on professori Oulun yliopiston kaupparakorkeakoulun Taloustieteen yksikössä. Kiitämme Yrjö Jahnssonin säätiötä ja Martti Ahtisaari Instituuttia saamastamme rahoituksesta. Kirjoitus perustuu Taloustieteellisessä yhdistyksessä 31.10.2013 pidettyyn esitelmään.

Käytännössä sääntelyviranomaisen on vaikea erottaa toisistaan korkeat kustannukset omaavat yritykset sellaisista yrityksistä, jotka todellisuudessa ovat alhaisten kustannusten yrityksiä, mutta voiton tavoittelun vuoksi esittävät olevansa korkean kustannuksen yrityksiä. Yrittäessään erottaa toisistaan korkean ja alhaisten kustannustason yrityksiä sääntelyviranomaisen kohtaa nk. haitallisen valikoitumisen (*adverse selection*) ongelman.

Eräs ratkaisu haitallisen valikoitumisen ongelmaan on tarkkailla jo toteutuneita kustannuksia ja sitoa säännelty hinta niihin. Perinteinen kustannuspohjainen hinnoittelu<sup>1</sup> perustuu tähän menetelmään. Kustannuspohjaiseen hintojen sääntelyyn liittyy kuitenkin moraalikadon (*moral hazard*) ongelma. Hinnan sitominen kiinteästi kustannuksiin poistaa yrityksiltä kannustimen kustannustehokkuuteen. Kustannuspohjaisessa hinnoittelussa yritys saa nostaa hintaa, mikäli kustannukset nousevat, mutta on vastaavasti veloitettu laskemaan hintaa mikäli kustannukset laskevat. Yritystä ei siten palkita mikäli se toimii kustannustehokkaasti.

Moraalikadon ongelma voidaan välttää käyttämällä perinteisen kustannuspohjaisen sääntelyn sijasta jonkinmuotoista kannustin-sääntelyä (*incentive regulation*). Kannustin-sääntelystä esimerkkejä ovat hintakattosääntely, tulokattosääntely ja nk. mittatikkukilpailu (*yardstick competition*). Kannustinsääntelymuotoja käyttäessä sääntelyviranomaisen kohtaa jälleen haitallisen valikoitumisen ongelman. Sääntelijän tavoitteena on siis löytää sellainen mekanismi, joka ratkaisee yhtäaikaaisesti sekä haitallisen valikoitumisen että moraalikadon

ongelman. Tällainen menetelmä on Laffontin ja Tirolen vuonna 1986 esittelemä nk. optimaalinen kannustinjärjestelmä.

Sääntelyviranomaiset kohtaavat ongelman myös teoreettisten sääntelymallien ja käytännön toimenpiteiden yhdistämisessä ja eri malleista aiheutuvien tehokkuuskannustimien aiheuttamien hyvinvointivaikutusten arvioinnissa. Erityisesti teoreettisesti optimaalisimman Laffontin ja Tirolen sääntelyteorian vieminen käytäntöön on osoittautunut vaativaksi ja paikoin mahdottomaksi. On kuitenkin osoitettu, että suurin osa hyödyistä voidaan saada käyttämällä tästä mallista hieman yksinkertaistettua ja helpommin käytäntöön vietävissä olevaa mallia (Rogersson 2003, Kopsakangas-Savolainen ja Svento 2010).

Sääntelymalleja tulisi arvioida hyvinvoinnin maksimoinnin näkökulmasta. Jotta hyvinvoinnin arviointi olisi mahdollista, sääntelyviranomaisella täytyy olla käsitys eri yritysten tehostamispotentiaalista. Kustannustehokkuutta ja siten tehostamispotentiaalia voidaan arvioida käyttämällä erityyppisiä kustannustehokkuusmittausmenetelmiä. Tunnetuimpia näistä ovat *Data Envelopment Analysis* (DEA) ja stokastinen rintama-analyysi (*Stochastic Frontier Analysis* - SFA). Suomessa sähkön jakeluyhtiöitä arvioitaessa on viime vuosina käytetty rinnakkain sekä DEA- että SFA-menetelmää. Molempiin menetelmiin liittyy sekä ongelmallisia että positiivisia piirteitä. DEA- ja SFA-menetelmiin liittyvien ongelmien vähentämiseksi on viime aikoina kehitetty uusi tehokkuuden mittausmenetelmä nk. StoNED-menetelmä (Kuosmanen ja Kortelainen 2012), jonka Energiamarkkinavirasto on ottanut käyttöön sääntelykaudelle 2012–2015. Tässä kirjoituksessa hyödynnetään SFA-menetelmää, jonka selkeä hyvä puoli on sen kyky huomioida aineistossa olevat satun-

<sup>1</sup> Näitä ovat esimerkiksi tuottoasteen sääntely (*rate-of-return regulation*) ja kustannuspohjainen sääntely (*cost-of-service regulation*).

naisvirheet ja erottaa toisistaan yrityksen väli-  
nen havaittu ja havaitsematon heterogeenisuus  
(Greene 2005, Kopsakangas-Savolainen ja  
Svento 2008, 2011).

## 1. Sääntelymuodoista

### Kustannuspohjainen sääntely

Tuottoasteen sääntely tai yleisemmin kustan-  
nuspohjainen sääntely on perinteisin sääntely-  
muoto. Puhtaimmillaan yrityksen asettama  
korkein sallittu hinta on sidottu täysin kiinte-  
ästi kustannuksiin. Tämän seurauksena yritys  
ei kohtaa minkään tyyppistä kustannusten nou-  
suun liittyvää riskiä, mutta toisaalta sen ei ole  
myöskään mahdollista tuottaa ennalta määrät-  
tyä suurempaa tuottoa. Tuottoasteen sääntelyn  
hyvinä ominaisuuksina voidaan pitää sen suhteellisen helppoa sovellettavuutta käytäntöön.  
Kustannuksiin sidotun sääntelyn suurimpana  
heikkoutena voitaneen varsin perustellusti pi-  
tää sen heikkoa kannustavuutta kustannuste-  
hokkaaseen käyttäytymiseen. Kustannuspohjai-  
seen sääntelyyn liittyy myös korkeat hallinnol-  
liset kustannukset, kun resursseja joudutaan  
käyttämään kustannusten seuraamiseen ja  
säänneltävien yritysten kuulemisjärjestelyihin  
(Liston 1993).

Formaalisti tuottoasteen sääntely voidaan  
esittää seuraavasti:

$$P_{i,t} = (1 + r)C_{i,t-1}, \quad (1)$$

jossa  $P$  on sallittu hinta yritykselle  $i$  ajanhetkel-  
lä  $t$ ,  $r$  on sallittu tuottoaste ja  $C$  on toteutuneet  
kustannukset periodilla  $t - 1$ .

### Hintakattosääntely

Hintakattosääntely on viime aikoina ollut käy-  
tetyin vaihtoehto perinteiselle tuottoasteen  
sääntelylle. Hintakattosääntelyn esitteli Litt-  
lechild (1983) Ison-Britannian telemarkkinoita  
koskevaksi sääntelyksi. Myöhemmin hintakat-  
tosääntelyä on käytetty mm. kaasun- ja sähkön-  
jakelun hinnoittelussa sekä rautateitä koskevas-  
sa hintasääntelyssä.

Puhtaimmillaan hintakattosääntelyssä joko  
hinta tai hintapolku on kiinnitetty ennalta mää-  
rättylle tasolle tietyksi ajanjaksoksi. Tämän seu-  
rauksena yritys kohtaa täysimääräisesti hintaan  
ja kysyntään liittyvän riskin. Toisaalta, mikäli  
yritys pystyy tehostamaan toimintaansa, se saa  
kustannusten säästämisestä aiheutuvan hyödyn  
täysimääräisesti itselleen. Kustannustehok-  
kuuskannustimen onkin katsottu olevan hinta-  
kattosääntelyn paras piirre. Hintakattosääntely  
on hallinnollisesti myös suhteellisen kevyt. En-  
nen kuin sääntelyviranomaisen ottaa käyttöön  
hintakattosääntelyn, se on tyypillisesti kiinnos-  
tunut kustannusten tehostamispotentialista.  
Epäsymmetrisen informaation vuoksi viran-  
omaisen voi olla vaikea todentaa tehostamispo-  
tentiaalia suoraan. Informaatioepäsymmetri-  
syyttä voidaan kuitenkin tehokkaasti pienentää  
käyttämällä kustannustehokkuuden arvioinnis-  
sa esim. stokastista rintama-analyysiä (SFA).  
Hintakattosääntelyn haittapuolina mainitta-  
koon mm. laatuun liittyvät epävarmuustekijät  
sekä mahdollisuus ylisuuriin voittoihin.

Hintakattosääntely siis eriyttää hinnan tai  
hintapolun kustannuksista asettamalla ennalta  
sovitun maksimitason hinnalle. Usein asetettu  
hintakatto on sidottu kuluttajahintaindeksiin  
yhdistettynä yrityskohtaiseen tehokkuusteki-  
jään. Formaalisti hintakattosääntely voidaan  
esittää seuraavasti:

$$P_{i,t} = P_{i,t-1} * (RPI - X_i). \quad (2)$$

Yllä olevan yhtälön mukaan yrityksen  $i$  kohtaama hintakatto  $P$  ajanhetkenä  $t$  lasketaan pohjautuen edellisen vuoden hintakattoon  $P_{i,t-1}$ , jota on mukautettu huomioiden kuluttajahintaindeksi  $RPI$  ja yrityskohtainen tehokkuustekijä  $X$ . Käytännön toimeenpanon yhteydessä hintakattosääntelyyn voi liittyä seuraavanlaisia ongelmia: hintakaton tason uudelleenarviointi siirryttäessä sääntelyperiodilta toiselle, säännöt joiden mukaan tehokkuustekijä  $X$  asetetaan ja sääntelyviranomaisen sitoutuminen asettamaansa hintakaton tasoon.

### Optimaalinen kannustinsääntely

Optimaalinen sääntely sijoittuu jonnekin edellä kuvattujen sääntelymuotojen väliin oman piirteitä molemmista. Laffont ja Tirole esittelivät 1986 mallin, jonka mukaan säänneltävän yrityksen sallittu hinta on osittain riippuvainen kustannuksista ja osittain kiinnitetty ennalta. Heidän mukaansa yritykselle tulee tarjota sopimusvalikkoo (*menu of contracts*), jossa kustannuksista riippuva osuus ei ole vakio. Tällöin alhaisen kustannustason omaava yritys valitsee automaattisesti säännön, jolla on suurin kustannustehokkuuteen kannustava vaikutus. Korkeat kustannukset omaava yritys taas valitsee sopimuksen, jossa hinta on sidottu suuremmalta osin kustannuksiin.

Laffontin ja Tirolen mallissa yritys valitsee tuotannon ja tehokkuustason. Sen jälkeen kun tuotanto on tapahtunut ja toteutuneet kustannukset havaittu, viranomainen palkitsee yritystä pohjautuen sen valitsemaan sääntöön yhdistettynä toteutuneeseen tuotantoon ja kustannuksiin. Formaalisti optimaalinen kannustinsääntö voidaan kirjoittaa seuraavasti:

$$T(\beta, C) = s^*(\beta) + K(\beta)[C^*(\beta) - C], \quad (3)$$

jossa  $T$  on nettopalkkio yritykselle,  $s^*$  on *ex ante* palkkio yritykselle,  $C^*$  on *ex ante* kustannukset,  $C$  on toteutuneet kustannukset,  $\beta$  on tuottavuusparametri ja  $K$  on parametri, joka huomioi tuottavuuden kautta optimaaliseen tuotantoon tarvittavan tehokkuuteen panostamisen ja tästä panostamisesta aiheutuvan rajahaitan.

Laffontin ja Tirolen mallin suoraviivainen käytäntöön soveltaminen on vaikeaa, koska optimaalisen sääntelyvalikon laskeminen on matemaattisesti monimutkaista ja lisäksi sääntelyviranomaisen pitäisi pystyä identifioimaan yritykselle tehokkuutta parantavan ponnistuksen aiheutuma rajahaitta. Näistä syistä optimaalisen kannustinsääntelyn käytäntöön soveltaminen on jäänyt toistaiseksi vähäiseksi. Rogerson (2003) osoitti teoreettisesti että selkeästi yksinkertaisemmalla sääntelylistalla voidaan saavuttaa suurin osa Laffontin ja Tirolen mallin hyödyistä. Kopsakangas-Savolainen ja Svento (2010) osoittivat tutkimuksessaan menetelmän, jolla Laffontin ja Tirolen tyyppistä sopimusvalikkoon pohjautuvaa sääntelyä voidaan hyödyntää käytännössä. Tämä menetelmä, siihen liittyvä tehokkuusmittaus ja analyysin päätulokset esitellään seuraavaksi.

## 2. Tehokkaiden kustannusten estimointi

### Stokastinen rintama-analyysi ja estimoidut mallispesifikaatiot

Sääntelymallien tehokkuuden arviointia ja hyvinvointivaikutusten mittaamista varten tarvitaan tietoa säänneltävien yritysten tehokkaista kustannuksista. Sähkömarkkinoiden tehok-

kuutta määrittettäessä käytetyimpiä menetelmiä ovat nk. rintamaestimointimenetelmät, jotka määrittävät annettujen tietojen valossa tehokkaan rintaman, johon tarkasteltavan yrityksen omaa tehokkuutta voidaan verrata.

Tässä analyysissä tehokkaiden kustannusten määrittämisessä hyödynnetään stokastista rintama-analyysia (SFA), josta on estimoitu neljä eri mallispesifikaatiota.<sup>2</sup> Tavoitteena on löytää muoto joka estimoi yrityskohtaisen tehottomuuden mahdollisimman tehokkaasti siten, että tehottomuus ja yritysten välinen heterogeisuus (sekä havaittu että havaitsematon) eivät sekoitu keskenään.

Oletetaan että deterministinen kustannusfunktio on Cobb-Douglas-muotoa.<sup>3</sup> Jokaisessa spesifikaatiossa vuosittaisia kokonaiskustannuksia per kWh ( $C$ ) selitetään jaetulla sähkön määrällä ( $y$ ), kuormituskertoimella ( $LF$ ), asiakkaiden lukumäärällä ( $CU$ ) sekä työn ja pääoman hinnoilla ( $p_L$ ,  $p_K$ ). Oletetaan että rintamaan liittyvä satunnaistermi  $v$  ja tehottomuutta edustava satunnaistermi  $u$  ovat normaalisti ja puolinormaalisti jakautuneet. Kahdessa ensimmäisessä spesifikaatiossa (RE ja REH) tehottomuustermi on ajassa muuttumaton, kun taas kahdessa jälkimmäisessä spesifikaatiossa (TRE ja TFE) tehottomuustermi on ajassa muuttuva<sup>4</sup>. Ajassa muuttuva tehottomuustermi

mahdollistaa yritysten välisen havaitsemattoman heterogeisuuden huomioimisen.

Estimoidut mallispesifikaatiot ovat seuraavaa muotoa:

RE-malli

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_y \ln y_{it} + \beta_{LF} \ln LF_{it} + \beta_{CU} \ln CU_{it} + \beta_L \ln p_{Lit} + \beta_K \ln p_{Kit} + \beta_t t + v_{it} + u_i, \quad (4)$$

missä  $\alpha$  ja  $\beta$ :t ovat estimoitavia parametreja.

REH-malli

$$\begin{aligned} \ln C_{it} &= \alpha + \beta_y \ln y_{it} + \beta_{CU} \ln CU_{it} + \beta_L \ln p_{Lit} + \beta_K \ln p_{Kit} + \beta_t t + v_{it} + u_i \\ v_{it} &= N(0, \sigma_v^2), \quad u_i = N^+(\mu_i, \sigma_u^2), \\ \mu_i &= \delta_0 + \delta_1 \ln LF_i, \end{aligned} \quad (5)$$

missä  $\mu$  on tehottomuuden odotusarvo ja  $\delta$ :t ovat estimoitavia parametreja.

TRE-malli

$$\begin{aligned} \ln C_{it} &= (\alpha + w_i) + \beta_y \ln y_{it} + \beta_{LF} \ln LF_{it} + \beta_{CU} \ln CU_{it} + \beta_L \ln p_{Lit} + \beta_K \ln p_{Kit} + \beta_t t + v_{it} + u_i \\ w_i &\sim N(0, \sigma_w^2), \end{aligned} \quad (6)$$

missä  $w$  on vakio termiin liittyvä satunnaisos.

TFE-malli

$$\begin{aligned} C_{it} &= \alpha_i + \beta_y \ln y_{it} + \beta_{LF} \ln LF_{it} + \beta_{CU} \ln CU_{it} + \beta_L \ln p_{Lit} + \beta_K \ln p_{Kit} + \beta_t t + v_{it} + u_i. \end{aligned} \quad (7)$$

Kaikki mallit on estimoitu käyttäen suurimman uskottavuuden menetelmää (ML).<sup>5</sup>

Hyvinvointilaskelmissa ja SFA-estimoinneissa on käytetty 76 sähkön jakeluyhtiöstä

<sup>2</sup> SFA analyysiiä koskeva kirjallisuus on subteellisen laaja ja SFA menetelmää on hyödynnetty useissa eri käytännön toimenpiteissä (Farsi ym. 2005; 2006, Greene 2004; 2005a; 2005b, Kopsakangas-Savolainen ja Svento 2008; 2011, Kumbhakar ja Lovell 2000, Pitt ja Lee 1981 sekä Schmidt ja Sickels 1984).

<sup>3</sup> Olemme kokeilleet myös joustavamuotoisia (Translog) funktioita, mutta tulokset eivät olennaisesti muutu.

<sup>4</sup> Ks. Greene (2005a), jossa esitelty nk. True Random Effects (TRE) ja True Fixed Effects (TFE) -mallit ja niiden estimointi yksityiskohtaisesti.

<sup>5</sup> Koska TRE mallille ei ole olemassa suljetun muodon ratkaisua malli on estimoitu kahdessa osassa siten, että ensin on muodostettu bila  $w$ :n normaalijakaumasta ja sen jälkeen on käytetty suurimman uskottavuuden menetelmää.

Taulukko 1 Kuvaileva tilasto (N=456)

	Keskiarvo	Keskihajonta	Minimi	Maksimi
Kokonaiskustannukset (C) per kWh (senttiä)	1,74	0,40	0,77	2,97
Siirretty energian määrä (y) GWh	433,47	727,87	11,83	5825,90
Asiakkaiden lukumäärä (CU)	27494	42784	1109	324197
Kuormituskerroin (LF)	0,499	0,077	0,191	0,866
Vuosittainen työn hinta ( $p_L$ ) per työntekijä (1000€)	28,39	7,75	8,14	53,00
Pääoman hinta ( $p_K$ ) (1000€)	0,103	0,058	0,020	0,353
Ottotehon hinta ( $p_p$ ) per kWh.*	0,36	0,14	0,09	1,06

\*Ottotehon hintaa on käytetty normalisoijana muokattaessa estimoitavia yhtälöitä lineaariseen homogeenisuusmuotoon

koostuvaa paneeliaineistoa vuosilta 1997-2002<sup>6</sup>. Sääntelymuotojen muutokseen liittyvien hyvinvointivaikutusten arviointiin tarvittavan vertailukohdan, benchmark-tapauksen määrittämisen näkökulmasta hieman vanhemman aineiston hyödyntäminen on perusteltua. Tällöin vältetään se, että ei tarvitse arvioida, miten viime aikoina tapahtunut sääntelymallien kehitys on vaikuttanut benchmark-tapausta koskeviin tuloksiin.

Aineisto on kerätty Energiamarkkinaviraston julkaisemista luvuista. Taulukossa 1 esitetään aineistoon liittyvät kuvailevat tilastolliset tunnusluvut.

### SFA-tulokset

Rintamaestimoinnilla saadut tulokset on esitetty taulukossa 2. Kaikki rintaman muuttujat ovat yhtä lukuun ottamatta (kuormituskerroin (LF) RE spesifikaatiossa) merkitseviä ja niiden etumerkit ovat odotettuja. Pääoman hinnan estimaatti on korkea, joka on ymmärrettävää

pääomaintensiivisellä sähkönjakelutoimialalla. Sähkön siirron määrän (y) estimaattori on negatiivinen, mikä on intuitiivisesti järkevää, koska kuvattava muuttuja mittaa siirron määrän vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Kun siirrettävä määrä kasvaa, kokonaiskustannukset per kWh laskevat, kunnes tuotannon tehokas skaala saavutetaan. Myös ajan estimaatti on negatiivinen. Tämä indikoi mahdollista teknistä kehitystä kyseessä olevalla aikavälillä.

Taulukossa 3 esitetään yhteenveto tehottomuusluvuista.<sup>7</sup> Tehottomuusluvut edustavat prosentuaalista eroa yritysten todellisten kustannusten ja estimoitujen tehokkaiden kustannusten välillä. Esimerkiksi tehottomuusluku 0,327 tarkoittaa, että yritys pystyisi tehokkaasti toimiessaan alentamaan kustannuksiaan 33 %. Tätä tietoa hyödynnetään eri sääntelymuotojen hyvinvointivaikutusten vertailussa arvioidessa yritysten tehostamispotentiaalia. Tehottomuusluvuista huomataan, että mallit REH, TRE and TFE huomioivat yritysten välisen heterogeenisuuden rintamaan kuuluvana ja tä-

<sup>6</sup> Tarkempi aineiston kuvaus esitetään mm. Kopsakangas, Savolainen ja Svento (2008) tutkimuksessa.

<sup>7</sup> Liittyen tehottomuuslukujen estimointiin katso myös Jondrow ym. (1982).

Taulukko 2. Kustannusrintamaparametrit

	RE		REH		TRE		TFE	
	Coeff.	Std.er	Coeff	Std.er	Coeff.	Std.er	Coeff.	Std.er
Vakio	-1,614	0,272	-2,326	0,126+07	-1,484	0,049		
ln $y$	-0,647	0,053	-0,657	0,050	-0,703	0,010	-0,595	0,018
Ln $CU$	0,584	0,054	0,603	0,052	0,644	0,010	0,569	0,016
Ln $LF^a$	-0,057	0,050	-2,550	0,675	-0,032	0,014	-0,352	0,033
ln $p_1$	0,297	0,008	0,288	0,007	0,300	0,004	0,445	0,014
ln $p_k$	0,386	0,009	0,394	0,009	0,402	0,003	0,277	0,012
$T$ (aika)	-0,014	0,002	-0,014	0,002	-0,015	0,001	-0,017	0,005
Satunnais- parametrien jakaumaan liittyvä skaalaustekijä					0,193	0,003		
Log likelihood	389,40		413,52		416,79		302,60	
$N^b$	419		419		419		419	
BIC-kriteeri	-736		-779		-791		-569	

*a* Mallissa REH viittaa kolmanteen yhtälöön.

*b* Estimoinneissa havaintojen lukumäärä pienenee puuttuvien havaintojen vuoksi

Taulukko 3. Tehottomuuslukujen tilastoa

	RE	REH	TRE	TFE
Minimi	0,097	0,042	0,012	0,058
Maksimi	0,782	0,481	0,450	0,142
Keskiarvo	0,327	0,141	0,074	0,078
Keskihajonta $E[u_i \varepsilon_i]$	0,130	0,074	0,047	0,009
$\sigma(v)$	0,068	0,067	0,032	0,165
$\sigma(u)$	0,353	0,150	0,096	0,101

ten siirtävät tehottomuusjakaumaa vasemmalle ja tekevät siitä suppeamman. Malliin TFE liittyvät oletukset ovat hyvin erilaisia kuin muihin malleihin liittyen, ja tämä on havaittavissa myös

tuloksista. Malliin TFE liittyvä rintaman varianssi on suhteellisesti ottaen suuri ja täten voitaneenkin olettaa, että malli ei tuota rintamalle robusteja estimaatteja.



### 3. Sääntelymuotojen hyvinvointivaikutusten arviointi Suomen sähkömarkkinoilla

Suunniteltaessa sääntelyä sääntelyviranomaisen tavoitteena on tavallisesti yhteiskunnallisen hyvinvoinnin maksimointi. Se, kuinka paljon painoa annetaan tuottajan hyvinvoinnille ja kuluttajan hyvinvoinnille, voi vaihdella. Kokonaishyvinvoinnin muutos voidaan esitetään tuottajan ja kuluttajan ylijäämien summana, kun siirrytään kustannuspohjaisesta sääntelystä hintakattosääntelyyn, sopimusvalikkosääntelyyn<sup>8</sup> (Kopsakangas-Savolainen ja Svento 2010) tai nk. yksinkertaistettuun sopimusvalikkoon (Rogerson 2003). Formaalisti kokonaisylijäämän muutos voidaan ilmaista seuraavasti:

$$\sum_{i=1}^n (\Delta CS_i + \Delta PS_i) = \sum_{i=1}^n \left[ \int_{P_{Ci}}^{P_{Ni}} D^{-1}(Q_i) dQ_i + [(P_{Ni}Q_{Ni} - C(Q_{Ni})) - (P_{Ci}Q_{Ci} - C(Q_{Ci}))] \right], \quad (8)$$

jossa  $\Delta CS$  on kuluttajan ylijäämän muutos,  $\Delta PS$  on tuottajan ylijäämän muutos,  $D^{-1}$  on käänteinen vakiojoustoinen ( $\epsilon = -0,35$ ) kysyntä,  $Q_i$  on yrityksen  $i$  siirtämä energian määrä,  $P_C$  viittaa kustannuspohjaiseen hintaan ja  $P_N$  nk. uuteen hintaan siirryttäessä kustannuspohjaisesta sääntelystä johonkin vaihtoehtoiseen sääntelyyn.  $C(Q_{Ci})$  on yrityksen  $i$  kustannukset sen kohdatessa kustannuspohjaisen sääntelyn ja vastaavasti  $C(Q_{Ni})$  on yrityksen  $i$  kustannukset siirryttäessä vaihtoehtoiseen sääntelymuotoon.

Vaihtoehtoisten sääntelymuotojen hyvinvointivaikutusten vertailua varten oletetaan seuraavanlainen sääntelyprosessi: Säänneltävän yrityksen sallittu hinta  $P$  riippuu osaltaan sa-

man sääntelyn alaisena olevan kustannuksiltaan korkeimman yrityksen nk. tehokkaasta kustannuksesta  $C^*$  ja osaltaan yrityksen omien toteutuneiden kustannusten tasosta  $C_i$ . Yritysten tehokkaita kustannuksia arvioitaessa hyödynnetään stokastista rintama-analyysiä, jonka avulla voidaan saada selville yrityskohtaiset tehostamispotentiaalit ja siten myös yrityskohtaiset tehokkaat kustannukset.

Määräytykseen yrityksen  $i$  sallittu hinta seuraavan yhtälön mukaan:

$$P_{Ni} = aC^* + (1 - a)C_i, \quad (9)$$

jossa parametri  $a$  määrittää painon omien toteutuneiden kustannusten ja korkeimman kustannustason omaavan yrityksen tehokkaiden kustannusten välillä. Muut muuttujat ovat kuten yllä yhtälössä (8). Puhtaassa kustannuspohjaisessa sääntelyssä, jota käytetään tässä vertailukohtana arvioitaessa hyvinvointimuutoksia, parametri  $a$  saa arvon 0. Mikäli puolestaan käytämme puhdasta hintakattosääntelyä, parametri  $a$  on 1. Käytettäessä sopimusvalikkosääntelyä  $a$  saa arvon väliltä 0 ja 1 ja käytettäessä yksinkertaistettua sopimusvalikkoa  $a$  saa joko arvon 0 tai 1.

On helppo nähdä, että hintakattosääntelyssä jokaisella yrityksellä on selkeä kannustin kustannustehokkaaseen käyttäytymiseen, koska yrityksen  $i$  hinta on sidottu korkeimman kustannustason omaavan yrityksen nk. tehokkaaseen kustannukseen. Yrityshän saa täyden hyödyn itselleen, mikäli se kykenee alentamaan kustannuksiaan hinnan pysyessä ennallaan.

Siirryttäessä kustannuspohjaisesta sääntelystä sopimusvalikkosääntelyyn, yritysten optimaalinen toimintastrategia ja sen luonnehdinta on hieman monimutkaisempaa. Laffontin ja Tirolen tulosten mukaan on optimaalista tarjo-

<sup>8</sup> Pohjautuu Laffontin ja Tirolen (1986) malliin, josta johdettu sovellus on esitelty yksityiskohtaisesti tutkimuksessa Kopsakangas-Savolainen ja Svento (2010).



Taulukko 4. Muutokset kokonaishyvinvoinnissa ( $\Delta TS$ ), kuluttajan ylijäämässä ( $\Delta CS$ ) ja tuottajan ylijäämässä ( $\Delta PS$ ) sääntelymuodoittain (miljoonaa €).

SFA spesifikaatio	Hintakatto-sääntely			Sopimusvalikko-sääntely			Yksinkertaistettu sopimusvalikko		
	$\Delta TS$	$\Delta PS$	$\Delta CS$	$\Delta TS$	$\Delta PS$	$\Delta CS$	$\Delta TS$	$\Delta PS$	$\Delta CS$
RE	177,8	240,9	-63,1	194,4	150,0	44,4	144,43	70,6	73,9
REH	49,6	234,2	-184,5	61,5	184,1	-122,6	25,9	10,4	15,6
TRE	5,6	239,7	-234,2	25,8	163,6	-137,8	6,4	4,5	1,9
TFE	8,3	235,5	-227,2	14,7	207,4	-192,7	3,6	1,4	2,2

ta yrityksille sopimusvalikkoa, jossa yritys itse voi käyttäytymisellään vaikuttaa parametriin  $a$ . Tällöin yritykset, jotka tietävät olevansa alhaisen kustannustason yrityksiä, valitsevat suhteellisen korkean arvon parametrille  $a$  ja puolestaan nk. korkean kustannustason yritykset valitsevat alhaisen tason parametrille  $a$ .

Kopsakangas-Savolainen ja Svento (2010) esittelemässä sopimusvalikkosääntelyssä yrityksen strategiavalinnan takana on seuraavanlainen ”sopimuspeli”. Ensinnä sääntelyviranomaisen julkaisee hinnan pohjana olevan perussäännön (yhtälö 9) ja sen, kuinka yrityskohtainen parametri  $a$  asetetaan. Tämän jälkeen jokainen yritys valitsee tehokkuustasonsa omien resurssiensa puitteissa. Oletetaan että sääntelijä asettaa parametrin  $a$  seuraavasti: sääntelyviranomaisen hyödyntää SFA-analyysiä yrityskohtaisten tehokkaiden kustannusten paljastamiseen ja asettaa yritykset paljastuneen tehokkuutensa mukaisesti alenevaan järjestykseen. Parametri  $a$  määräytyy alla olevan yhtälön (10) mukaan, jossa tehokkainta yritystä merkitään termillä  $eff^{max}$  ja tehottominta  $eff^{min}$ .

$$a_i = 1 - \frac{eff^i - eff^{max}}{eff^{min} - eff^{max}} \quad (10)$$

Yhtälö 10 skaalaa uudelleen yrityskohtaiset tehokkuustulokset siten, että jokaisen yrityksen ”uusi” tehokkuusluku sijoittuu välille 0 ja 1. Nyt tehokkain yritys saa arvon 1 parametrille  $a$  ja tehottomin arvon 0. Yritykset, jotka sijoittuvat ääripäiden väliin, saavat parametrille  $a$  arvon  $0 < a < 1$  siten, että mitä tehokkaampi yritys on, sitä korkeampi on  $a$ . Tällaisen sääntelyn seurauksena jokaisen voittoa maksimoivan yrityksen tavoitteena on kustannusten minimointi.

Vertailun vuoksi alla esitettävissä hyvinvointilaskelmissa on hyödynnetty myös suoraviivaisesti Rogersonin (2003) tutkimukseen pohjautuvaa nk. yksinkertaistettua sopimusmenua.<sup>9</sup> Hyvinvointimuutokset on esitetty taulukossa 4.

Hyvinvointimuutos riippuu sääntelymuodon lisäksi myös SFA-tehokkuuslaskelmien taustalla olevasta mallispesifikaatiosta. Huomattavaa on, että hyvinvoinnin lisäys jakautuu hyvin eri tavoin kuluttajien ja tuottajien välillä riippuen siitä, mihin edellä kuvailluista sääntelymuodoista siirrytään. Kokonaishyvinvointi kasvaa eniten siirryttäessä sopimusvalikkosään-

<sup>9</sup> Ks. Rogerson (2003), jossa tämä sääntelymuoto ja sen taustalla oleva laskenta on yksityiskohtaisesti esitetty.

telyyn. Lähes yhtä suuri hyvinvoinnin lisäys saavutetaan siirtymällä hintakattosäätelyyn. Hintakattosäätelyssä kuitenkin kuluttajien ylijäämä pienenee tuottajan ylijäämän kasvaessa huomattavasti. Pienin kokonaishyvinvoinnin lisäys saavutetaan siirryttäessä yksinkertaistettuun sopimussopimusvalikkoon. Vaikka kokonaishyvinvoinnin lisäys on tässä pienin, se jakaantuu tasaisemmin kuluttajan ja tuottajan välillä kuin muissa sääntelymuodoissa.

#### 4. Yhteenvedo ja tulevaisuuden haasteet

Sähkömarkkinoiden vapauttamisen ja sääntelyn purkamisen yhteydessä nähtiin tarpeelliseksi, että sähkön siirto ja jakelu jätettiin kilpailun ulkopuolelle. Taustalla oli perustellusti näiden toimintojen asema alueellisina luonnollisina monopoleina. Monopoliasemastaan johtuen sähkön jakelu- ja siirtohintaa on tarkoituksenmukaista säännellä. Perinteisesti sähkön jakelu ja siirtohintaa on säännelty käyttämällä kustannuksiin pohjautuvaa sääntelyä. Teoriassa on kuitenkin osoitettu että kustannuspohjaiseen sääntelyyn liittyy lukuisia ongelmia, joista merkittävämpänä voidaan pitää sen heikkoa kannustinvaikutusta kustannustehokkaaseen toimintaan. Littlechild (1983) esitteli hintakattosäätelyn, joka ratkaisi kustannuspohjaiseen sääntelyyn liittyvän moraalikadon ongelman. Myöhemmin kuitenkin todettiin, että hintakattosäätelyyn liittyi haitallisen valikoitumisen ongelma sekä kykenemättömyys kuluttajan ylijäämän riittävään huomioimiseen. Laffont ja Tirole (1986) esittelivät nk. optimaalisen kannustinsäätelyn joka ratkaisi samanaikaisesti sekä moraalikadon että haitallisen valikoitumisen ongelmat. Tätä sääntelyä on kuitenkin hyödynnetty käytännössä vähän, mihin yhtenä

syynä on sen vaatima monimutkainen laskenta ja vaikeus arvioida yrityskohtaiseen tehostamiseen liittyvä rajahaittaa. Myöhemmin Rogersson (2003) ja Kopsakangas-Savolainen ja Svento (2010) ovat osoittaneet, kuinka optimaaliseen kannustinjärjestelmään pohjautuvaa sääntelyä voidaan hyödyntää käytännössä.

Eri sääntelymuotojen aiheuttamat hyvinvointivaikutukset yhteiskunnassa voivat olla merkittäviä. Mikäli sääntelyssä on pitkään nojattu puhtaasti kustannusperusteiseen sääntelyyn, on hyvin mahdollista että moraalikadon ongelma ilmenee yritysten toiminnassa kustannustehottomuutena. Tällöin siirtyminen kohti kannustinpohjaista sääntelyä voi aiheuttaa selkeää kokonaishyvinvoinnin paranemista, kun sitä mitataan kuluttajan ja tuottajan ylijäämien summana. On kuitenkin huomioitavaa, että eri kannustinsäätelyjärjestelmät aiheuttavat erisuuruisia ja usein erisuuntaisia vaikutuksia kuluttajan ja tuottajan ylijäämään. Sääntelyviranomaisen tulisikin sääntelymuotoa valittaessa harkita, haluaako se painottaa ainoastaan kokonaishyvinvointia vai antaa mahdollisesti suuremman painon joko kuluttajan tai tuottajan ylijäämälle. Selvää kuitenkin on, että sääntelymuodon valinnalla eikä ainoastaan sillä säännelläänkö markkinaa vai ei, on merkitystä markkinoiden toiminnalle.

Sähkömarkkinoilla on käynnissä historiallisestikin arvioituna mittava systeemitasoinen muutos. Ilmastonmuutoksen uhka ja uusiutumattomien energialähteiden väheneminen ovat aiheuttaneet paineen siirtyä yhä enemmän uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Tämän lisäksi energiankulutusta halutaan hillitä sekä aikaan liittyvää kulutusprofiilia muokata. Jotta näihin tavoitteisiin päästäisiin tarvitaan uudenlaista tuotantoa perinteisen tuotannon rinnalle ja sitä korvaamaan. Hajautetut energiaratkaisut

ja niin sanotun luonnostaohjautuvan (*intermittent*) uusiutuvan energian (kuten tuuli ja aurinko) lisääntyminen aiheuttavat stokastisen luonteensa vuoksi haasteita myös sähkön jakeluun ja siihen liittyvään hinnoitteluun ja sääntelyyn. Sähkön jakelun hinnoittelu tulisikin tulevaisuudessa suunnitella siten, että se tukee koko systeemin mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä. On mahdollista että perinteisestä tasahinnoittelusta luovutaan ja siirrytään kohti dynaamisempaa siirtohinnoittelua. Tällainen muutos on haasteellinen toteuttaa ja se vaatii myös nykyisten sääntelymallien uudelleentarkastelua. □

## Kirjallisuus

- Farsi, M., Filippini, M. ja Greene, W. (2005), “Efficiency measurement in network industries: application to the Swiss railway companies”, *The Journal of Regulatory Economics* 28: 69–90.
- Farsi, M., Filippini, M. ja Greene, W. (2006), “Application of panel data models in benchmarking analysis of the electricity distribution sector”, *Annals of Public and Cooperative Economics* 77: 271–290.
- Greene, W. (2004), “Distinguishing between heterogeneity and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization’s panel data on national health care systems”, *Health Economics* 30: 959–980.
- Greene, W. (2005a), “Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model”, *Journal of Econometrics* 126: 269–303.
- Greene, W. (2005b), “Fixed and Random effects in stochastic frontier models”, *Journal of Productivity Analysis* 23: 7–32.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I. ja Schmidt, P. (1982), “On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model”, *Journal of Econometrics* 19: 233–238.
- Kopsakangas-Savolainen, M. ja Svento, R. (2010), “Comparing welfare effects of different regulation schemes: An application to the electricity distribution industry”, *Energy Policy* 38: 7370–7399.
- Kopsakangas-Savolainen, M. ja Svento, R. (2008), “Estimation of cost-effectiveness of the Finnish electricity distribution utilities”, *Energy Economics* 30: 212–229.
- Kopsakangas-Savolainen, M. ja Svento, R. (2011), “Observed and unobserved heterogeneity in stochastic frontier models: An application to the electricity distribution industry”, *Energy Economics* 33: 304–310.
- Kumbhakar, S.C. ja Lovell, C.A.K. (2000), *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kuosmanen, M. ja Kortelainen, M. (2012), “Stochastic non-smooth envelopment of data: semi-parametric frontier estimation subject to shape constraints”, *Journal of Productivity Analysis* 38: 11–28.
- Laffont, J.-J. ja Tirole, J. (1986), “Using cost observation to regulate firms”, *The Journal of Political Economy* 94: 614–641.
- Liston, C. (1993), “Price-cap versus rate-of-return regulation”, *Journal of Regulatory Economics* 5: 25–48.
- Littlechild, S.C. (1983), *Regulation of British telecommunications’ profitability*, Report to the Secretary of State, Department of Industry. Her Majesty’s Stationery Office, London.
- Pitt, M. ja Lee, L. (1981), “The measurement and sources of technical inefficiency in Indonesian weaving industry”, *Journal of Development Economics* 9: 43–64.
- Rogerson, W.P. (2003), “Simple menus of contracts in cost-based procurement and deregulation”, *The American Economic Review* 93: 919–926.
- Schmidt, P. ja Sickles, R.E. (1984), “Production frontiers and panel data”, *Journal of Business and Economic Statistics* 2: 367–374.