



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Suomen jakeluverkkoyhtiöiden sääntely kapasiteetin käyttöasteen näkökulmasta

Taloustieteen
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Julia Siimento

Ohjaaja:
Professori Timo Kuosmanen

16.5.2025
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Taloustiede

Tekijä: Julia Siimonto

Otsikko: Suomen jakeluverkkoyhtiöiden sääntely kapasiteetin käyttöasteen näkökulmasta

Ohjaaja: professori Timo Kuosmanen

Sivumäärä: 75 sivua + liitteet 7 sivua

Päivämäärä: 16.5.2025

Tässä tutkielmassa tarkastellaan suomalaista sähkön jakeluverkkojärjestelmää Energiaviraston asettaman sääntelyn näkökulmasta. Erityisesti kiinnitän huomiota sähkön jakeluverkon käyttöasteeseen ja kapasiteetin tehokkaaseen käyttöön, joka on sääntelyyn ja Energiaviraston käytäntöihin liittyvässä keskustelussa jäänyt vähemmälle huomiolle. Tutkin skenaarioiden avulla, millaisia kustannussäästöjä yhtiöt voisivat kokonaiskustannuksissa mitattuna saada aikaan, jos yhtiön kokonaiskapasiteettia vähennettäisiin portaittain. Kokonaiskapasiteetin vähentyessä verkon käyttöaste nousee, sillä verkossa kulkevan energian määrä säilyy samana.

Valtakunnallinen sähkönsiirtojärjestelmä on kriittistä infrastruktuuria, jonka vuoksi sen ylläpito on erittäin tärkeä osa yhteiskunnan toimivuutta. Suomen sähkönjakelua ja sähkömarkkinoita voidaan pitää yhtenä maailman kehittyneimmistä järjestelmistä, sillä ne yhdistävät korkean toimitusvarmuuden, tehokkaat markkinamekanismit ja ympäristönäkökulman. Julkinen keskustelu sähköverkoista keskittyy usein siirtohintojen tasoon sekä verkon kapasiteetin riittävyteen, mutta harvemmin kapasiteetin käyttöasteen nostamiseen. Tarkastelen tutkielmassa myös erilaisia keinoja, erityisesti kysyntäjoustoa, ratkaisuna huippukysynnän tasaamiseen ja verkon kapasiteetin riittävyden varmistamiseen.

Sähköverkkoyhtiöt ovat luonnollisia monopoleja, sillä ne eivät kohtaa alueellisesti kilpailua. Taloustieteellisen regulaatioteorian mukaan luonnollisille monopoleille, kuten sähköverkkoyhtiöille, on perusteltua asettaa rajoitteita sääntelyn avulla esimerkiksi tuottoastetta tai hintoja rajaamalla. Tyypillinen haaste säännellyillä aloilla on yhtiöiden alttius yli-investoida pääomaan. Jos sääntelyn asettava viranomaisen sallii tietyn enimmäisprosentin tuottoa sidottuna yrityksen pääomaan, monopoli pyrkii kasvattamaan kokonaispääomaansa, jotta sen absoluuttinen voitto voi kasvaa. Lopputuloksena voi olla ylikapasiteetti tai sellaisia investointeja, joita ei välttämättä tarvittaisi tehokkaaseen toimintaan.

Tutkielmani aihe pureutuu juuri yhtiöiden yli-investoimiseen käyttöasteen näkökulman avulla, ja empiirisen osion tulokseni osoittavat, että yhtiöt voisivat saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä rajaamalla kapasiteettiaan ja vähentämällä pääomaintensiivisyyttään. Tulokset ovat olennaisia etenkin Energiaviraston sääntelyn näkökulmasta, sillä sääntelyllä voidaan vaikuttaa verkkoyhtiöiden kannustimiin investoida joko uuteen verkkoon tai päin vastoin tehostaa verkon käyttöä. Sähkön jakeluverkon käytön tehostamisella on merkittävää hyötyä yhteiskunnan, kuluttajien ja ympäristön näkökulmasta, ja se hyödyttää myös verkkoyhtiöitä kustannussäästöjen kautta.

Tutkielmani tuloksista voidaan havaita, että etenkin suuret ja pääomaintensiiviset verkkoyhtiöt saavuttavat prosentuaalisesti suuria kustannussäästöjä kapasiteettia rajaamalla. Pienet ja jo valmiiksi tehokkaasti sähköverkkoa hyödyntävät yhtiöt eivät hyötyisi kapasiteetin vähentämisestä merkittävästi, vaan vaikutukset voivat olla jopa negatiivisia. Myös verkon hajanaisuudella ja rakenteella voi olla vaikutusta kustannussäästöihin. Tulokset osoittavat, että sääntely voi altistaa yhtiöitä liian pääomaintensiiviseen toimintaan ja osoittaa, että luonnollisten monopolien taipumus yli-investoimiseen voi vaikuttaa myös suomalaisissa sähkön jakeluverkkoyhtiöissä. Sääntelyssä yli-investoimisen alttiuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi kokonaiskustannukset huomioimalla eli sisällyttämällä myös pääomakustannukset laskentaan.

Jatkotutkimusaiheena keskeistä olisi selvittää, kuinka esimerkiksi dynaamiset sopimukset mahdollistaisivat investointitarpeen rajaamisen verkkoa rasittavia huippukysynnän piikkejä rajaamalla.

Avainsanat: energia, luonnollinen monopoli, regulaatioteoria, sähköverkko, sääntely

SISÄLLYS

1	Johdanto	7
2	Jakeluverkkoyhtiöt osana Suomen sähkömarkkinaa	10
	2.1 Sähkömarkkinoiden rakenne ja kilpailu	10
	2.2 Jakeluverkkojen kapasiteetti ja kysynnän hallinta	12
3	Regulaatioteoria taloustieteessä	15
	3.1 Yleisen edun teoria ja sääntelyn asettamisen motivointi	15
	3.2 Sääntelyn rajoitteet	16
	3.3 Luonnollinen monopoli ja sääntelyn eri muodot	17
	3.4 Yli-investoiminen	19
	3.5 Mittatikkukilpailu	24
	3.6 Jakeluverkkotoiminnan sääntely ja ehdollinen mittatikkukilpailu	26
	3.7 Sääntelyn hyvinvointivaikutukset energiasektorilla	29
4	Energiaviraston soveltama sääntely	33
	4.1 Jakeluverkkoyhtiöiden sääntelyn kehitys Pohjoismaissa	37
5	Käyttöaste ja kapasiteetti tehostamiskannustimessa	40
	5.1 Yleinen tehostamistavoite	41
	5.2 Yrityskohtaisen tehostamistavoitteen muuttujat	41
	5.3 Yrityskohtaisten tehostamiskustannusten vertailutaso	42
	5.4 Yrityskohtaiset toteutuneet tehostamiskustannukset	43
	5.5 Tehostamiskannustin toteutuneen oikaistun tuloksen laskennassa	44
	5.6 Tehostamiskannustimesta käytännössä	44
6	Tehostamiskannustimen kustannusvaikutusten empiirinen vertailu	46
	6.1 Tutkimusasetelma	46
	6.2 Yhteys regulaatioteoriaan	47
	6.3 Data	48
	6.4 Skenaariot	49
	6.4.1 Kapasiteetin nykykäyttöarvon skenaariot	49

6.4.2	WACC-skenaariot ja Pohjoismainen vertailu	50
6.4.3	WACC-skenaarioiden laskenta	52
6.4.4	StoNED-mallin kustannusten muuttaminen kokonaiskustannuksiksi	54
6.5	Tulosten tilastollinen mallintaminen	55
6.5.1	Lineaarinen regressio	55
6.5.2	Kustannussäästöjen selittäminen lineaarisella regressiomallilla	57
7	Tutkimustulosten analyysi	59
7.1	Kustannussäästöjen keskeiset tunnusluvut	59
7.2	Regressiomallin tulokset	62
7.3	Yhtiötason tarkastelu	64
7.4	Kustannussäästöjen kokoluokka ja merkitys	66
8	Johtopäätökset	68
	Lähteet	71
	Liitteet	77
	Liite 1. Prosentuaaliset kustannussäästöt matalassa WACC-skenaariossa	77
	Liite 2. Prosentuaaliset kustannussäästöt normaalissa WACC-skenaariossa	79
	Liite 3. Prosentuaaliset kustannussäästöt korkeassa WACC-skenaariossa	81

KUVIOT

Kuvio 1. Kahta tuotannontekijää hyödyntävän yrityksen tuotanto sääntelyn alaisessa monopolistisessa kilpailussa (Averch & Johnson 1962, 2)	22
Kuvio 2. Averch-Johnson efekti kahden tuotannontekijän yrityksellä monopolistisessa kilpailussa (Averch & Johnson 1962, 1052–1069)	23
Kuvio 3. Havainnollistus ehdollisen mittatikkukilpailun OPEX- ja TOTEX- normeista (Kuosmanen & Johnson 2020, 53)	28
Kuvio 4. Lämpökartta kustannussäästöistä	61
Kuvio 5. Kapasiteetin muutosprosentin ja keskimääräisen kustannussäästön suhde	61
Kuvio 6. Käyttöpaikkojen määrän vaikutus kustannussäästöihin skenaariokohtaisesti	65

TAULUKOT

Taulukko 1 Kustannussäästöjen tunnusluvut	60
Taulukko 2 Regressiomallin tulokset	62
Taulukko 3 Keskimääräiset kustannussäästöt euromääräisesti	66

1 Johdanto

Vihreä siirtymä, sähköistyminen ja kasvava energian kysyntä haastavat perinteisiä energiajärjestelmiä kaikkialla maailmassa. Tutkielmassa nostan esiin vähemmälle huomiolle jääneen mutta erittäin keskeisen kysymyksen: Suomen sähköverkon käyttöasteen tehostamisen. Tarkastelen aihetta erityisesti Energiaviraston sääntelyn näkökulmasta: kannustaako se jakeluverkkoyhtiöitä hyödyntämään olemassa olevaa kapasiteettiaan tehokkaasti vai ohjaako se liikaa uusien investointien toteuttamiseen ja kapasiteetin kasvattamiseen?

Energian tuotanto ja kulutus ovat murrosvaiheessa siirryttäessä pääosin polttamiseen perustuvasta energiasta yhä enemmän päästöttömän sähkön hyödyntämiseen. Suomen kantaverkoista vastaavan Fingridin (2024) mukaan puhtaan sähkön tarpeen ennustetaan kasvavan nopeasti kaikkialla Euroopassa, ja puolestaan uusiutumattomien energianlähteiden käyttö laskee voimakkaasti.

Sähkön kysyntä ja tuotanto Suomessa ovatkin kasvaneet viime vuosikymmeninä merkittävästi. Fingrid ennustaa Suomen sähkönkulutuksen jopa kaksinkertaistuvan kymmenessä vuodessa, ja kasvua vauhdittaa erityisesti teollisuus, lämmitys ja liikenne. Puolestaan valtaosa uudesta sähköntuotannosta perustuu sääriippuvaiseen sähköntuotantoon ja etenkin maatuulivoimaan, jossa Suomen kilpailuetu on vahva muun muassa suuren maapinta-alan ja pienen asukastiheyden vuoksi. (Fingrid: Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät.)

Kasvava sähkön kysyntä edellyttää sähköverkon kehittämistä. Fingrid (Fingrid: Verkkovisio) arvioi kantaverkkoinvestointien tarpeen olevan tulevien vuosien aikana useita miljardeja jo pelkästään kantaverkossa. Investointitarve koskettaa myös jakeluverkkoyhtiöitä, ja etenkin suurilla yhtiöillä investointitarve voi nousta miljarditasolle (Caruna: Sähköverkon kehittämissuunnitelma; Elenia: Vuosikatsaus 2024).

Energiamurroksesta, kysynnän kasvusta ja sähkön jakeluverkon investointitarpeista puhuttaessa vähemmälle huomiolle on kuitenkin jäänyt olemassa olevan kapasiteetin käyttöaste sekä verkkoinvestointien tehokkuus. Nämä ovat kriittisiä osa-alueita, sillä verkkoyhtiöiden kapasiteetti on arvoltaan miljardeja euroja ja sillä on merkittävä taloudellinen vaikutus niin asiakkaan, yhtiön, kunnan kuin koko valtionkin tasolla. Jotta kasvavaan kysyntään voidaan vastata, on olemassa olevaa kapasiteettia käytettävä mahdollisimman tehokkaasti ja vältettävä tehottomia investointeja.

Sähkön jakeluverkkotoiminta on luonteeltaan luonnollinen monopoli. Koska yhden toimijan hallitsema verkko on siis ainoa vaihtoehto sähkön jakeluun tietyllä alueella, on tyypillistä, että jakelu-

verkkoa ylläpitävää yhtiötä säädellään esimerkiksi viranomaisten asettamilla tuotto- ja hinnoittelurajoilla. Suomessa sähköjakeluverkkoliiketoiminta toimii Energiaviraston (2023) sääntelyn alaisuudessa, jonka ensisijaisena tarkoituksena on turvata kohtuullinen hintataso ja toimitusvarmuus kuluttajille sekä säännellä yhtiöiden sallittua tuottotasoa.

Sääntelykokonaisuudessa olennaista on huomioida jakeluverkkoyhtiöiden olemassa olevan kapasiteetin ja sen käyttöasteen tehokkuus. Sähköverkon käyttöasteella tarkoitetaan sitä, miten paljon sähköä johdetaan verkkoyhtiön verkon kautta suhteessa verkon kokoon. Tässä tutkielmassa tarkastellaan Suomen sähköjakeluverkkoliiketoiminnan nykyistä sääntelyjärjestelmää, sen vaikutusta jakeluverkkoyhtiöihin ja erityisesti niiden uusiin verkkoinvestointeihin ja olemassa olevan kapasiteetin käyttöasteeseen. Keskeiset tutkimuskysymykset ovat:

1. Mikä on sähköjakeluverkkoyhtiöiden sääntelyn ja tehostamiskannustimen yhteys perinteiseen taloustieteelliseen regulaatioteoriaan?
2. Kuinka Energiaviraston asettama tehostamiskannustin huomioi verkkoyhtiön kapasiteetin ja käyttöasteen?
3. Millaisia kustannussäästöjä yhtiöt voisivat saavuttaa, jos tehostamiskannustin huomioisi paremmin yli-investoimisen riskin? Mikä vaikutus olisi kokonaistaloudellisesti?

Jakeluverkon käyttöaste on olennainen mittari sähköverkon tehokkuudelle, sillä se kertoo yksinkertaisesti, kuinka hyvin jakeluverkkoyhtiöt hyödyntävät olemassa olevaa kapasiteettiaan. Matala jakeluverkon käyttöaste voi johtaa tehottomuuteen, tarpeettomiin kustannuksiin ja jopa haitata uusiutuvien energialähteiden tehokasta integrointia verkkoon. Olemassa olevan kapasiteetin alikäytön taustalla on korkea investointiaste eli yli-investoiminen, joka puolestaan voi olla sekä kestävyys- että kannattavuuden näkökulmasta tehoton ratkaisu.

Tutkimuskysymyksiä tarkastellaan taloustieteellisessä teoriassa regulaatioteorian näkökulmasta, ja teoriaosiossa esitellään olennaiset teoreettiset viitekehykset jakeluverkkoyhtiöiden toiminnan kannustavuuden ja sääntelyn näkökulmasta: näitä ovat esimerkiksi erilaiset sääntelymallit kuten mittatikkukilpailu (Shleifer 1985), ehdollinen mittatikkukilpailu (Kuosmanen & Johnson 2020) sekä yli-investoiminen (Averch & Johnson 1962).

Empiirisessä osiossa tavoitteena on tarkastella Energiaviraston asettaman tehostamiskannustimen laskentamallin avulla, millainen vaikutus jakeluverkkoyhtiöiden kapasiteetin pienentämisellä eli yli-

investoimista välttämällä olisi kokonaiskustannuksiin. Tuloksina tarkastellaan kokonaiskustannusten muutosta jokaisen verkkoyhtiön tasolla erilaisista pääoman kustannuksien ja kapasiteetin pienentämisen tasojen pohjalta muodostuvien skenaarioiden avulla. Skenaarioissa keskeisenä on käyttöasteen nousu, sillä verkossa kulkevan energian määrä säilyy samana, mutta kapasiteetin määrä laskee.

Empiirisen osion tuloksia tarkastellaan luvussa 7. Lopuksi esitetään tutkimuskysymysten kannalta keskeiset johtopäätökset sekä jatkotutkimuksen olennaiset painopisteet.

Pro graduni ei keskity pelkästään sähkön jakeluun ja säätelyyn teknisellä tasolla, vaan tuo esille säätelyn tehokkuuden ja hyvinvointivaikutusten näkökulman. Tämä vaikuttaa siihen, kuinka hyvin sähkömarkkina pystyy vastaamaan kuluttajien ja energiantuotannon muuttuviin tarpeisiin. Säätelyssä tehtävät muutokset voisivat paitsi parantaa jakeluverkon käyttöastetta ja vähentää yli-investointeja, myös edistää sähkömarkkinoiden tehokkuutta Suomessa.

2 Jakeluverkkoyhtiöt osana Suomen sähkömarkkinaa

Energialla on merkittävä rooli koko yhteiskunnan kannalta, ja sähkö onkin ollut kaikille Suomessa asuville ihmisille toimitettava peruspalvelu jo vuosikymmenien ajan. Jotta sähkö saadaan kotitalouksien käytettäväksi, tarvitaan kattava, tehokas ja toimitusvarma sähköverkko, jonka tehtävänä on siirtää voimaloissa tuotettu sähkö sähkön käyttäjille (Energiamailma: Sähköverkko). Valtakunnallinen sähkönsiirtojärjestelmä on yhteiskunnan kriittistä infrastruktuuria, jonka vuoksi sen ylläpito on erittäin tärkeä osa yhteiskunnan toimivuutta. Suomen sähköjakelua ja sähkömarkkinoita voidaan pitää yhtenä maailman kehittyneimmistä järjestelmistä, sillä ne yhdistävät korkean toimitusvarmuuden, tehokkaat markkinamekanismit ja ympäristönäkökulman.

2.1 Sähkömarkkinoiden rakenne ja kilpailu

Sähkömarkkinan kilpailun perusidea on, että jokainen kuluttaja voi valita haluamansa sähkönmyyjän, joka hankkii sähkönsä joko omasta tuotannostaan tai Pohjoismaiden yhteisestä Nord Pool -sähköpörssistä (Nord Pool: Our Business). Nord Poolissa määritettävät hinnat muodostavat standardin koko pohjoismaisille sähkömarkkinoille. Suomessa sähkön markkinahintaa ohjaa Nord Pool Spotin hinnoittelu ja spot-kauppa: spot-kaupassa sähköä myydään lyhyellä aikavälillä, eli vuorokauden tai tunnin sisällä päivän markkinahinnalla, joka määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Puolestaan termiinkaupassa käydään kauppaa tulevaisuuden toimitettavasta sähköstä, joka tapahtuu Nasdaq Commodities -sähköpörssissä (Nasdaq: European Power Futures and Options).

Vuorokausimarkkinoiden tarkoituksena on tarjota kaikille markkinoille osallistuville alueille mahdollisimman kustannustehokkaasti tuotettua sähköä. Vuorokausimarkkinoiden sähkön hinnasta käytetään myös termiä pörssisähkön hinta. Tukkumarkkinoiden lisäksi jokaisessa maassa on omat sähkön vähittäismarkkinat, joilla sähkönmyyntiyhtiöt myyvät itse tuottamaansa tai tukkumarkkinoilta ostamaansa sähköä edelleen pienkuluttajille. Vähittäismarkkinoilla myyjät voivat tarjota asiakkailleen useita erilaisia sähkönmyyntisopimuksia. Esimerkiksi kiinteähintaisessa sopimuksessa sähkön hinta on tietyn suuruinen sopimuksen ajan riippumatta tukkumarkkinahinnasta. Pörssisähkösopimuksessa kuluttaja maksaa tukkumarkkinoilla määritetyn mukaisen hinnan kuluttamastaan sähköstä, mihin lisätään sopimuksen mukainen välitysmaksu. (Fingrid: Yleistietoa sähkömarkkinoista.)

Sähkön hintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten polttoaineiden hinnat, päästöoikeuksien kustannukset sekä sääolosuhteet, jotka määrittävät ennen kaikkea tuuli-, aurinko- ja vesivoiman saatavuuden (Fingrid: Miten sähkön hinta muodostuu). Etenkin tuulivoiman osuus sähköntuotannosta on kasva-

nut, ja uusiutuvien energianlähteiden laajentuminen tukee Suomen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteita (TEM 2022). Vaihtelevat uusiutuvat energiamuodot, kuten aurinko- ja tuulisähkö, edellyttävät kuitenkin aiempaa tarkempaa verkon tasapainotusta ja säätövoimaa (Fingrid: Miten sähkön hinta muodostuu).

Sähkömarkkinalain (588/2013) mukaan sähkömarkkinoilla toimivan yrityksen on eriytettävä kantaverkko- ja jakeluverkkotoiminta muusta liiketoiminnasta. Lain mukaan tilikausittain on laadittava erillinen tuloslaskelma ja tase eriytetyille sähköliiketoiminnoille sekä yhdistetty tuloslaskelma ja tase muille yrityksen harjoittamille liiketoiminnoille. Tällä eriyttämisvaatimuksella varmistetaan toiminnan läpinäkyvyys ja valvonnan tehokkuus. Täten suomalaiset energiayhtiöt toimivat erillään sähkön jakelusta. Jakelusta vastaavat kantaverkkoa ylläpitävä Fingrid Oyj sekä Suomessa toimivat verkkoyhtiöt, jotka ylläpitävät sähkön jakeluverkkoja (Energieollisuus: Sähköverkkoyhtiöt).

Sähkönjakelu eli sähkönsiirtojärjestelmä perustuu siihen, että sähköä tuotetaan ja siirretään kantaverkossa sekä alueellisissa ja paikallisissa verkoissa mahdollisimman tehokkaasti, jotta kulutuksen ja tuotannon välinen tasapaino säilyy reaaliaikaisesti. Kantaverkon hallinnasta vastaava Fingrid Oyj ylläpitää valtakunnallisia 400 kV:n, 220 kV:n sekä osittain 110 kV:n siirtoverkkoja. Alueverkot, yleensä 110 kV:n jännitetasolla, yhdistävät kantaverkon edelleen paikallisiin jakeluverkkoihin, jotka toimittavat sähkön lopullisille käyttäjille, kuten kotitalouksille ja yrityksille. Sähköstä 75 % siirretään kantaverkon kautta, ja siihen kuuluu noin 14 500 kilometriä voimajohtoa ja 121 sähkösemaa. (Fingrid: Fingridin sähkönsiirtoverkko.)

Puolestaan jakeluverkkoyhtiöt vastaavat Energiaviraston sähköverkkoluvassa määrätyllä maantieteellisellä vastuualueellaan tapahtuvasta sähkön jakelusta (Energiavirasto: Sähköverkonhaltijoiden vastuualuekartta). Vastuualueiden tulee kattaa koko Suomi Ahvenanmaata lukuun ottamatta, eivätkä vastuualueet voi olla päällekkäisiä (Energieollisuus: Sähköverkkoyhtiöt). Noin 70 % Suomen jakeluverkoista, sähkönkäyttäjistä ja yhtiöiden liikevaihdosta on 15 suurimman jakeluverkkoyhtiön hallinnassa. Pienimmät verkkoyhtiöt Suomessa operoivat vain yhden kunnan alueella ja palvelevat yleensä muutamia tuhansia asiakkaita.

Suomen sähkönjakelujärjestelmä on vahvasti integroitunut Pohjoismaihin, mutta myös EU:n energiapolitiittiset linjaukset, kuten päästökauppajärjestelmä, ohjaavat järjestelmää ja etenkin siirtymää kohti hiilineutraalia tuotantoa (TEM: Sähkömarkkinat). Korkea teknologinen osaaminen ja pitkäjänteinen verkkoinfrastruktuuriin panostaminen luovat edellytykset jatkaa sähköjärjestelmän kehittämistä niin, että sekä ilmastotavoitteet että kuluttajien edut toteutuvat tasapainoisesti. Näin Suomi

pysyy luotettavana ja innovatiivisena sähkönjakelun ja -markkinoiden esimerkkinä myös kansainvälisesti, sekä houkuttelee erilaisia investointeja. Esimerkkejä merkittävistä Suomeen sijoittuneista puhdasta sähköä hyödyntävistä investoinneista ovat datakeskukset, joita Suomeen on tulossa lukuisia (Yle 24.6.2024).

2.2 Jakeluverkkojen kapasiteetti ja kysynnän hallinta

Suomalainen sähkömarkkina vaikuttaa jakeluverkkojen kapasiteetin kokoon ja käyttöasteeseen. Esimerkiksi Nord Poolin tukkumarkkinat ohjaavat sähkön virtausta alueiden välillä markkinahinnan perusteella, mikä voi johtaa ajoittaiseen kapasiteetin ylikuormitukseen tai alikäyttöön. Erityisesti kulutshuiput ja niiden hallinta korostuvat, koska paikalliset verkot eivät aina kykene käsittelemään nopeita kulutuksen vaihteluita.

Sähköverkko mitoitetaan käytännössä verkkoon kuuluvien liittymien huipputehojen mukaan. Näin varmistetaan verkon käyttövarmuus myös huipputehotunteina, joita tyypillisesti ovat kylmimmät talvipäivät. Liittymän toteutunut teho vaihtelee ajallisesti suurestikin ja yleensä huipputeho saavutetaan hyvin harvoin. Erityisesti vaihteluja sen aiheuttamat haasteet liittyvät uusiutuvaan sähkön tuotantoon, kuten tuulivoimaan. Liittymän yhteyteen rakennettavat erilaiset ratkaisut, kuten akut, voivat vaikuttaa siihen, että liittymän huipputehoa ei normaalitilanteessa käytännössä koskaan saavuteta. (AFRY 2024.)

Sähkön kysynnän myötä myös huipputehojen mitoitukset kasvavat, joka kuormittaa nykyistä infrastruktuuria. Akateemisessa kirjallisuudessa on tarkasteltu viime vuosina useita tapoja energiamäärien hallintaan ja huippukysynnän tasapainottamiseen, joista etenkin kysyntäjoustot ja kehittyneet optimointimenetelmät ovat keskeisiä. Kysyntäjoustolla tarkoitetaan kulutuksen siirtämistä tai vähentämistä sähkömarkkinoilla verkon tasapainon tukemiseksi, ja tämä joustavuus on kriittisessä roolissa etenkin uusiutuvien energiamuotojen yleistyessä (Stanelyte ym. 2022, 1-2).

Sähkön kysynnän ja tarjonnan tasapainottaminen voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan: kontrollimekanismeilla hallittavaan kysyntään (engl. control-mechanism demand response), päätösmuuttujalla hallittavaan kysyntään (engl. decision-variable-based demand response) ja motivointiin (engl. offered motivation based demand response). Näistä erityisesti jälkimmäisellä eli motivoinnilla pallokitaan kuluttajaa joustavuudesta, ja kyseiset toimet voidaan jakaa vielä kahteen pääkategoriaan: hinta- ja kulutusperusteiseen kysyntäjoustoon. (Stanelyte ym. 2022, 9.)

Stanelyte ym. (2022, 10-11) mukaan hintaperusteisessa kysyntäjoustossa kuluttajia ohjataan siirtämään kulutusta hintasignaalien ja tariffien avulla, kun taas kannusteperusteisessa kuluttajille voidaan maksaa suoria korvauksia kulutuksen siirtämisestä tai he voivat saavuttaa sillä merkittäviä kustannussäästöjä. Tällaiset toimet siirtävät joustavaa kulutusta pois ajankohdista, jolloin kysyntä on muutenkin korkealla, ja mahdollistavat kapasiteetin tasaisemman hyödyntämisen.

Kulutuskäyrän tasaantuminen parantaa verkon käyttöastetta ja pienentää riskiä siihen, että yksittäiset huippukysynät ylikuormittaisivat kapasiteettia tai pitkällä aikavälillä jopa pakottaisivat rakentamaan uutta verkkoa. Sekä hinta- että kannustinpohjaisten mekanismien merkitys on kasvava, ja niillä voidaan merkittävästi parantaa energianhallintaa sekä kestäväää energiajärjestelmää. Kysyntäjouston täyden potentiaalin saavuttaminen vaatii kuitenkin tarkkaa suunnittelua, sääntelyuudistuksia, teknologista kehitystä sekä kuluttajien koulutusta ja osallistamista. (Chatuanramtharnghaka ym. 2024, 18.)

Hintapohjaisissa mekanismeissa voidaan asettaa esimerkiksi kalliimpi hinta energialle, jota kulutetaan huippukysynnän aikana. Eräs metodi on käyttää TOU-ohjelmaa (engl. Time of Use), jossa sähkö hinnoitellaan aikaperusteisesti. Käytännössä asiakkaalle voidaan tarjota esimerkiksi sopimus, jossa ilta-aikaan sähkö on kalliimpaa huippukysynnän vuoksi, mutta yöllä se on halpaa, koska kysyntää on vähemmän (Chatuanramtharnghaka ym. 2024, 2). TOU-ohjelmassa haasteeksi voi osoittautua kuluttajien motivaatio, sillä he eivät saa kompensatiota kalliiden tuntien välttämisestä.

Hintapohjaisia malleja ovat myös esimerkiksi CPP (engl. Critical Peak Pricing) ja RTP (engl. Real Time Pricing), jotka ovat osoittaneet kustannussäästöjä sekä yhtiö- että kuluttajatasolla ja kysyntäprofiilin tasautumista kuluttajan profiilin mukaan. (Li Y. ym., 2018; Yu R. ym., 2012; Lujano-Rojas J. ym., 2012.)

Kannustinpohjaisissa mekanismeissa kuluttajan omalla osallistumisella on olennainen rooli, ja he voivat myös itse aktiivisesti osallistua kulujensa vähentämiseen. Cruz ym. (2024, 14) havaitsivat, että siirtämällä joustavia kodin sähkölaitteiden käyttötunteja pois huipputehon käyttötunneilta voidaan kustannuksia pienentää jopa 29 % sekä kuluttajan tasolla säästää sähkölaskuissa 9 %. Misra ym. (2024, 14) tutkivat mikroverkoissa saavutettavia kustannussäästöjä kysyntäjoustoaikataulutuksen avulla, ja havaitsivat noin 10-13 % tuotantokustannusten säästöt, kun 30-40 % asiakkaista osallistui aikatauluun. Vaihtoehtona on myös suoraan sähköyhtiön toimesta tapahtuva kulutuksen rajoittaminen esimerkiksi vakaata kulutusta käyttäviltä laitteilta, kuten valaistuksesta ja ilmastoinnista. Tällöin asiakkaat saavat alennusta osallistumisesta järjestelmään. Myös tällaisilla järjestelmillä sekä

asiakkaat että yhtiöt voivat saavuttaa kustannushyötyjä sekä vähentää kulutusta huipputunteina (Mortaji ym., 2017; Barreto ym., 2020).

Dynaamisten käyttöliittymien ja suuremman kysyntäjouston aktiivisempi hyödyntäminen voisi mahdollistaa kapasiteetin paremman riittävyyden sekä rauhoittaa kasvavaa investointitarvetta Suomessa. Sähkön huippukysyntöjen tasaaminen vähentää tarvetta tuontisähköön huippukulutuksen aikana ja alentaa sähköntuotannon kokonaiskustannuksia. Lisäksi ympäristön näkökulmasta ulkomailta tuotavan fossiilisen sähkön määrä vähenee ja sähköjärjestelmä integroituu paremmin uusiutuvan energian mukaiseen tuotantoon. Kokonaisvaikutukset ovat niin yksilön, yhtiöiden kuin yhteiskunnankin kannalta tavoiteltavia. (Olkkonen ym., 2017.)

3 Regulaatioteoria taloustieteessä

Regulaatioteoria on tärkeä osa taloustieteen tutkimusala: se pyrkii selittämään esimerkiksi markkinoiden ja julkisen vallan vuorovaikutusta sekä erilaisten alojen sääntelytarpeita. Taloustieteessä regulaatiolla eli sääntelyllä tarkoitetaan Posnerin (1974, 1) mukaan valtion interventioita markkinoilla, kuten verojen ja tukien asettamista tai lainsäädäntöä esimerkiksi hinnoitteluun tai markkinoille pääsyyn liittyen. Regulaatioteoriaa tutkitaan taloustieteen lisäksi monilla muillakin tieteenaloilla, kuten politiikan ja maantieteen tutkimuksessa.

Ilman sääntelyä monopolit voivat asettaa korkeita hintoja, rajoittaa tuotantoa ja aiheuttaa näin hyvinvointitappioita, jotka haittaavat sekä kuluttajia että yhteiskuntaa (Posner 1974, 2). Tämä koskee erityisesti aloja, joissa kiinteät kustannukset ja mittakaavaedut tekevät markkinoista alttiita monopolisoitumiselle, kuten sähköjakeluverkot (Laffont & Tirole 1993, 2). Useimmiten luonnollisessa monopolissa suurimmat tuotannon kustannukset liittyvät pääomavetoiseen infrastruktuurin rakentamiseen ja ylläpitoon, esimerkiksi jakeluverkkoyhtiöiden tilanteessa sähköverkon rakentamiseen ja ylläpitämiseen. Toisaalta lisäkustannukset yhden lisäasiakkaan palvelemiseksi ovat suhteellisen pienet.

Esimerkkejä tyypillisistä luonnollisista monopoleista ovat esimerkiksi eräät liikenne- ja kuljetusyrietykset, kuten Suomessa rautatiet omistava VR, sekä muut yleishyödylliset yritykset. Näistä jälkimmäiseen voidaan lukea tutkielmani fokuksena olevat jakeluverkkoyhtiöt, jotka omistavat Suomessa sähkönsiirtoa varten tarvittavat alueelliset sähköverkot. Suomen suurimmat jakeluverkkoyhtiöt ovat Caruna Oy, Elenia Verkko Oyj ja Helen Sähköverkko Oy, ja merkittävä osuus Suomen 77 jakeluverkkoyhtiöistä on kunnan tai kuntaenemmistöisen osakeyhtiön omistamaa (Energieollisuus: Sähköverkkoyhtiöt).

3.1 Yleisen edun teoria ja sääntelyn asettamisen motivointi

Sääntelyn asettamista voidaan perustella kahdella pääteorialla, eli yleisen edun teorialla (engl. Public Interest Theory) sekä kaappausteorialla (engl. Capture Theory). Yleisen edun teorian mukaan sääntelyllä palvellaan yhteiskunnan kokonaisuhyötyä eli yleistä etua sekä pyritään korjaamaan markkinoilla esiintyviä epäkohtia, kuten monopoleja ja ulkoisvaikutuksia. Puolestaan kaappausteoria, josta esiintyy myös useita variaatioita, näkee sääntelyn olevan tiettyjen eturyhmien taloudellisen intressien palvelua varten. Kaappausteoriassa nähdään, että regulaatio on syntynyt näiden eturyhmien aktiivisesta vaikuttamisesta lainsäädäntöön, eikä vastaa yleisen edun huomioivaa sääntelyä tehokkuudeltaan tai oikeudenmukaisuudeltaan. (Posner 1974, 2-6.)

Sähkönjakelumarkkinan sääntelyä voidaan perustella erityisesti yleisen edun teorialla useista näkökulmista: esimerkiksi energian toimitusvarmuus ja saatavuus sekä hintojen vakaus ovat Energiaviraston (2023) asettamia tavoitteita sähkön jakeluverkkotoiminnan sääntelylle, ja kyseiset tavoitteet ovat myös yhteiskunnallisen yleisen edun näkökulmasta kriittisen tärkeitä. Myös muut Energiaviraston asettamat sääntelyn tavoitteet, kuten tasapuolisuus ja kokonaistehokkuus sekä liiketoiminnan pitkäjänteisyys, jatkuvuus sekä innovointi, voidaan nähdä yleistä etua edistäviksi tavoitteiksi.

Posner (1974, 18-20) nostaa kuitenkin esiin yleisen edun teoriaan liittyvää kritiikkiä: sääntely ei aina ole aidosti tehokasta, vaan siinä voi syntyä tehottomuuksia, jotka ovat yleiselle edulle haitaksi. Hänen mukaansa teoria olettaa liiaksi sääntelyn syntyvän ilman kustannuksia: esimerkiksi hallinnolliset kustannukset, viranomaisten tehottomuus ja sääntelyn toimimattomuus tai väärinkäytökset ovat yleisiä, sääntelyn tehokkuutta heikentäviä haasteita. Lisäksi Posner huomauttaa, että julkisen edun teoria ei huomioi, että sääntelyä esiintyy toisinaan jopa liiaksi, erityisesti aloilla, joissa sääntely ei aina olisi tarpeen. Myös Stigler (1971, 2) kritisoi yleisen edun teoriaa etenkin sen sivuuttaessa sääntelyn kustannustehokkuuden sekä eturyhmien vaikutukset lähes kokonaan.

3.2 Sääntelyn rajoitteet

Regulaatioteorian keskeisissä teoksissa optimaalisella sääntelyllä tarkoitetaan useimmiten sellaisen sääntelyn saavuttamista, joka maksimoi yhteiskunnallisen hyödyn tiettyjen rajoitteiden, kuten epätäydellisen informaation sekä hallinnollisten ja poliittisten rajoitteiden vallitessa (Laffont & Tirole 1993, 1-2). Yhteiskunnallista hyötyä maksimoidessa huomioidaan usein sekä sääntelyn tehokkuus, eli resurssien ohjaaminen efektiivisesti minimikustannuksin, sekä oikeudenmukaisuus, eli hyötyjen ja kustannusten jakauman hyväksyttävyys yhteiskunnallisesta näkökulmasta.

Sääntelyä asettaessa kohdataan Laffontin ja Tirolen (1993, 1-6) mukaan kolme keskeistä rajoitetta: tiedolliset, hallinnolliset sekä transaktiokustannuksiin liittyvät rajoitteet. Tiedollisella rajoitteella viitataan siihen, ettei sääntelijällä ole käytettävissään sitä tietoa mitä yrityksellä on. Tämä informaation epäsymmetria voi liittyä esimerkiksi yrityksen teknologisiin ja tuotannollisiin mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Esimerkiksi jakeluverkkoyhtiöiden kustannuksia koskeva yksityiskohtainen tieto on useimmiten yrityksillä itsellään, ei sääntelyviranomaisilla. Asetelmaa kutsutaan taloustieteessä tyyppillisesti päämies-agentti-ongelmaksi.

Laffont ja Tirole (1993, 1-2) jakavat tiedolliset rajoitteet kahteen pääkategoriaan: haitalliseen valikoitumiseen ja moraalikatoon. Ensimmäisellä tarkoitetaan tilannetta, jossa yrityksellä on tietoa, jota

sääntelijä ei voi täysin havaita. Tämä johtaa siihen, että yritys voi saada sääntelyprosessissa ylisuuria voittoja, kun regulaattori saattaa esimerkiksi yliarvioida kustannusten suuruuden. Puolestaan moraalikadolla viitataan siihen, että yrityksen tekemät valinnat, kuten johdon toimet tai resurssien kohdentaminen, eivät ole sääntelijän tiedossa. Tämä voi ilmetä esimerkiksi liian suurten resurssivarojen ylläpitämisenä tai tehottomina investointeina. Jälkimmäinen on tyypillinen haaste pääomavetoisilla sähköjakeluverkkoyhtiöillä.

Transaktiokustannuksiin liittyvillä rajoitteilla Laffont ja Tirole (1993, 3-4) tarkoittavat sellaisia rajoitteita, jotka liittyvät sääntelyn laatimisen ja toimeenpanon aiheuttamiin kustannuksiin. Sääntelyssä on esimerkiksi haastavaa huomioida kaikki mahdolliset skenaariot pitkällä aikavälillä, ja sääntelyn valvonta ja toimeenpano voi aiheuttaa lisäkustannuksia.

Hallinnollisilla ja poliittisilla rajoitteilla tarkoitetaan puolestaan toimivallan rajoihin liittyviä haasteita (Laffont & Tirole 1993, 3-4). Yleensä hallinnolliset ja poliittiset rajoitteet eivät ole täysin erillisiä, vaan sidoksissa muihin rajoitteisiin. Esimerkki hallinnollisesta rajoitteen aiheuttamasta haasteesta Suomen sähkönjakeluverkkoyhtiöitä säännellessä on, että Energiaviraston tulee aina säädelllessään ottaa huomioon sähkömarkkinalainsäädännössä sekä oikeuskäytännössä ilmenevät luonnollisen monopolin tavoitteet ja periaatteet (Energiavirasto, 2023). Vaikka sähkömarkkinalainsäädäntö on jättänyt Energiavirastolle laajan harkintavallan sääntelyn asettamiseksi, voi sen sovittaminen valitsevan lainsäädännön sekä yhtiöiden erityispiirteiden puitteissa olla haastavaa.

3.3 Luonnollinen monopoli ja sääntelyn eri muodot

Sähkön siirto ja jakelu ovat erinomaisia esimerkkejä sellaisista toimialoista, joille korkeat kiinteät kustannukset ja luonnollisen monopolin rakenne ovat tyypillisiä. Monopoliaseman väärinkäytön välttämiseksi julkiset viranomaiset ovat perinteisesti rajoittaneet hintoja soveltamalla esimerkiksi hintakatto-, tulokatto- tai tuottokattosääntelyä (esim. Armstrong & Sappington 1994; Newbery 1999) sekä kannustinsääntelyä vertailuanalyysin (engl. benchmarking) avulla (esim. Jamasb & Politt 2000). Sääntely jaetaan perinteisesti näihin kahteen tyyppiin: kustannuspohjaiseen ja kannustinpohjaiseen sääntelyyn.

Kustannuspohjaisen sääntelyn perinteinen muoto on tuottoasteen (engl. rate of return) sääntely, jossa keskitytään yrityksen tuottoprosentin valvontaan. Se varmistaa, että yritys kattaa kustannuksensa ja saa kohtuullisen tuoton. Malli on kuitenkin saanut kritiikkiä siitä, että se kannustaa tehottomuuteen ja ylikustannuksiin, erityisesti teknologian ja kysynnän muuttuessa. Lisäksi tuottoasteen sääntely voi olla hallinnollisesti kallista ja monimutkaista toteuttaa. (Liston 1993, 26-27.)

Tuottoasteen sääntelyssä regulaattori määrittää yrityksen kokonaiskustannusten perusteella tuottovaatimuksen. Tämä sisältää operatiiviset kustannukset, verot, poistot ja kohtuullisen tuoton sijoitetulle pääomalle, joka lasketaan historiallisista kustannuksista. Tuottovaatimus muodostaa hinnan, jonka yritys voi periä asiakkailta. Tuottoasteen sääntely voidaan esittää seuraavasti:

$$\text{Tuottovaatimus} = \text{Kokonaiskustannukset} = \text{Muuttuvat kustannukset} + \text{ROR} * \text{Rate base}$$

Jossa *ROR* eli rate of return tarkoittaa tuottoastetta ja *rate base* sellaista astetta, joka sisältää säänneltyjen toimintojen kannalta olennaisten investointien poistamattoman osuuden arvostettuna historiallisten menojen perusteella. (Liston 1993, 27.)

Puolestaan hintakattosääntelyssä regulaattori asettaa hintakatot, joiden alapuolella säännelty yritys saa hinnoitella palvelunsa vapaasti. Hintakatot määritetään hintaindeksien avulla, jotka koskevat yhtä tai useampaa regulaattorin valitsemaa palvelujoukkoa. Indeksejä mukautetaan tekijällä *X*, joka asetetaan etukäteen sekä päivitetään säännöllisin väliajoin. Hintakattosääntely voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$P_t = (RPI_{t-1} - X)P_{t-1}$$

jossa *RPI* on hintaindeksi edelliseltä periodilta $t - 1$. (Liston 1993, 27-28.)

Molemmilla kustannussääntelyn muodoilla on Listonin (1993, 28) mukaan sekä vahvuuksia että heikkouksia. Tuottoasteen sääntelyssä huomattavia etuja on, että se varmistaa tehokkaasti monopolihintojen valvonnan ja estää kohtuuttomien voittojen saavuttamisen. Se myös sallii yritysten porrastaa palveluidensa hintoja, millä voi olla hyötyä esimerkiksi sellaisilla aloilla, joissa palveluiden saatavuus on tietyille ryhmille haastavampaa.

Toisaalta tuottoasteen sääntely ei aseta juurikaan kannustimia yrityksille: niillä ei ole motivaatiota tehostaa toimintaansa ja minimoida kustannuksiaan. Myös liiallinen investointi pääomaan absoluuttisen tuoton kasvattamiseksi on mallin heikkous: tätä kutsutaan Averch-Johnson-efektiksi (Averch & Johnson 1962). Malli voi vaatia myös korkeita hallinnollisia kustannuksia, joten sen päivittäminen voi olla joustamatonta ja hidasta (Liston 1993, 29).

Puolestaan hintakattosääntelyn vahvuuksiin voidaan lukea etenkin kustannustehokkuuteen kannustaminen: koska yritykset voivat lisätä voittojaan kustannuksiaan minimoimalla, niiden myös kannattaa tehdä niin. Lisäksi malli mahdollistaa joustavan hinnoittelun sekä on hallinnollisilta kustannuksiltaan tuottoasteen sääntelyä kevyempi. Haasteina hintakattosääntelyssä on mahdollinen palvelujen

laadun heikkeneminen, sillä laatukriteeristön puutteen vuoksi yritykset saattavat leikata kustannuksiaan palveluiden laadusta. Lisäksi tehokkaan X-tekijän määrittäminen voi olla haasteellista tiedon epäsymmetrian vuoksi. (Liston 1993, 29.)

Kannustinsäätely on modernimpi sääntelyn muoto, joka omaa piirteitä sekä tuottopohjaisesta että hintakattosäätelystä. Laffont ja Tirole (1986) esittelevät mallin, jossa yrityksen sallittu hintataso on osittain kustannuksista riippuvainen ja osittain sääntelijän etukäteen määrittämä. Yritykselle tulee tarjota sopimusvalikkoo (engl. Menu of Contracts), jossa kustannuksista riippuva osuus ei ole vakio. Tällöin esimerkiksi yritys, jolla on korkeat kustannukset, valitsee mieluiten sellaisen sopimuksen, jossa hinta on sidottu suuremmalta osin kustannuksiin, kun taas alhaisen kustannustason yritys preferoi sopimusta, jossa kustannustehokkuudella on iso vaikutus.

Laffontin ja Tirolen (1986, 1-2) mallissa yritys valitsee itse tuotannon sekä tehokkuuden tason. Tämän jälkeen viranomainen palkitsee yritystä pohjautuen sen valitsemaan sopimukseen sekä toteutuneeseen tuotannon ja kustannusten tasoon. Formaalisti kannustinsäätely voidaan kirjoittaa seuraavasti:

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

jossa T on nettopalkkio yritykselle, s^* on ex ante palkkio yritykselle, C^* on ex ante kustannukset ja C on toteutuneet kustannukset, β on tuottavuusparametri ja K puolestaan parametri, joka käsittää tehokkuuteen panostamisesta aiheutuneen rajahaitan (Laffont & Tirole 1986, 14).

Tarkastellaan seuraavaksi näiden perinteisten sääntelykehikkojen kannalta relevantteja teorioita erityisesti jakeluverkkoyhtiöiden sääntelyn kannalta.

3.4 Yli-investoiminen

Averchin ja Johnsonin (1962) tulos monopolien alttiudesta yli-investoida pääomaan on yksi tärkeistä lähtökohdista taloustieteelliseen sääntelyteoriaan. He tutkivat, kuinka monopoliyritys käyttäytyy, kun sen tuottoja säännellään kustannuspohjaisella sääntelyllä rate of return-mallilla. Tällaisessa sääntelymallissa viranomainen määrittelee yritykselle sallitun tuottotason, joka usein perustuu yrityksen pääomarakenteeseen ja investointikustannuksiin. Malli voi tutkijoiden mukaan johtaa Averch-Johnson-efektiin. Koska viranomainen sallii tietyn enimmäisprosentin tuottoa sidottuna yrityksen pääomaan, monopoli pyrkii kasvattamaan kokonaispääomaansa, jotta sen absoluuttinen voitto voi kasvaa. Lopputuloksena voi olla ylikapasiteetti (engl. over capacity) tai sellaisia investointeja, joita ei välttämättä tarvittaisi tehokkaaseen toimintaan.

Averch ja Johnson (1962, 2-3) havainnollistavat tilannetta yhden markkinan asetelmalla: yksi yritys toimii yhdellä monopolimarkkinalla ja käyttää kahta tuotannontekijää:

$$x_1 = \text{pääoma}$$

$$x_2 = \text{työvoima}$$

Käytännössä x_1 eli pääoma voi olla esimerkiksi laitteita tai rakennuksia, ja sähköjakeluyrityksen tapauksessa sähköverkkoa ja muuta tarpeellista infrastruktuuria. Kahdella tuotannontekijällä tuotantofunktio on muotoa:

$$z = Z(x_1, x_2)$$

jossa marginaalituotokset ovat positiivisia, ja tuotantoa ei synny ilman molempia tuotannontekijöitä. Lisäksi yritys on monopoli, joten tuotteen hinta p riippuu tuotannosta z :

$$p = P(z).$$

Nyt tuotto voidaan määritellä seuraavasti:

$$\pi = pz - r_1x_1 - r_2x_2,$$

missä $r_i (i = 1,2)$ on tuotannontekijän yksikkökustannus. Pääomalle x_1 se on pääoman korko tai muu vuotuinen kustannus ja työvoimalle x_2 työvoiman yksikkökustannus.

Regulaattori ei salli monopolille rajatonta tuottoa, vaan se rajoittaa pääoman tuottoastetta:

$$\frac{pz - r_2x_2 - u_1}{c_1x_1 - U_1} \leq s_1,$$

jossa s_1 on sallittu tuotto prosentti, x_1 on asetettu pääoman määrä, c_i hankintahinta yhdelle yksikölle pääomaa, u_i poistoarvo pääomalle yhdellä periodilla ja U_i kumulatiivinen arvo poistoille. Olkoon x_2 työvoiman määrä ja r_2 työvoiman palkkataso. Rajoite siis määrää, että tuotto prosentin eli nettotuloksen jaettuna pääomalla on oltava pienempi, kuin regulaattorin asettaman sallitun tuotto prosentin. Averch ja Johnson yksinkertaistavat mallia olettamalla, että poistot ovat yhtä suuria kuin nolla ja pääoma on määritetty niin, että se on yhtä suuri kuin hankintahinta eli c_1 , joka asetetaan yhtä suureksi kuin 1. Pääoman hinta r_1 on korkokustannus, joka liittyy pääoman säilyttämiseen. Yksinkertaistuksien myötä rajoite voidaan kirjoittaa uudelleen:

$$\frac{pz - r_2x_2}{x_1} \leq s_1$$

tai

$$pz - s_1x_1 - r_2x_2 \leq 0$$

jos $s_1 < r_1$, sallittu tuotto prosentti on pienempi kuin pääoman kustannus, ja yritys vetäytyy markkinalta. Täten kiinnostava tilanne on juuri $s_1 > r_1$, jolloin yrityksen sallittu tuotto prosentti on suurempi kuin sen todellinen pääomakustannus. (Averch & Johnson 1962, 2-4.)

Averch ja Johnson (1962, 4) käsittelevät tilannetta rajoitettuna maksimointiongelmiana:

$$\begin{aligned} \max_{x_1, x_2} [pz - r_1x_1 - r_2x_2] \\ \text{s. e } pz - s_1x_1 - r_2x_2 \leq 0. \end{aligned}$$

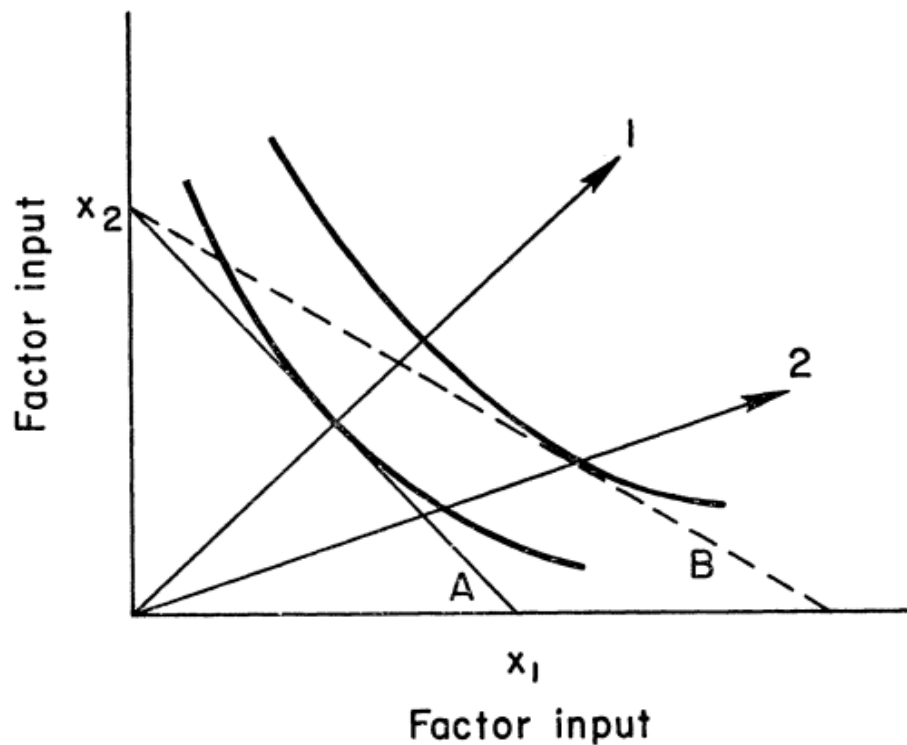
Maksimointiongelmasta voidaan muodostaa Lagrangen funktio optimointiongelman ratkaisemiseksi:

$$L(x_1, x_2, \lambda) = pz - r_1x_1 - r_2x_2 - \lambda(pz - s_1x_1 - r_2x_2),$$

jossa $\lambda \geq 0$. Lagrangen funktiosta saadaan ensimmäisen kertaluvun ehdot, joista voidaan johtaa tärkeimmät johtopäätelmät teorian kannalta. (Averch & Johnson 1962, 4-5.)

Ensimmäisen kertaluvun ehdot osoittavat, että rajoitteiden sitoessa työvoiman kohdalla rajatuoton arvo on yhtä suuri kuin sen kustannus eli $x_2 = r_2$. Puolestaan pääoman määrä on korkeampi, kuin se normaalitilanteessa olisi. (Averch & Johnson 1962, 5-6.)

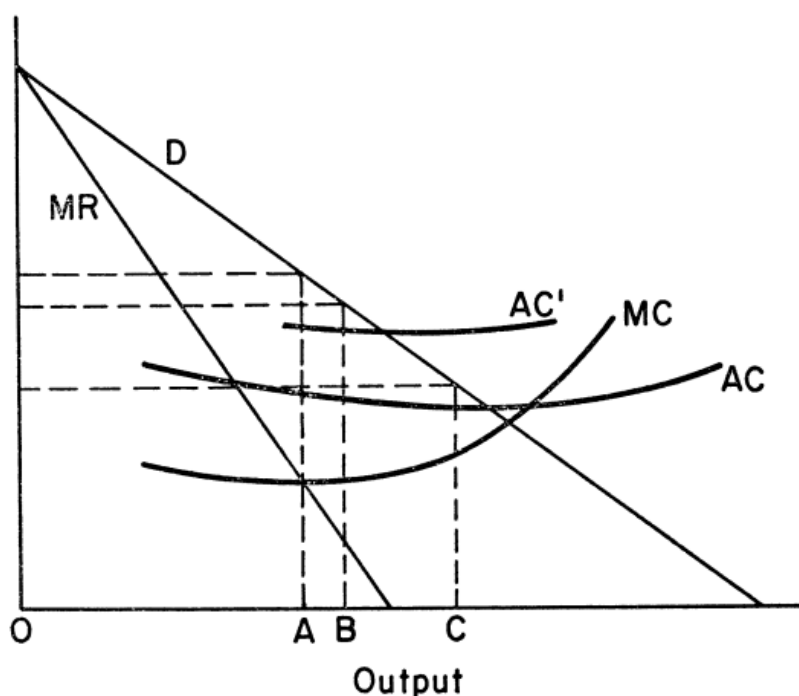
Kuvio 1 havainnollistaa yrityksen tuotantoa, jossa samakustannuskäyrät A ja B kuvaavat eri yhdistelmiä pääomaa x_1 ja työvoimaa x_2 . Käyrä A kuvastaa kustannustehokasta tilannetta ilman sääntelyä, ja B tilannetta sääntelyn alaisena. Tuotantosuora 1 kuvaa tuotantoa ilman sääntelyä, jolloin yritys voi minimoida kustannukset käyttämällä optimaalisen määrän tuotannontekijää. Suora 2 puolestaan kuvaa yrityksen tuotantoa sääntelyn alaisena, jossa pääomalle annetaan korkeampi tuotto kuin työvoimalle, mikä johtaa yrityksen korvaamaan työvoimaa pääomalla. Tämä johtaa epätehokkaaseen tilaan, jossa pääomaa käytetään enemmän kuin olisi tarpeen tuotantokustannuksen minimoimisen näkökulmasta. (Averch & Johnson 1962, 2.)



Kuvio 1. Kahta tuotannontekijää hyödyntävän yrityksen tuotanto sääntelyn alaisessa monopolistisessa kilpailussa (Averch & Johnson 1962, 2)

Toisin sanoen ilman sääntelyä yritys valitsisi pääomaa siihen pisteeseen, missä pääoman rajatuoton arvo on r_1 . Sääntelyn vallitessa yritys saa jokaiselle x_1 -yksikölle tuoton $s_1 (< r_1)$, eli se sijoittaa enemmän pääomaa, kunnes rajatuoton arvo laskee välille $[r_1; s_1]$. Käytännössä rajatuotto jää alle r_1 , joka luo tehottomuutta (engl. overcapitalization). (Averch & Johnson 1962, 2.)

Kuvio 2 havainnollistaa Averch-Johnson efektiä tuotannontekijöiden samakustannuskäyrien ja hintojen avulla. Kuviossa D on kysyntäkäyrä ja MR on monopolin rajatulo, joka laskee jyrkemmin kuin varsinainen kysyntäkäyrä, sillä monopolin täytyy laskea hintaa kaikille aiemmin myydyille yksiköille, kun se lisää myyntimäärää. Vastaavasti kaksi keskeistä kustannuskäyrää ovat AC (keskimääräiset kustannukset) ja MC (rajatuotantokustannukset). Puolestaan AC' osoittaa säännellyn monopolin keskimääräisen kustannuksen. (Averch & Johnson 1962, 5-6.)



Kuvio 2. Averch-Johnson efekti kahden tuotannontekijän yrityksellä monopolistisessa kilpailussa (Averch & Johnson 1962, 1052–1069)

Averch ja Johnson (1962, 5) havaitsivat, että ilman sääntelyä monopoli valitsisi tuotantomäärän, jossa rajatulo on yhtä suuri kuin rajakustannus, eli $MR=MC$. Kuviossa tämä tarkoittaa pistettä A, jossa yritys tuottaa pienemmän määrän mitä kilpailullinen markkina tuottaisi. Hinta on korkea, sillä tilanne on monopolitila, joka on perinteisen taloustieteen teorian mukaan yhteiskunnallisesti tehoton, koska osa kysyntää jää tyydyttämättä korkeiden hintojen vuoksi.

Averch-Johnson efekti näkyy kuviossa siten, että yrityksen todelliset keskikustannukset AC nousevat tasolle AC' , ja sääntelyn asettama rajoite saavutetaan alemmalla tuotannolla OB. Sääntelyn tavoite on pakottaa yritystä laajentamaan tuotantoa säätelemättömältä tasolta OA, mutta tuotanto ei saavuta tasoa C, koska osa siitä, mikä muuten olisi voittoa, absorboituu kustannuksiin. Lopullinen tasapaino on täten pisteessä B: tuotanto on hiukan kasvanut aiemmasta monopolin tasosta A, koska viranomainen rajoittaa hintaa, muttei nouse kustannustehokkaalle tasolle C. (Averch & Johnson 1962, 5-6.)

Averchin ja Johnsonin (1962) tulos on klassinen taloustieteessä käytetty päätelmä, joka osoittaa, ettei pelkkä tuotto-%:n tai muun pääomakustannuksen sääntely saavuta toivottua lopputulemaa, vaan voi päinvastoin johtaa tehottomuuteen ja hyvinvointitappioihin.

3.5 Mittatikkukilpailu

Shleiferin (1985) kehittämä mittatikkukilpailu (engl. yardstick competition) vastaa perinteisen kustannusperusteisen sääntelyn luomaan haasteeseen, jossa yrityksellä ei ole kannustinta tehostaa toimintaansa. Shleifer esittää vaihtoehdon, jossa regulaattori asettaa yritykseen kohdistuvan sääntelyn hintatason muiden, samankaltaisten yritysten kustannusten perusteella, eikä yrityksen omien kustannusten mukaan. Käytännössä yritys kilpailee muiden vastaavien yritysten kustannustasoa vastaan, mikä luo kannustimen minimoida kustannuksia.

Jos yritys onnistuu laskemaan kustannuksensa kilpailijoita alemmaksi, se saa lisää voittoa; jos taas sen kustannukset ovat korkeammat, se voi jäädä tappiolle. Shleifer (1985) osoittaa, että tällainen sääntelyjärjestelmä voi identtisten yritysten tapauksessa johtaa yhteiskunnallisesti optimaaliseen kustannustehokkuuteen ja hinnoitteluun. Shleiferin mittatikkukilpailu on toiminut pohjana vertailuanalyysin (engl. benchmarking) käytölle useiden alojen sääntelyssä (esim. Jamasb & Pollitt, 2000; Haney & Pollitt, 2009).

Tarkastellaan Shleiferin (1985, 2-3) mittatikkukilpailua ensin yhden periodin mallilla, jossa on N identtistä riskineutraalia yritystä. Jokaisella yrityksellä on identtinen, laskeva kysyntäkäyrä $q(p)$, jonka myös regulaattorin oletetaan tuntevan. Jokaisella yrityksellä on alussa jatkuva marginaalikustannus c_0 , joka voidaan laskea tasolle c käyttämällä $R(c)$ investointeihin. Oletamme, että:

$$R(c_0) = 0,$$

eli kuluja ei synny, jos yritys ei leikkaa kustannuksiaan. Lisäksi

$$R'(c_0) < 0 \text{ ja } R''(c_0) > 0,$$

eli mitä enemmän kustannustahoa tehostetaan, sitä matalampi on lopullinen yksikkökustannus. Yritysten voitto merkitään seuraavasti:

$$V = (p - c)q(p) + T - R(c),$$

jossa T on könttäsommasiirto yritykselle. Oletamme, että könttäsommasiirtoja voidaan kerätä, ja regulaattori ei välitä tulojen jakautumisesta yritysten ja kuluttajien välillä. Nyt regulaattori pyrkii löytämään optimaalisen ratkaisun maksimoidakseen funktion:

$$\left\{ \int_p^{\infty} q(x) dx \right\} + (p - c)q(p) - R(c)$$

$$s. e V \geq 0.$$

Integraali merkitsee kuluttajan ylijäämää ja rajoite sitä, että könttäsimmäsiirron T tulee kattaa tappiot. Ratkaisu maksimointiongelmaan on sosiaalinen optimi, annettuna

$$R(c^*) = T^*$$

eli sosiaalisessa optimissa lopputuleman on oltava kriittinen piste (engl. break-even point), eli yrityksen investoidessa summan $R(c^*)$ yksikkökustannusten laskemiseen, tulee T^* olla tasan investointikustannuksen verran, jolloin yrityksen nettotulos on nolla. Lisäksi tulee toteutua

$$p^* = c^*,$$

eli sosiaalisessa optimissa hinnan tulee olla yhtä suuri, kuin yrityksen marginaaliyksikkökustannuksen. Lisäksi sosiaalisen optimin tulee täyttää seuraava ehto:

$$-R'(c^*) = q(p^*),$$

eli marginaalihyödyn tulee olla yhtä suuri kuin marginaalikustannuksen. (Shleifer 1985, 2-3.)

Näiden kolmen ehdon täytyessä sosiaalinen optimi on tuotannollisesti tehokas, kulutuksessa ei ole vääristymää ja yritykset pysyvät kannattavina. (Shleifer 1985, 3)

Shleifer (1985, 3) huomauttaa, ettei todellisessa maailmassa regulaattori tunne $R(c)$ todellista muotoa tai sitä, kuinka kallista yksikkökustannuksiin investointi todella on. Tässä on tärkein perustelu mittatikkukilpailulle: kun yrityksen hinta pohjataan regulaattorin toimesta muiden, vertailukelpoisten yritysten kustannuksiin, pystytään saavuttamaan sama lopputulema tietämättä tarkalleen $R(c)$ todellista muotoa tai investointien hintaa. Täten yrityksen parhaaksi strategiaksi tulee valita sama c^* , jonka myös regulaattori olisi valinnut täydellisen informaation vallitessa.

Shleiferin (1985, 4) mittatikkukilpailumallissa regulaattorilla on säänneltävänä $N > 2$ identtistä yritystä i , ja jokaiselle yritykselle määritellään yksikkökustannus \bar{c}_i ja investointikustannus \bar{R}_i yksikkökustannuksien pienentämiseksi:

$$\bar{c}_i = \frac{1}{N-1} \sum_{j \neq i} c_j$$

$$\bar{R}_i = \frac{1}{N-1} \sum_{j \neq i} R(c_j)$$

Jokaiselle yritykselle määritetään siis oma ”varjoiritys” kustannustasolla \bar{c}_i . Se vastaa estimaattia jokaisen säännellyn yrityksen kustannusten keskiarvosta. Samalla logiikalla luodaan myös kustannusten leikkaamiseen liittyvä investointikustannus \bar{R}_i .

Nyt regulaattoria sitova sääntö on

$$T_i = \bar{R}_i$$

$$p_i = \bar{c}_i$$

jokaiselle yritykselle. Shleifer (1985, 4-5) osoittaa, että jos yritykset sitoutuvat sääntöön ja regulaattori asettaa hinnan ja siirtokustannuksen hyödyntäen varjoiritystä, jokaisen yrityksen Nashin tasapaino on valita $c_i = c^*$, eli lopullinen tulos on optimaalinen.

3.6 Jakeluverkkotoiminnan sääntely ja ehdollinen mittatikkukilpailu

Sähkön jakeluverkkotoiminnan sääntelyssä on otettava huomioon tietyt alan erityispiirteet: ensinnäkin alan toimiva kilpailu edellyttää puolueetonta ja luotettavaa verkkotoimintaa, joka mahdollistaa toimijoiden vaihtumisen markkinoilla (Burger ym. 2019, 2). Tämä on erityisen tärkeää uusiutuvan energiantuotannon, kuten tuuli- ja aurinkovoiman, kannalta. Sähkömarkkina ei voi koskaan konvergoitua kilpailulliseen tasapainoonsa, jos sähkön toimitusketjussa on merkittäviä kapasiteettirajoituksia tai luotettavuusongelmia (Kuosmanen & Johnson 2020, 3)

Perinteisessä vertailuasetelmassa ja myös esiteltyssä Shleiferin (1985) mittatikkukilpailussa on ongelmia: Averchin ja Johnsonin (1962) havaitsema yli-investoimisen efekti koskee etenkin tilanteita, joissa tarkastellaan vain muuttuvia kustannuksia. Kokonaiskustannusten tarkastelu voi vaikuttaa tähän ongelmaan, mutta se sivuuttaa kiinteiden pääomasijoitusten riskin. Se rankaisee omistajia sellaisista investoinneista, jotka osoittautuvat myöhemmin tehottomiksi: tämä on haasteellista etenkin jakeluverkkoyhtiöille, sillä ne eivät pysty vaikuttamaan esimerkiksi sellaisiin tilanteisiin, joissa suuri energian myyjä tai ostaja ajautuu konkurssiin, ja sitä ympäröivä jakeluverkko jää hyödyttömäksi (Kuosmanen & Johnson 2020, 4-5).

Näihin haasteisiin Kuosmanen ja Johnson (2020, 6) esittävät ehdollista mittatikkukilpailua (engl. conditional yardstick competition), jossa kiinteään pääomaan suhtaudutaan todellisena, muuttumattomana kustannuseränä ja vertailu kohdentuu ainoastaan muuttuvaan kustannukseen. Näin vältetään

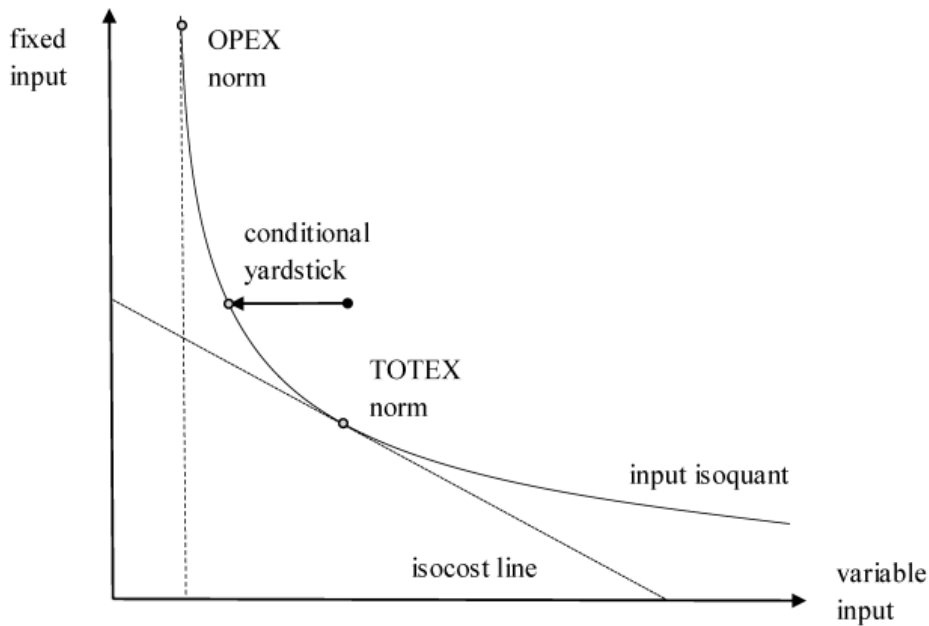
Averch-Johnson efektin syntyminen, mutta myös tehottomista investointihankkeista rankaiseminen jälkikäteen.

Kuviossa 3 havainnollistetaan ehdollisen mittatikkukilpailun asetelmaa. Substituutiomahdollisuudet muuttuvien kustannusten (x-akseli) ja kiinteiden kustannusten (y-akseli) välillä on kuvattu samatuotoskäyränä. Alaspäin kaarevan käyrän jyrkkyys riippuu vaihtoehtoiskustannuksesta pääomalle. Jos regulaattori pystyy estimoimaan luotettavasti panosisokvantin ja vaihtoehtoiskustannuksen pääomalle esimerkiksi perinteisen Cash Asset Pricing -mallin avulla, on mittatikkukilpailun kokonaiskustannus (TOTEX) se minimipiste, joka on nimetty TOTEX-normiksi. Päinvastoin muuttuva kustannus on minimipiste eli OPEX-normi. (Kuosmanen & Johnson 2020, 17.)

Kuvion 3 musta piste kuvastaa hypoteettista firmaa ehdollisen mittatikkukilpailun alaisena. Jos ehdollinen mittatikka perustuu TOTEX-normille, sääntelyn alaiset yritykset joutuvat alentamaan kiinteitä kustannuksiaan saavuttaakseen TOTEX-normin. Kuitenkaan kiinteän kustannuksen muuttaminen lyhyellä aikavälillä ei ole mahdollista: pitkällä aikavälillä yrityksellä on kannustin laskea pääoman määräänsä, mikä voisi viivyttää investointeja. Todellisilla markkinoilla menestyvä, harkitusti investoiva yritys pärjää, kun taas huonoista investoinneista rangaistaan: täten TOTEX-normin tilanne vastaakin tältä osin aitoa kilpailua. (Kuosmanen & Johnson 2020, 18-19)

Toisaalta jos keskitytään vain OPEX-normiin, annetaan yrityksille kannustin ostaa ja rakentaa lisää kapasiteettia lyhyen aikavälin kustannusten alentamiseksi, mikä johtaa Averch-Johnson-efektiin eli liiallisiin investointeihin. Pitkällä aikavälillä tällainen mekanismi voi johtaa toimialan ylivarustautumiseen, joka on ongelmallista myös yhteiskunnallisesta näkökulmasta. (Kuosmanen & Johnson, 2020)

Näiden kahden ääripään välillä löydetään ehdollinen mittatikkukilpailu, joka ilmenee kuviossa 3 nuolena, joka havainnollistaa yrityksen suoraan panosisokvantille kiinteää panosta muuttamatta. Tämä mahdollistaa yritysten lyhyen aikavälin OPEX-normin tavoittelun, mutta myös vähentää kiusausta investoida kohtuuttomasti uuteen kapasiteettiin, sillä siitä ei saa enää merkittävää etua. (Kuosmanen & Johnson 2020, 18-19.)



Kuvio 3. Havainnollistus ehdollisen mittatikkukilpailun OPEX- ja TOTEX- normeista (Kuosmanen & Johnson 2020, 53)

Kuosmanen ja Johnson (2020, 26) havainnollistavat ehdollisen mittatikkukilpailun matemaattisesti. Oletetaan, että x_i on yrityksen i toteutuneet muuttuvat kustannukset eli OPEX. $C(\cdot)$ on tuntematon, ei-parametrinen kustannusfunktio, joka on monotoninen ja konveksinen. y_i on tuotannon (jakeluverkkoyhtiön tapauksessa energian) vektori, b_i on ei-toivottu tuotos (esim. sähkökatkojen kustannus) ja K_i on kiinteän pääoman määrä, joka toimii myös ehtona OPEX:lle. z_i on vektori kontekstuaalisille muuttujille, jotka kuvastavat ympäristöä, jossa yritys i toimii. δ on lineaarinen regressiokerroin ja $u_i \geq 0$ kuvaa tehokkuustappion osuutta, jonka keskiarvo arvioidaan erikseen. v_i on satunnainen kohinatermi, jolla malliin lisätään stokastinen vaihtelu. Näistä parametreista saadaan matemaattinen esitys seuraavasti:

$$\ln x_i = \ln C(y_i, b_i, K_i) + \delta z_i + u_i + v_i.$$

Mallin keskeinen rajafunktio $\ln C(\cdot)$ estimoidaan Suomen Energiaviraston sääntelyssä StoNED-menetelmällä (Kuosmanen 2006; Kuosmanen & Kortelainen 2012), joka yhdistää DEA:n (Data Envelopment Analysis) ja SFA:n (Stochastic Frontier Analysis) ominaisuuksia. DEA:n ja SFA:n kaltaiset vakiintuneet mallit vertailuanalyyseissa eivät yksinään riitä mallintamaan ei-toivottuja tuotoksia kuten sähkökatkoja ja satunnaiskohinaa samassa mallissa (Kuosmanen & Johnson 2020, 7-8).

StoNED-menetelmässä käytetään yleensä kolmea vaihetta: ensin, estimoidaan muuttuvien kustannusten x ehdollinen keskiarvo, ehdollinen muuttujille y, b, K, z , eli $E(x|y, b, K, z)$ (Kuosmanen &

Johnson 2017, 5). Tässä vaiheessa jätetään huomiomatta, ettei kokonaisvirhetermin odotusarvo välttämättä ole nolla: toisin sanoen mukana on sekä kohinaa että mahdollista tehottomuutta. Tavoitteena on saada hahmoteltua kustannusraja.

Toinen vaihe on estimoida tehottomuusparametri μ . Tässä voidaan hyödyntää kernel-deconvolution -menetelmää (Hall & Simar, 2002), joka ei sisällä jakaumaoletusta. Menetelmällä voidaan erottaa kohina ja tehottomuus toisistaan (Kuosmanen & Johnson 2017, 6-7). Kolmas vaihe on estimoida lopullinen ei-parametrinen kustannusraja: CNSL-rajafunktiota siirretään ylöspäin tehottomuusparametri μ :n verran. Lopputulos on se kustannusraja, joihin yritysten kustannuksia verrataan, mutta joka sallii satunnaisen kohinan.

StoNED sopii erityisesti sähkön jakeluverkkoyhtiöiden sääntelyyn, sillä jakeluverkkotoiminnassa yhtiöillä on tyypillisesti useita eri kustannuseriä ja suoritteita, riippuen asiakasmäärästä, verkon pituudesta ja siirtomäärästä. Ei-toivottu tuotos osana mallia mahdollistaa, että malliin voidaan lisätä esimerkiksi sähkökatkot, keskeytysminuutit ja ulkoiset vahingot epätoivottuna tuotoksena. Malli sisältää myös satunnaisuutta, jotka ovat tyypillisiä alalle: sääilmiöt aiheuttavat vaihtelevuutta kustannuksiin, joten puhdas DEA-malli, joka ei salli kohinaa, saattaisi antaa harhaanjohtavia tuloksia. Lisäksi mallissa ei ole tarvetta kiinteälle funktiomuodolle: esimerkiksi taloustieteessä tyypilliset Cobb-Douglas-oletukset funktioille voivat olla liian rajoittavia monituotantotilanteissa, kun osa panoksista on luonteeltaan kiinteitä ja osa muuttuvia. (Kuosmanen & Johnson 2020, 37-38.)

Esimerkiksi Rasmussen (2024) sovelsi StoNED-menetelmää Tanskan jakeluverkkoyhtiöiden tulo-kattosääntelyn jälkikäteisarviointiin ja havaitsi, että StoNED on erinomainen menetelmä arvioimaan kannustepohjaisen sääntelyn eri komponenttien vaikutusta.

3.7 Sääntelyn hyvinvointivaikutukset energiasektorilla

Sääntelymalleja tulisi Kopsakankaan ja Sventon (2010, 2-4) mukaan arvioida hyvinvoinnin maksimoinnin näkökulmasta. Kustannustehokkuutta ja yritysten tehostamispotentiaalia voidaan arvioida käyttämällä erityyppisiä kustannustehokkuusmittausmenetelmiä, joilla pyritään havaitsemaan, kuinka paljon yrityksillä on mahdollisuuksia tehostaa nykyistä toimintaansa. Tunnetuimpia näistä ovat Data Envelopment Analysis (DEA) ja stokastinen rintama-analyysi (Stochastic Frontier Analysis - SFA). Koska molempiin menetelmiin liittyy sekä vahvuuksia että heikkouksia, on niiden rinnalle kehitetty soveltuvampi StoNED-menetelmä (Kuosmanen & Kortelainen, 2012), jonka Energiamarkkinavirasto on ottanut käyttöön.

Sähköverkkosääntelyssä viranomaisen tietää yleensä vähemmän yritysten kustannusrakenteesta ja säästämahdollisuuksista kuin yritys itse. Tämä asettaa säätäjälle kaksi merkittävää ongelmaa, joista ensimmäinen on haitallinen valikoituminen: yhtiöillä on kannustin ilmoittaa korkeampia kustannuksia kuin niiden todellinen tehokkuus edellyttäisi. Tämä voi johtaa virheellisesti korkeisiin sallittuihin hintoihin, joista on haittaa kuluttajille esimerkiksi kalliimpina siirtohintoina. Toisena haasteena on moraalikato. Jos hinta tai tuotto on liian voimakkaasti sidottu toteutuneisiin kustannuksiin, yritykset eivät saa riittäviä kannustimia vähentää kustannuksiaan. (Kopsakangas & Svento 2010, 2.)

Tehokkaassa sääntelyratkaisussa pyritään yhdistämään sekä kuluttajan että tuottajan etu: toisaalta estetään liialliset tuottajahyödyt eli poistetaan haitallista valikoitumista, mutta samalla säilytetään kannustin kustannustehokkuuteen eli ehkäistään moraalikatoa. Kopsakangas ja Svento (2010 2-3) vertailevat neljää erilaista sääntelymallia ja niiden hyvinvointivaikutuksia. Sähköverkkotoiminnassa on perinteisesti käytetty cost of service tai rate of return -sääntelyä, jossa yrityksen sallittujen tulojen laskenta perustuu pääosin toteutuneisiin kustannuksiin sekä ennalta sovittuun pääoman tuotto-prosenttiin. Tämän mallin etuna on se, että yritysten voitot pysyvät kohtuullisina, koska ne eivät voi veloittaa asiakkailta mielivaltaisen korkeita hintoja. Lisäksi sääntelijällä on mahdollisuus hyödyntää monimutkaisempia hinnoittelumalleja, jolloin hintojen oikeudenmukaisuutta ja tehokkuutta voidaan tarvittaessa tarkasti räätälöidä eri asiakasryhmille. Haittapuolena kuitenkin on, että yritysten kustannustehokkuus ei juuri parane, koska yhtiöt eivät saa suoraa taloudellista hyötyä säästämällä kustannuksissa.

Toisena tarkasteltavana sääntelymallina on hintakattosääntely, jossa sallittu hinta tai hintakatto määritetään ennalta useammalle vuodelle, usein käyttäen indekseihin perustavaa Listonin (1993) mallia. Tällöin yrityksille syntyy selkeä kannustin alentaa kustannuksia, koska mahdolliset tehokkuusparannukset jäävät kokonaisuudessaan niiden omaksi voitoksi. Tämä puolestaan palkitsee tehokasta johtamista ja investointeja, jotka vähentävät kustannuksia. Kääntöpuolena on kuitenkin haitallinen valikoituminen, joka voi korostua, mikäli hintakatto asetetaan liian korkeaksi. Silloin yhtiöt voivat tuottaa huomattavia monopolituottoja, ja kuluttajat jäävät helposti epäedulliseen asemaan kohonneiden hintojen vuoksi. (Kopsakangas & Svento 2010, 2.)

Kolmas lähestymistapa noudattaa mittatikkukilpailuun perustuvaa Laffontin ja Tirolen (1986) kehittämää sopimusvalikkorakennetta. Siinä sääntelijä laatii useita eritasoisia sopimusvaihtoehtoja, joihin sisältyy vaihteleva hinnoittelurakenne ja voitonjakoaste sekä erilaiset kustannusjaon mekanismit. Yritykset valitsevat näistä sopimuksista itselleen parhaiten sopivan, mikä johtaa siihen, että matalampien kustannusten yhtiöt kallistuvat korkean kannustintason sopimuksiin, koska hyötyvät

eniten kustannussäästöistä, kun taas korkeamman kustannustason yhtiöt saattavat valita matalariskisemmän ja heikommin kannustavan sopimusmallin. Tämän ratkaisun etu on, että se mahdollistaa sekä tehokkuutta edistävän moraalikadon hallinnan että liiallisia voittoja suitsivan haitallisen valikoitumisen torjunnan. Ongelmana on silti sääntelijän tarve laatia kattavat ja toisistaan riittävän erilaiset sopimukset, mikä vaatii syvällistä tietoa markkinasta ja yhtiöiden kustannusrakenteista (Kopsakangas & Svento 2010, 3).

Viimeisenä sääntelymuotona on yksinkertaisempi sopimusvalikko (Rogerson 2003), joka rajoittuu yleensä kahteen sopimusmalliin, esimerkiksi täysin kustannuspohjaiseen sopimukseen tai hintakattoiseen sopimukseen. Tällöin sääntelijä asettaa rajan korkeiden ja matalien kustannusmahdollisuuksien välille. Tätä rajaa ylemmät yritykset valitsevat kustannuspohjaisen sopimuksen, kun taas sen alapuolelle jäävät hyötyvät enemmän hintakattomallista. Yksinkertaistettu sopimusvalikko on helppo toteuttaa, minkä lisäksi se säilyttää merkittävän osan laajemman sopimusmallin hyödyistä. Heikkoutena on pienempi mahdollisuus säätää sopimusten ehtoja, mikä voi johtaa yritysten erityispiirteiden sivuuttamiseen (Kopsakangas & Svento, 2010).

Kopsakangas ja Svento (2010, 3) käyttävät Stochastic Frontier Analysis (SFA) -mallinnusta estimoidakseen suomalaisten sähköverkkoyhtiöiden yrityskohtaisia tehottomuuseroja. Menetelmä erottaa satunnaisesti vaihtelevan kohinan varsinaisesta tehottomuudesta, mikä on tarkempaa verrattuna tilastolliseen keskiarvotarkasteluun. Sääntelyn kannalta menetelmällä on hyötyä, kun tiedetään jokaisen verkon tehottomuusvara: tällöin sääntelijä voi tarkentaa sallittuja hintoja ja ohjata tehokkuutta parantavia kannusteita todellisiin tehostamismahdollisuuksiin.

Kun eri sääntelymalleja verrataan Cost of Service -sääntelyyn, tulokset osoittavat, että uusi, paremmin kannustava sääntely (esim. Price Cap, Menu of Contracts tai Simple Menu) tuottaa suuremmat kokonaishyödyt verrattuna perinteiseen Cost of Service -malliin. Suurin parannus voi syntyä korkean kannustinvoiman malleista, etenkin jos kustannustehokkuuden potentiaali SFA:lla arvioituna on suuri. Korkeasti kannustavat mallit (esim. Menu of Contracts) saattavat nostaa tuottajien ylijäämää merkittävästi, jos sääntelijä esimerkiksi asettaa hintakaton liian korkealle. Tässä tapauksessa kuluttajien ylijäämä voi jopa laskea. Puolestaan Simple Menu of Contracts -malli osoittautuu usein kompromissiksi, joka parantaa sekä tuottajan että kuluttajan ylijäämää useimmissa olosuhteissa, vaikka kokonaishyödyn taso voi jäädä hieman alhaisemmaksi kuin optimoidussa Menu of Contracts -mallissa. (Kopsakangas & Svento 2010, 5-6)

Johtopäätöksenä Kopsakangas ja Svento (2010, 8) toteavat, että sähköverkkotoiminta hyötyy merkittävästi siirtymisestä puhtaasta kustannusperusteisuudesta kannustinperusteiseen sääntelyyn. Tällainen Laffontin ja Tirolen (1993) mittatikkukilpailuun perustuva malli tai edes sen yksinkertaistettu versio kykenee kannustamaan yhtiöitä kustannustehokkuuteen sekä suojaamaan kuluttajia liian korkeilta hinnoilta. Tärkeää on Kopsakankaan ja Sventon (2010, 8) mukaan oikea-aikainen ja riittävän tarkka tieto yritysten tehokkuuspotentiaalista, minkä SFA-menetelmä mahdollistaa. Näin voidaan samanaikaisesti vähentää haitallisen valikoitumisen ongelmaa ja säilyttää kannustimet kustannusten alentamiseen, mikä maksimoi kokonaisyhyvinvoinnin.

Sähkön jakelutoiminnan kannalta kiinnostavaa mittatikkukilpailua on tutkittu laajasti eri tutkimusaloilla, myös tutkielman kohteena olevilla sähkönjakeluyhtiöiden markkinalla. Esimerkiksi Yatchew (2001, 1-2) tarkastelee mittatikkukilpailua Ontarion sähkömarkkinoilla: alueena Ontario on kiinnostava, sillä se on yhdistelmä sääntelemättömästä sähkön tuotannosta mutta säännellystä sähkön siirtoverkosta. Ontarion markkinoilla sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella, mutta verkkopalveluista peritään säänneltyjä maksuja. Tämä kaksijakoisuus luo mahdollisuuden arvioida, kuinka sääntely voi sekä tukea että haitata markkinoiden toimintaa.

Yatchew (2001, 1-2) käsittelee myös hintojen jakautumista ja vaikutusta kuluttajiin. Hän analysoi, kuinka mittatikkukilpailuun perustuva sääntely vaikuttaa verkkopalveluiden hinnoitteluun ja miten kuluttajat kantavat kustannukset sähkön siirrosta ja jakelusta. Ontarion tapauksessa erityisen huomion kohteena on, miten säännellyt hinnat voivat suojata kuluttajia markkinahintojen vaihteluilta mutta samalla rajoittaa kannustimia verkon kehittämiseen ja investointeihin.

Yatchew (2001, 5) havaitsee, että sääntelyssä hyödynnettävät ekonometriset mallit voivat tukea sääntelyprosessia merkittäväillä tavoilla. Näitä malleja voidaan käyttää arvioimaan kriittisten muuttujien, kuten mittakaavan, tiheyden ja kuormitustekijän, vaikutuksia jakeluverkkoyhtiön toimintakustannuksiin. Joustavat mallinnusmenetelmät, kuten epäparametriset ja semiparametriset mallit, sekä estimointitekniikat, kuten mediaani- ja kvantiiliregressio, voivat lisätä luottamusta tilastollisiin tuloksiin. Tuloksista merkittävä johtopäätös on, että sääntely voidaan optimoida niin kannustavaksi, että se ei ainoastaan vaikuta yhtiöiden kustannustehokkuuteen, vaan myös kannustimiin jakaa yhtiöiden tietoa regulaattorille.

4 Energiaviraston soveltama sääntely

Energiavirasto on Suomen sähkömarkkinoista vastaava virasto, jonka vastuulla on sähkönjakeluverkkojen toiminnan sääntely. Jakeluverkkoyhtiöt toimivat luontaisina monopoleina, minkä vuoksi niiden toimintaa säätelevät valvontamenetelmät, jotka määrittelevät hinnoittelun, investointien edellytykset ja palvelutasot. Energiavirasto valvoo verkkoyhtiöiden hinnoittelua kokonaisuutena neljän vuoden jaksoissa. Virasto on vahvistanut etukäteen kahdeksaksi vuodeksi sähköverkkoyhtiöille menetelmät, joiden perusteella valvontaa suoritetaan. Valvonta perustuu sähkömarkkinalainsäädäntöön sekä Energiaviraston näiden perusteella vahvistamiin kohtuullisen hinnoittelun valvontamenetelmiin sekä oikeuskäytäntöön. (Energiavirasto 2023, 5-6.)

Sähkömarkkinalain (588/2013) mukaan luonnollisen monopolin erityisvalvonnan päätavoitteita ovat verkkopalveluiden hinnoittelun kohtuullisuus ja verkon kehittäminen. Energiavirasto (2023, 10-11) tavoittelee juuri näitä valvontamenetelmien muodostamalla kokonaisuudella ja menetelmien kannustinvaikutuksilla, jotka kohdistuvat verkonhaltijan liiketoimintaan. Valvonnan päätavoitteiden lisäksi muita keskeisiä tavoitteita ovat esimerkiksi tasapuolisuus ja kokonaistehokkuus sekä liiketoiminnan pitkäjänteisyys, jatkuvuus, innovointi ja joustojen hyödyntäminen. Energiaviraston on sääntelyssään noudatettava EU:n direktiivejä, kuten sähkömarkkina-asetusta (2019/944), joka korostaa kilpailua, läpinäkyvyyttä ja kuluttajien asemaa. Tämä näkyy esimerkiksi vaatimuksissa tehdä hinnoittelusta kustannusperäistä ja arvioida sääntelyn vaikutuksia eri sidosryhmiin.

Sääntelyyn liittyy jännitettä esimerkiksi sijoittajien kannustimien ja kuluttajien etujen välillä. Esimerkiksi vuoden 2023 joulukuussa julkistetussa valvontamalliehdotuksessa Energiavirasto ehdotti verkko-omaisuuden arvon jäädyttämistä, mikä heikentäisi yhtiöiden kykyä rahoittaa tulevia investointeja. Tämä on herättänyt kritiikkiä jakeluverkkoyhtiöiden keskuudessa, jotka pitävät muutoksia uhkana huoltovarmuudelle ja puhtaan siirtymän toteutumiselle (Caruna 5.12.2023; Elenia 8.12.2023). Toisaalta kuluttajajärjestöt, kuten Suomen Omakotiliitto, vaativat mallia, joka estäisi ylisuuret siirtomaksut (Omakotiliitto 15.12.2023).

Energiaviraston sääntely (2023, 8-9) perustuu monivaiheiseen laskentamenettelyyn, jossa lähtökohdiana on verkkoyhtiön taserakenne ja eriytetty tuloslaskelma. Taseen vastaavaa -puoli oikaistaan vastaamaan sähköverkon todellista käyttökustannustasoa, ja samalla liikearvo tai muut sellaiset erät, jotka eivät todellisuudessa liity verkon rakentamis- tai ylläpitokustannuksiin, jätetään huomiotta. Näin saatu oikaistu verkko-omaisuuden arvo lasketaan nykykäyttöarvon kautta, missä investoinnit määritellään keskimääräisiä, toteutuneisiin kustannuksiin pohjautuvia yksikköhintoja hyödyntäen.

Taseen vastattavaa -puoli muodostuu oikaistusta omasta pääomasta, oikaistusta korollisesta ja korottomasta vieraasta pääomasta sekä tasauserästä, jolla taseen lopullinen tasapaino varmistetaan. Lopputuloksena verkkoyhtiölle muodostuu laskennallinen verkkotoimintaan sitoutunut pääoma, jolle Energiavirasto määrittää kohtuullisen tuottoasteen WACC-laskelman (engl. Weighted Average Cost of Capital) avulla. WACC yhdistää yrityksen oman pääoman ja vieraan pääoman kustannuksen yhdeksi, verohyödyn huomioivaksi diskonttokoroksi.

Oman pääoman kohtuullinen tuottoaste määritetään perinteisellä CAPM-mallilla. Malli lasketaan seuraavasti:

$$C_E = R_r + \beta_{velallinen} * MRP + LP + CRP,$$

jossa C_E on oman pääoman kohtuullinen kustannus, R_r on riskitön korkokanta, $\beta_{velallinen}$ on velallisen beta-kerroin, MRP on markkinariskipremio, LP on likvidittömyyspremio ja CRP markkinariskipremio. (Energiavirasto 2023, 52.)

Kohtuullisen tuottoasteen määrittämisessä käytetään oman pääoman kohtuullisen kustannuksen perustana olevana riskittömänä korkokantana Saksan valtion kymmenen vuoden obligaatioiden korkoa. Samaa korkokantaa käytetään myös vieraan pääoman kohtuullisen kustannuksen riskittömänä korkokantana. Maariskipremiona käytetään Suomen valtion kymmenen vuoden obligaatioiden koron toteutuneiden päiväarvojen keskiarvoja, joista vähennetään Saksan valtion kymmenen vuoden obligaatioiden koron. Samaa maariskipremion arvoa käytetään myös vieraan pääoman kohtuullisessa kustannuksessa huomioitavana maariskipremiona. (Energiavirasto 2023, 52-53.)

Beta-kertoimena käytetään neljän vuoden valvontajakson ensimmäisellä puoliskolla arvoa 0,93. Beta-kertoimen ajatuksena on havainnollistaa yhtiön markkinariskiä ja kokonaistuoton riippuvuutta markkinoiden keskimääräisestä tuotosta. Velallinen beta päivitetään menetelmajakson aikana kahden vuoden välein. Velattoman beta-kertoimen arvona käytetään sähkön jakeluverkkotoimialalle määritetyn verrokkiryhmän vaihteluvälin mediaania, ja ensimmäisellä valvontajakson puoliskolla käytettiin arvoa 0,48. Velaton beta-kerroin korjataan velalliseksi Hamada-kaavalla:

$$B_{velallinen} = \beta_{velaton} * (1 + (1 - yvk) * \frac{g}{1 - g})$$

jossa $B_{velallinen}$ ja $\beta_{velaton}$ ovat beta-kertoimet, yvk on yhteisöverokanta, g on korollisen vieraan pääoman osuus optimaalisesta pääomarakenteesta ja $1 - g$ luonnollisesti jäljelle jäävä oman pääoman osuus optimaalisesta pääomakannasta. (Energiavirasto 2023, 54-54.)

CAPM-mallin markkinariskipreemiona MRP käytetään arvoa, joka perustuu implisiittiseen osake-markkinapreemioon AAA-luottoluokitellussa valtiossa. Likvidittömyyspreemiona LP käytetään 0,6 % arvoa. Puolestaan optimaalisen pääomarakenteen määrittämisessä käytetään verrokkiyhtiöistä johdettua vaihteluvälin mediaania: ensimmäisellä valvontajakson puoliskolla suhteet olivat vieraan pääoman painolle 54 % ja omalle pääomalle 46 %. (Energiavirasto 2023, 54.)

Vieraan pääoman kohtuullisen kustannuksen laskennassa hyödynnetään seuraavaa kaavaa:

$$C_D = R_r + DP + CRP$$

jossa C_D on vieraan pääoman kohtuullinen kustannus, R_r riskitön korkokanta, DP vieraan pääoman riskipremio ja CRP maariskipremio. (Energiavirasto 2023, 54-55.)

Verkkotoimintaan sitoutuneen oikaistun pääoman painotettua keskimääräistä kustannusta käytetään valvontamenetelmässä kohtuullisena tuottoasteena eli WACC-asteena. Kohtuullisen tuottotason WACC-laskenta toteutetaan ensin verojen jälkeisenä:

$$WACC_{post-tax} = C_E * (1 - g) + C_D * (1 - y_{vk}) * g$$

jossa $WACC_{post-tax}$ on kohtuullinen tuottoaste yhteisöverojen jälkeen, C_E oman pääoman kohtuullinen kustannus, C_D vieraan pääoman kohtuullinen kustannus ja y_{vk} yhteisöverokanta. (Energiavirasto 2023, 56-57.)

Tämän jälkeen verojen jälkeinen kohtuullinen tuottoaste oikaistaan yhteisöverokannalla:

$$WACC_{pre-tax} = \frac{WACC_{post-tax}}{1 - y_{vk}}$$

Verkonhaltijalle sovelletaan päivittyvää pääomarakennetta, jossa korollisen vieraan pääoman ja oman pääoman johdetaan verrokkiyhtiöistä. Näin yhteisveroja edeltävän kohtuullisen tuottoasteen laskenta muodostuu seuraavasti:

$$WACC_{pre-tax} = \frac{C_E * (1 - g)}{1 - y_{vk}} + C_D * g.$$

Verrokkeina beta-arvoja, velkapreemiota sekä painotettua keskikustannusta laskiessa käytetään seuraavia yhtiöitä: E ON SE, Edison International, EDP Energias de Portugal SA, Electrica de France SA, Enel SpA, Iberdrola SA ja SSE PLC. (Energiavirasto 2023, 56-57.)

Kun lopuksi jakeluverkkotoiminnan tulosta verrataan määritettyyn kohtuulliseen tuottoon, saadaan selville, onko verkkoyhtiön toiminta kuluvan valvontajakson aikana ollut sopivalla tasolla. Näin valvonta ohjaa yhtiöitä tasapainossa tehokkuuden ja riittävien investointien kanssa, välttämällä hintojen liiallista nousua. Mikäli toteutunut tuotto ylittää reilusti kohtuullisen tason, katsotaan syntyneen ylijäämää, joka on tasoitettava myöhemmässä hinnoittelussa; jos taas jäädytään alle, muodostuu alijäämä, jota yhtiö voi kompensoida myöhemmin. (Energiavirasto 2023, 26-27.)

Sääntelyn perusajatusta täydentävät useat kannustimet, joiden avulla varmistetaan, että verkkotoiminnan muutkin osa-alueet ovat optimaalisia. Esimerkiksi investointikannustin perustuu siihen, että investoinnit arvotetaan ennalta määrätyillä yksikköhinnoilla ja että niistä lasketaan vuotuiset tasapoisuudet. Laadun kehittämiseen tähtää puolestaan laatukannustin, joka huomioi sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuvat kustannukset. Mitä vähemmän sähkön jakelun keskeytyksiä esiintyy tai mitä lyhyempiä nämä ovat, sitä parempi on yhtiön laatukannustimesta saatava potentiaali. Samalla estetään yhtiöitä säästämistä toimitusvarmuudesta liikaa, sillä laatukannustin seuraa myös negatiivisia poikkeamia rangaistusten kautta. (Energiavirasto 2023, 74-77.)

Tehostamiskannustimella arvioidaan yhtiöiden kontrolloitavissa olevia operatiivisia kustannuksia. Se vertaa todellista kulutasoa mallinnettuun tehokkaaseen tasoon: näin tehokkaat yhtiöt voivat saada kannustinhöyryä, kun taas tehottomuudesta niille seuraa sanktioita. Tämän mekanismin tavoitteena on huolehtia siitä, että yhtiöillä on vakaa, vertailukelpoinen ja jatkuvasti kehittyvä kustannusrakenne, joka hakeutuu lähemmäksi markkinaehtoista tasoa. (Energiavirasto 2023, 86.)

Lisäksi innovaatiokannustin ja joustokannustin ohjaavat verkkoyhtiöitä kehittämään toimintaansa älykkäiden ratkaisujen, tutkimus- ja kehitystoiminnan ja erilaisia kysyntäjoustoja tukevien investointien avulla. Ensiksi mainittu mahdollistaa esimerkiksi älyverkkoteknologioiden tutkimusprojektien menojen hyväksymisen osaksi valvontaa. Toiseksi mainittu kannustin varmistaa, että verkkonhaltijat aktiivisesti kehittävät ja ottavat käyttöön kysyntäjoustoja liittyviä ratkaisuja tulevaisuuden energijärjestelmässä. Nämä kannustimet vaikuttavat käytännössä vähentämällä tai lisäämällä verkkonhaltijan laskennallisia kuluja tai tuloja. (Energiavirasto 2023, 102-103.)

Valvontamenetelmien kokonaisuus palvelee paitsi verkkoyhtiöitä myös asiakkaita. Kuluttaja hyötyy siitä, että jakelun luotettavuus ja kehittämisinvestoinnit pysyvät riittävällä tasolla, ja toisaalta hinnat pysyvät kohtuullisina. Verkkoyhtiö hyötyy sääntelyn ennakoitavuudesta, sillä se tietää, millaisin ehdoin investoinnit kompensoidaan ja kuinka paljon se voi parantaa tuottoaan. Järjestelmä sisältää myös mekanismeja, joilla isot poikkeamat tai markkinan muutokset huomioidaan, eli esimerkiksi

jos teollisuuden tai asukastiheyden muutokset muuttavat energian siirtotarvetta. (Energiavirasto 2023, 15-16.)

Valvontajakson päätteeksi Energiavirasto antaa verkonhaltijalle valvontapäätöksen, josta selviää, onko yhtiöllä ollut alijäämää vai ylijäämää suhteessa kohtuulliseen tuottotasoon. Mahdolliset ylijäämät tulee tasoittaa myöhemmissä asiakashinnoissa ja alijäämät voi pyrkiä korjaamaan tulevilla kausilla, mikäli hintasääntely ei sitä estä. Sääntelyn tavoitteet edellyttävät tarkkaa raportointia ja informaation avoimuutta. Verkkoyhtiöt ovat velvollisia toimittamaan Energiavirastolle eriytetyn tilinpäätöksen ja kattavat tekniset tiedot esimerkiksi käytössä olevista komponenttimääristä, investoinneista sekä keskeytyksistä. (Energiavirasto 2023, 18-22.)

Kokonaisuutena menetelmät muodostavat sääntelyjärjestelmän, jossa yksittäiset periaatteet, kuten taseen ja tuloslaskelman oikaisu, WACC-laskenta, kannustinjärjestelmät sekä raportointivaatimukset, muodostavat laajan sääntelykokonaisuuden. Kokonaisuutta on kehitettävä ja tarkasteltava kriittisesti säännöllisesti, sillä sähkömarkkina muuttuu jatkuvasti.

4.1 Jakeluverkkoyhtiöiden sääntelyn kehitys Pohjoismaissa

Kansainvälisestä näkökulmasta Suomen jakeluverkkoyhtiöiden sääntelyä voidaan pitää mielenkiintoisena, sillä se aloitti sähkömarkkinoiden vapauttamisen aikaisessa vaiheessa jo vuonna 1997. Suomen sääntelyjärjestelmän arvioitiin vapauttamisen alkuvaiheessa onnistuneen hyvin, ja eräissä tutkimuksissa onnistuneen myös useita verrokkimaitaan, kuten Ruotsia ja Norjaa, paremmin (Edvardsen & Forsund 2003; Kinnunen 2004).

Eurooppalaisessa energiamarkkinareformissa on 1990-luvulta alkaen korostettu perinteisesti vertikaalisesti integroitujen yhtiöiden pilkkomista erillisiin toimintoihin (tuotanto, siirto ja jakelu), jotta kilpailulle avoin sähköntuotanto ja vähittäismyynti toimisivat markkinaehtoisesti. Siirto- ja jakelutoiminnot jäävät luonnollisiksi monopoleiksi, joita valvotaan kansallisella tasolla. Pohjoismaissa tätä valvontaa toteutetaan tulokattosääntelyllä, jonka tavoitteena on jäljitellä kilpailullisten markkinoiden tasapainoa: yrityksen kokonaisliikevaihdon tulee kattaa sekä muuttuvat että kiinteät kustannukset ilman, että monopoli saa taloudellista ylituottoa. (Kuosmanen & Johnson 2020.)

Suomessa on toteutettu merkittäviä yritysjärjestelyjä sähkönjakelualalla 1990-luvulta alkaen, kun monet kuntien omistamat verkkoyhtiöt yksityistettiin ja sulautettiin suurempiin kansainvälisiin toimijoihin. Samaan aikaan Energiavirasto on kehittänyt järjestelmällisesti sääntelyn menetelmiä keräämällä kustannus- ja suorituskykytietoa kaikilta jakeluyhtiöiltä. Vaikka sääntelyteoriassa usein

korostetaan yritysten informaatioylivoimaa, yhteiset suorituskykyvertailut tuovat valvojallekin arvokasta tietoa, jonka avulla voidaan asettaa tehokkuusrajoitteita kohtuullisen tarkasti. Mittatikkukilpailua ei kuitenkaan ole laajasti laajennettu koskemaan pääomakustannuksia, koska valvojat yleensä varovat aiheuttamasta vajaainvestointeja, jotka heikentäisivät toimitusvarmuutta. (Kuosmanen & Johnson 2020.)

Vuosien aikana sähkömarkkinalainsäädäntöä on muutettu useita kertoja, jotta etenkin kohtuullinen hintataso ja yhtiöiden tehokkuus on varmistettu. Erityisesti vuoden 2013 sähkömarkkinalaki oli merkittävä muutos, jonka tavoitteena oli keskittyä etenkin toimitusvarmuuteen ja sään ääri-ilmiöihin varautumiseen. Taustalla oli vuoden 2011 myrskyt, jotka aiheuttivat laajoja sähkökatkoja Suomessa. Julkisen keskustelun ja poliittisen painon myötä sääntely asetti tiukemmat vaatimukset sähköverkkoinvestointeihin ja erityisesti maakaapelointiin, jotta jakelun häiriöitä voitiin vähentää. Konkreettinen tavoite oli estää täysin yli 12 tuntia kestävätkä sähkökatkot vuoteen 2028 mennessä. (Haakana ym., 2014.)

Malli, jossa tulokattosääntelyn yhteydessä kiinteät kustannukset lasketaan pääomakustannusmallin pohjalta määritettävän painotetun pääomakustannuksen avulla, otettiin Suomessa käyttöön vuonna 2016. Uusi malli johti kuitenkin poikkeuksellisen korkeisiin tuottoihin: esimerkiksi Collan ym. (2022, 3-4) havaitsivat, että vuonna 2015 verkkoyhtiöiden keskimääräinen oman pääoman tuotto (ROE) oli noin 6 %, mutta se nousi yli 20 prosenttiin vuodesta 2016 alkaen. Muutos ei selity pelkästään investointiasteen nousulla, vaan Energiaviraston sääntelyllä oli tässä Collanin ym. (2022, 11) mukaan merkittävä vaikutus.

Toimitusvarmuudella perusteltu suuri investointimäärä on kasvattanut nopeasti valvontamallissa käytettäviä verkko-omaisuuden jälleenhankinta- ja nykykäyttöarvoja. Tämä puolestaan on nostanut merkittävästi valvontamallin verkkoyhtiöille sallimaa liikevaihtoa, joka näkyy voimakkaana siirtohintojen kasvuna viime vuosina. Myös vuonna 2016 asetettu malli vaikutti siirtohintoihin nostavasti. Sääntelyn tuottotason noston tavoitteena oli helpottaa näköpiirissä olleiden pakollisten ja suurien investointien rahoittamista. Vuosien 2016–2021 aikana WACC-% onkin laskenut tasolta 7,43 % tasolle 5,33 %. Lasku jatkui valvontamallissa käytetyn riskittömän korkotason alenemisen myötä, joka laski hieman siirtohintojen korotustarpeita ja -mahdollisuuksia. (Partanen ym. 2020, 64)

Myös uusin vuonna 2024 voimaan astunut valvontamenetelmäkausi on herättänyt kritiikkiä. Erityisesti tuottopohjan laskennassa tapahtui muutoksia, ja jatkossa verkko-omaisuutta ei enää arvoteta uusilla yksikköhinnoilla, vaan jokaisen komponentin arvo määräytyy sen alkuperäisen investointivuoden yksikköhinnan mukaan (Energiavirasto 29.12.2023). Laskentaperiaatteen muutos kohdistuu

erityisesti niihin yhtiöihin, joilla verkko on jo vanhaa ja arvo laskisi merkittävästi (Yle, 20.11.2023). Monet yhtiöt investoivat 2010-luvulla lakimuutoksen myötä toimitusvarmaan verkkoon, mutta hinnat nousivat 2020-luvulla.

Sähkön siirtohinnat ovat nousseet viime vuosina merkittävästi, mikä on johtanut viranomaisten toimiin hintojen kohtuullistamiseksi. Energiavirasto on esittänyt useita ehdotuksia siirtohintojen alentamiseksi, mikä on aiheuttanut jännitteitä sähkönsiirtoyhtiöiden ja sijoittajien välillä. Sijoittajat ovat ilmaisseet huolensa siitä, että viraston toimet saattavat heikentää yhtiöiden kannattavuutta ja investointihalukkuutta (Yle, 20.9.2024). Useat verkkoyhtiöt ovat valittaneet muutoksista markkinaoikeuteen (Yle, 30.11.2024) ja esimerkiksi Carunan omistajat haastoivat Suomen valtion välimiesoikeuteen: parhaillaan maailmanpankin alaisessa riidanratkaisuelimessä ratkotaan, loukkasiko Energiaviraston päätös kansainvälisten sijoittajien oikeuksia (Yle 20.9.2024).

5 Käyttöaste ja kapasiteetti tehostamiskannustimessa

Kapasiteetti ja sen käyttöaste ovat osa Energiaviraston sääntelyä, ja vaikuttavat yhtiön sallittuun tuottoasteeseen. Sähköverkon käyttöasteella tarkoitetaan sitä, miten paljon sähköä johdetaan verkko-yhtiön verkon kautta suhteessa verkon laajuuteen. Käyttöaste heijastelee yhtiön toiminnan intensiteettiä: jos verkkoa käytetään paljon, siihen voi liittyä enemmän kunnossapidon tarvetta ja investointeja, mutta vastaavasti laaja käyttö voi vähentää laajan verkon ylläpitoon ja investoimiseen liittyvien kustannusten määrää. Verkon käyttöasteeseen vaikuttavat muun muassa siirtokapasiteetin alueellinen jakautuminen, verkon kunnossapito sekä kulutuksen ja tuotannon vaihtelut. Erityisesti vaihteleva uusiutuva energia, kuten tuuli- ja aurinkovoima, asettaa haasteita käyttöasteen hallinnalle, koska tuotanto ei aina kohtaa kulutuksen kanssa.

Kapasiteetin käyttöasteen parantaminen edellyttää myös kuluttajien aktiivisempaa osallistumista. Tämä on erityisen tärkeää, kun sähköntuotannossa siirrytään yhä enemmän uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Luvussa kaksi esitellyt kysyntäjoustoa hyödyntävät toimet voivat auttaa tasapainottamaan kuormitushuippuja, mikä tehostaa verkon käyttöä. Samoin esimerkiksi sähköajoneuvojen latausjärjestelmät, älykkäät sähkömittarit ja kotitalouksien energianvarastointiratkaisut voivat myöskin tukea verkon toimintaa tulevaisuudessa.

Käyttöaste näkyy Energiaviraston sääntelyssä pääosin tehostamiskannustimessa, jossa yhtenä tuotosmuuttujana käytetään siirretyn energian määrää. Tehostamiskannustimen tarkoituksena on kannustaa verkonhaltijaa toimimaan kustannustehokkaasti. Verkonhaltijan toiminta katsotaan olevan kustannustehokasta, kun sen toimintaan käytetyt panokset eli kustannukset ovat mahdollisimman pienet suhteessa tuotoksiin. Tehokkuustarkastelu perustuu staattisen ja dynaamisen tehokkuuden tarkasteluun. Staattisella tehokkuudella tarkoitetaan tehokkuutta tietyssä ajanhetkessä suhteessa vertaisyhtiöihin ja joka kannustaa tehottomia yhtiöitä toimimaan nykyistä tehokkaammin. Staattisen tehokkuuden tarkastelu edellyttää kustannustehokkuuden tason mittaamista vertailujoukossa. Dynaaminen tehokkuus puolestaan kuvaa teknologista kehitystä yli ajan ja kannustaa tehokkaasti toimivia yhtiöitä edelleen tehostamaan toimintaansa. Dynaamisen tehokkuuden tarkastelu edellyttää kustannustehokkuuden muutoksen mittaamista. (Energiavirasto 2023, 86.)

Energiaviraston sääntelyn tehokkuuskannustimen laskenta muodostuu viidestä osatekijästä: yleisestä tehostamistavoitteesta, yrityskohtaisen tehokkuuden mittaamisen muuttujista, yrityskohtaisen tehostamiskustannusten vertailutasosta, yrityskohtaisista toteutuneista tehostamiskustannuksista

sekä tehostamiskannustimesta toteutuneen oikaistun tuloksen laskennassa. (Energiavirasto 2023, 86-87.)

5.1 Yleinen tehostamistavoite

Yleisen tehostamistavoitteen tarkoituksena on kannustaa jokaista verkonhaltijaa tehostamaan toimintaansa yleisen tuottavuuskehityksen ja teknisen kehityksen tuoman tehostamispotentiaalin mukana. Yleinen tehostamistavoite on tehostamiskannustimen dynaaminen komponentti, ja se asetetaan kaikille yhtiöille samansuuruiseksi. Energiavirasto on selvittänyt yleisen tehostamistavoitteen tasoa tutkimalla tuottavuuskehitystä eri jakeluverkkotoiminnoissa, ja suositeltavaksi yleiseksi tehostamistavoitteeksi on arvioitu noin 2 %. Kuitenkin kuluvalle valvontajaksolla yleisen tehostamistavoitteen arvona käytetään kahden prosentin sijaan 0 %, ja seuraavalla 1 %. Energiavirasto perustelee maltillisemmän yleisen tehostamistavoitteen tasoa kustannuspaineella, jota yhtiöt kohtaavat uusien toimintamenetelmien ja vaatimusten myötä. (Energiavirasto 2023, 87.)

5.2 Yrityskohtaisen tehostamistavoitteen muuttajat

Yrityskohtainen tehostamistavoite lasketaan panosmuuttujien, tuotosmuuttujien ja toimintaympäristömuuttujien avulla. Panosmuuttujina käytetään kontrolloitavissa olevia euromääräisiä operatiivisia kustannuksia (KOPEX) sekä sähköverkon nykykäyttörajoa (NKA). Muuttujien lähtötiedot poimitaan verkonhaltijoiden valvontatiedoista aiemmalta valvontakaudelta. (Energiavirasto 2023, 88.)

Tuotosmuuttujina käytetään siirretyn energian määrää (GWh), sähköverkon kokonaispituutta kilometreinä, käyttöpaikkojen kappalemäärää sekä euromääräisiä keskeytyskustannuksia (KAH). Sähköverkon kokonaispituus ja käyttöpaikkamäärä ottavat huomioon myös verkon laajuuden aiheuttamat kustannukset, ja nämä muuttajat erottelevat taajamissa ja haja-asutusalueilla toimivat verkonhaltijat toisistaan. Keskeytyskustannukset eivät ole tavallisia tuotosmuuttujia, sillä niitä kasvattamalla ei voi saada aikaan enempää tuotoksia, eivätkä ne ole toiminnan kannalta välttämättömiä. Ne mallinnetaan ei-toivottuna tuotosmuuttujana. (Energiavirasto 2023, 88-89.)

Toimintaympäristömuuttujana toimii liittymien ja käyttöpaikkojen suhdeluku, jota kutsutaan L/K-suhteeksi. L/K-suhdeluku ottaa huomioon haja-asutusalueella olevasta toimintaympäristöstä aiheutuvat korkeammat kustannukset jakeluverkkoyhtiölle. L/K-suhdeluku pysyy melko vakaana ajan kuluessa, ja se on rajattu nollan ja ykkösen välille. Pienin L/K-suhdeluku on kaupungeissa tai vastaavissa tiheissä toimintaympäristöissä toimivilla energiayhtiöillä, mutta monilla haja-asutusalueilla toimivilla se lähentelee arvoa 1. (Energiavirasto 2023, 89.)

Lisäksi yrityskohtaisen tehokkuuden mittaamisessa käytetään kontrollimuuttujaa $\tilde{z}_{i,t}$, jolla pyritään lieventämään endogeenisuusharhaa. Ekonometriassa endogeeninen muuttuja tarkoittaa mallin selittävää muuttujaa, joka korreloi mallin virhetermin kanssa. Endogeenisuusharhaa voidaan kontrolloida kontrollimuuttujalla, joka voi tarkentaa estimaatteja sekä erottaa selittävien muuttujien vaikutuksen virhetermistä. Kontrollimuuttuja $\tilde{z}_{i,t}$ mallinnetaan eksplisiittisesti ainoastaan estimointivaiheessa, mutta sitä ei käytetä myöhemmissä tehokkuusanalyysivaiheissa. (Energiavirasto 2023, 89.)

5.3 Yrityskohtaisten tehostamiskustannusten vertailutaso

Yrityskohtaisella tehostamistavoitteella kannustetaan tehottomaksi havaittua verkonhaltijaa saavuttamaan tehokkaan toiminnan mukainen kustannustaso. Käytetyssä mallispesifikaatiossa tehokkuusrintama, jonka perusteella verkonhaltijakohtainen tehostamistavoite lasketaan, estimoidaan Stochastic Frontier Estimation (SFE) menetelmän avulla:

$$\ln x = \ln IR(\bar{x}, \bar{y}) + \delta'z + u + v$$

jossa x on kontrolloitavissa olevat operatiiviset kustannukset, IR on monotoninen, konveksi ja skaalatuotoiltaan vakio panostarvefunktio, \bar{x} on kiinteiden panosten vektori ja \bar{y} tuotosvektori, δ' heterogeenisuuden marginaalivaikutuksia kuvaava vektori ja z heterogeenisuutta kuvaavien tekijöiden vektori. Puolestaan u on tehottomuuden odotusarvo ja v satunnaisvirhe. (Energiavirasto 2023, 90-91.)

Tehostamiskannustimen kustannusrintaman estimoinnissa kiinteänä panosmuuttujana mallinnettu verkon nykykäyttöarvo lasketaan laskentamenetelmällä, jossa edeltävän vuoden nykykäyttöarvo perustuu kyseisen tarkasteltavan vuoden nykykäyttöarvoon, josta vähennetään tarkasteltavan vuoden investoinnit sekä lisätään tarkasteltavan vuoden tasapoistot. Laskentamenetelmä vuoden $t-1$ nykykäyttöarvolle NKA_{t-1} on seuraava:

$$NKA_{t-1} = NKA_{t,YHLiite1} - inv_{t,YHL2016} + TP_{t,YHL2016}$$

jossa $NKA_{t,YHLiite1}$ on vuoden t nykykäyttöarvo, $inv_{t,YHL2016}$ investoinnit ja $TP_{t,YHL2016}$ tasapoistot Energiaviraston yksikköhintaluettelon mukaisesti arvoitettuna. (Energiavirasto 2023, 91-92.)

Yksikköhintaluettelo sisältää kaikkien komponenttien arvioidun hinnan, ja se on tehty valvontajaksoa edeltävän vuoden yksikköhintaselvityksen perusteella, johon pyydettiin vastauksia kaikilta sähkön jakeluverkon haltijoilta ja suurjännitteisen jakeluverkon haltijoilta toteutuneiden investointikustannusten perusteella. Yksikköhinnat valtaosalle komponenteista perustetaan investointimäärillä

painotettuun keskiarvoon. Jotkin komponentit ovat kuitenkin sellaisia, että laskentamenetelmänä on sovellettava myös muita menetelmiä, jotta komponenttiryhmiin sisäiset samankaltaisten komponenttien yksikköhinnat saadaan lineaarisiksi suhteessa toisiinsa. (Energiavirasto 2023, 91.)

Lisäksi Energiavirasto (2023, 93) soveltaa tehokkuusrintaman estimoinnissa tehokkuuslukua. Se lasketaan vuosittain ajanjaksolle t tehokkuusrintaman mukaisten kohtuullisten (KOPEX) ja vertailutaso eli toteutuneiden kontrolloitavissa olevien operatiivisten kustannusten (SKOPEX) osamääränä seuraavasti:

$$TL_t = \frac{SKOPEX_t}{KOPEX_t}$$

Tehokkuusrintama voidaan esittää rajakustannuksiin perustuvina varjohintaprofiileina. Varjohinta kertoo tuotosmuuttujan yhden yksikön muutoksen euromääräisen vaikutuksen SKOPEX:n laskennassa. Myös sähköverkon nykykäyttöarvo estimoidaan mallissa tuotosmuuttujana ja sille määritetään oma varjohinta. Tehokkuusrintaman varjohintaprofiilit eroavat toisistaan siinä, kuinka korkean varjohinnan ne sallivat eri tuotosmuuttujille: jotkut varjohintaprofiilit painottavat esimerkiksi siirretyn energian määrää, toiset taas asiakasmäärää tai verkkopituutta. Sähköverkon nykykäyttöarvon varjohinta on aina negatiivinen tai nolla. (Energiavirasto 2023, 93-94.)

Verkonhaltijan varjohintaprofiili on aina se, jolla SKOPEX maksimoituu. SKOPEX lasketaan sen maksimoivan varjohintaprofiilin mukaisten varjohintojen sekä tuotosten tulona, joka kerrotaan toimintaympäristömuuttujan ja tehottomuuden odotusarvon vaikutuksella seuraavasti:

$$SKOPEX = IR^{STONED}(x, y) * \exp(\hat{\delta}'z)$$

jossa $IR^{STONED}(x, y)$ on tuotosten ja SKOPEX:n maksimoivan varjohintaprofiilin mukaisten varjohintojen tulo ja $\exp(\hat{\delta}'z)$ toimintaympäristömuuttujan ja tehottomuuden odotusarvon vaikutus. Jotta SKOPEX:ia voidaan käyttää vertailutasona, se sovitetaan ajanhetkeen ja esimerkiksi juuri kuluvana valvontajaksona se kerrotaan vielä ajanhetken t kuluttajahintaindeksin ja valvontajaksoa edeltävän vuoden kuluttajahintaindeksin suhteella. (Energiavirasto 2023, 94-95.)

5.4 Yrityskohtaiset toteutuneet tehostamiskustannukset

Toteutuneina tehostamiskustannuksina käytetään kontrolloitavissa olevia operatiivisia kustannuksia eli edellä kuvattua SKOPEX:ia. Kontrolloitavissa olevia operatiivisia kustannuksia käytetään kunkin vuoden eriytetyn tuloslaskelman mukaisia kuluja, joihin sisältyvät aineet, tarvikkeet ja tavarat, varastojen muutos, henkilöstökulut, käytön ja kunnossapidon kulut, vuokratulot, muut ulkopuoliset

kulut ja liiketoiminnan kulut, vakiokorvaukset, tilikaudella aktivoituneet verkon hyödykkeiden korvausinvestointien purkukustannukset sekä komponenttikustannukset, jotka eivät sisälly yksikköhintoihin tai muihin eriin. Näiden summasta erotetaan lisäksi häviöenergian hankintakulut, valmistus omaan käyttöön, vuokraverkon rakentamiskustannukset sekä DSO Entity -yhdistyksen jäsenmaksu. Kaikki muut kustannukset ovat ei-kontrolloitavia operatiivisia kustannuksia. (Energiavirasto 2023, 96-97.)

5.5 Tehostamiskannustin toteutuneen oikaistun tuloksen laskennassa

Tehostamiskannustimen vaikutus lisätään liikevoittoon, kun lopuksi lasketaan toteutunutta oikaistua tulosta. Tehostamiskannustimen vaikutus saadaan, kun toteutuneista tehostamiskustannuksista vähennetään saman vuoden tehostamiskustannusten vertailutasoon mukaiset kustannukset. Tehostamiskannustimen vaikutusta säännellään asettamalla sille raja-arvot. Tämä tarkoittaa sitä, että raja-arvoa suurempi erotus tehostamiskustannusten vertailutasoon ja toteutuneiden tehostamiskustannusten välillä ei vaikuta toteutuneen oikaistun tuloksen laskentaan. Oikaistuin tuloksen laskennassa tehostamiskannustimen vaikutus voi olla enintään 20 % vuoden kohtuullisesta tuotosta. (Energiavirasto 2023, 101-102.)

5.6 Tehostamiskannustimesta käytännössä

Tehostamiskannustimen laskenta perustuu viiden osatekijän, eli yleiseen tehostamistavoitteen, yrityskohtaisen tehokkuuden mittaamisen muuttujien, yrityskohtaisen tehostamiskustannusten vertailutasoon, yrityskohtaisista toteutuneista tehostamiskustannusten sekä tehostamiskannustimesta toteutuneen oikaistun tuloksen laskennan avulla. Todellisia kustannuksia verrataan lopuksi tehokkaaksi katsottuun vertailutasoon, ja näiden erotuksen perusteella yhtiö saa tai menettää euromääräistä hyötyä. (Energiavirasto 2023, 86.)

Energiavirasto laskee tehostamiskannustimen jokaiselle yhtiölle StoNED-menetelmään pohjautuvalla mallilla, joka yhdistää Data Envelopment Analysis (DEA) -mallin ja Stochastic Frontier Analysis (SFA) -mallin ominaisuuksia (Kuosmanen & Saastamoinen, 2014). StoNED-malli määrittää kustannustehokkuusrajan huomioiden panos-tuotossuhteen sekä satunnaisvaihtelun. Tämän pohjalta saatava tehokkuusluku määrittää, kuinka paljon yhtiön on tehostettava kustannuksiaan valvontajakson aikana (Energiavirasto 2023, 101-102).

Tehostamiskannustimen rahamääräinen vaikutus lasketaan vähentämällä toteutuneet KOPEX- eli kontrolloitavissa olevat operatiiviset kustannukset SKOPEX- eli vertailutasosta. Jos toteutuneet

kustannukset ovat alle vertailutason, yhtiö saa kannustimen muodossa positiivisen vaikutuksen sääntelylaskelmaan. Vastaavasti, jos yhtiön kustannukset ylittävät vertailutason, erotus vähennetään sääntelylaskelmasta sanktioina. (Energiavirasto, 101-102.)

Käytännössä tehostamiskannustimella on merkittävä vaikutus jakeluverkkoyhtiöiden toimintaan, mutta sen vaikutus ei kuitenkaan ole aina suoraviivainen. Esimerkiksi myrskytuhoista kärsineillä verkkoyhtiöillä voidaan hyväksyä korkeammat operatiiviset kustannukset. Tällöin yhtiön tehostamiskannustimen vaikutus voi olla pienempi tai neutraali. Lisäksi yhtiöt, joilla on poikkeuksellisen korkeat verkon ylläpitokustannukset esimerkiksi pitkien siirtoetäisyyksien vuoksi, voivat saada helpotusta valvontamallin mukaisessa tehokkuuslaskennassa. (Kuosmanen ym. 2014, 17-18.)

Energiaviraston valvontamallille on myös esitetty vaihtoehdoksi siirtyä kokonaan kustannusrintamaan perustuvaan tehostamiskannustimeen, jolloin yrityskohtaisista tehostamistavoitteista voitaisiin luopua. Tämä tarkoittaisi, että yhtiöt vertautuisivat suoraan muiden verkkoyhtiöiden tehokkuuteen ilman siirtymäajan mukaisia yksilöllisiä mukautuksia. Tämä lisäisi mallin objektiivisuutta mutta voisi aiheuttaa taloudellisia riskejä tehottomille yhtiöille. (Kuosmanen ym. 2014, 8.)

Tehokkuusmittauksessa haasteena on lähtötietojen suuri vaihtelu eri vuosien välillä. Osin tästä johtuen muutokset verkkoyhtiöiden tehokkuusluvuissa eri valvontajaksojen välillä ovat huomattavia. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimusraportin (Partanen ym 2020, 22) vertailu verkkoyhtiöiden tehokkuusluvuista vuosina 2016 ja 2020 osoittaa, että muutokset tehokkuusluvuissa voivat olla merkittäviä, jopa yli 50 prosenttiyksikön suuruisia. Korrelaatiot verkkoyhtiöiden toiminnan ja tehokkuusluvun kehittymisen välillä ovat olleet osin ennalta arvaamattomia. Tutkimusraportin johtopäätös tehostamiskannustimen osalta on, että operatiivisten kustannusten on edelleen suotavaa kannustaa tehokkaaseen toimintaan, mutta samalla tehostamiskannustimen käytännön toteutusta tulevilla valvontajaksoilla on tarkasteltava. Etenkin tähän vaikuttaa siirtymä investointipainotteisesta toimintaympäristöstä vaiheittain operatiivisen toiminnan roolia korostavaan toimintaympäristöön.

6 Tehostamiskannustimen kustannusvaikutusten empiirinen vertailu

Energiaviraston (2023) asettama jakeluverkkoyhtiöiden tehostamiskannustin kannustaa yhtiöitä tehostamaan toimintaansa. Empiirisessä osiossa tavoitteena on tarkastella millainen vaikutus jakeluverkkoyhtiöiden kapasiteetin määrän vähentämisellä olisi kokonaiskustannuksiin eli TOTEXiin. Käyttöasteen näkökulmasta kapasiteetin määrä on olennainen: käyttöaste luonnollisesti kasvaa, kun verkossa kulkevan sähkön määrä säilytetään ennallaan ja kapasiteetin määrää lasketaan.

Energiavirasto hyödyntää tehostamiskannustimen laskennassa StoNED-laskentamalliin pohjautuvaa laskentamallia. Empiirisessä osiossa hyödynnetään Energiaviraston uusinta, nykyisellä valvontajaksolla käytössä olevaa tehostamiskannustimen laskentamallia, jonka avulla voidaan estimoida yhtiöiden lähtötietojen pohjalta kapasiteetissa tapahtuvien muutosten todellinen vaikutus.

6.1 Tutkimusasetelma

Tutkimuksessa analysoidaan tehostamiskannustimen toteumaa eri verkkoyhtiöissä ja vertaillaan sitä tilanteeseen, jossa kiinteän panoksen eli kapasiteetin nykykäyttöarvon lasku vaikuttaa yhtiön kokonaiskustannuksiin ja saavutettuihin kustannussäästöihin lähtötilanteeseen verraten.

Tehostamiskannustin perustuu kustannusrintaman ja kontrolloitavissa olevien operatiivisten kustannusten (KOPEX) vertailuun ja se kannustaa yhtiöitä etsimään tapoja vähentää kustannuksia. Yksi mahdollinen tapa tehostaa toimintaa on kapasiteetin laskeminen tai investointitarpeen rajaaminen, mikä voi vaikuttaa laskevasti yhtiön kokonaiskustannuksiin. Nykyisessä sääntelyssä kokonaiskustannuksia ei huomioida, mutta tutkimusasetelmassa ne sisällytetään laskentaan tarkastelemalla myös kapasiteetista aiheutuvia pääomakustannuksia yhtiön kokonaiskustannusten osana.

Tässä tutkielmassa analysoidaan verkkoyhtiöiden nykyisiä tehostamiskannustimia ja vertaillaan niitä tilanteeseen, jossa kapasiteetin nykykäyttöarvo laskee eri skenaarioiden mukaan. Tämän vertailun tavoitteena osoittaa, että kokonaiskustannuksiin perustuvalla sääntelyllä ja yhtiöiden kapasiteetin optimoinnilla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. Tavoitteena on myös osoittaa yhtiöiden alttius yli-investoida kapasiteettiin. Todellisuudessa verkkoyhtiöiden mahdollisuus luopua kapasiteetistaan on hyvin rajallinen, mutta tutkimusasetelmaa voidaan tarkastella myös käyttöasteen kasvun näkökulmasta: verkossa kulkevan energian määrä säilyy samana, mutta verkon kapasiteetti on aiempaa pienempi. Analogisesti asetelma toimii siis siten, että verkon kapasiteetin pysyessä samana aiempaa suuri määrä energiaa kuljetetaan verkossa. Tämän myötä yhtiöiden investointitarve vähenee eivätkä pääomakustannukset kasva.

Analysoidaan tuloksia luvussa 7 yksinkertaisella usean selittäjän lineaarisella mallilla sekä tilastollisia tunnuslukuja tarkastelemalla.

6.2 Yhteys regulaatioteoriaan

Tutkimushypoteesi on, ettei nykyinen sääntely kannusta jakeluverkkoyhtiöitä nostamaan käyttöastetta, koska se ei palkitse kapasiteetin käyttöasteen nostamisesta. Tämä voidaan yhdistää teoriaosuudessa esiteltyyn Averch-Johnsonin efektiin (Averch & Johnson 1962), jonka mukaan säädellyt yritykset investoivat ylikapasiteettiin, koska sääntelymalli ei luo kannustimia kapasiteetin tehokkaalle hyödyntämiselle. Tehostamiskannustimen rakenne ja pääomakustannusten huomioimatta jättäminen osana kustannuksia saattaa siis mahdollistaa tilanteen, jossa kapasiteetin vähentäminen tai investointitarpeen rajaaminen olisi taloudellisesti kannattavaa yhtiön kokonaiskustannusten näkökulmasta, mutta sen sijaan investoidaan uuteen kapasiteettiin. Analyysi voi tarjota hyödyllistä tietoa verkkoyhtiöiden kapasiteettiin liittyvistä päätöksistä ja siitä, kuinka kapasiteetin hallintaa tulisi kehittää tulevaisuuden sääntelymalleissa erityisesti tehostamiskannustimen ja pääomakustannusten suhteen.

Tutkimusasetelmalla on yhteys teoriaosuuden mittatikkukilpailun (Shleifer 1985) ja ehdollisen mittatikkukilpailun (Kuosmanen & Johnson 2017) kanssa. Mittatikkukilpailu on sääntelymenetelmä, jossa paikallisia monopoleja pakotetaan kilpailemaan virtuaalisessa markkinassa keskenään vertaamalla niiden kustannustehokkuutta suhteessa toisiinsa (Shleifer 1985). Tämä periaate toimii teoriassa tehokkaasti, mutta käytännössä sillä on ollut ongelmia, erityisesti liittyen investointikannustimiin ja ylikapasiteetin syntymiseen (Kuosmanen & Johnson 2020).

Perinteinen mittatikkukilpailu kohtaa kaksi ongelmaa: joko se jättää huomioimatta kiinteät investoinnit, jolla tarkoitetaan muuttuviin kustannuksiin pohjautuvaa eli OPEX-painotteista mallia. Tällöin yrityksiä kannustetaan investoimaan liikaa pääomaintensiivisiin ratkaisuihin, koska ainoastaan operatiiviset kustannukset vaikuttavat tehostamiskannustimessa. Toinen vaihtoehto on sisällyttää kokonaiskustannukset sääntelyyn, jolla tarkoitetaan TOTEX-painotteista mallia. Tällöin yritykset saattavat välttää investointeja, koska ne pelkäävät, että jo tehdyt investoinnit rankaistetaan tulevaisuuden tehokkuusvaatimuksilla. Toisin sanoen, investointi on liian riskialtista, ja tehottomista investoinneista saatetaan rankaista liiallisesti. (Kuosmanen & Johnson 2020)

Ehdollinen mittatikkukilpailu (Kuosmanen & Johnson 2017) pyrkii ratkaisemaan tämän ongelman luomalla kustannusrajan, joka ottaa huomioon kiinteät panokset. Tämä tarkoittaa, että yrityksiä arvi-

oidaan suhteessa toisiinsa siten, että myös niiden pääomarakenne ja toimintaympäristö otetaan huomioon, eikä rankaista kohtuuttomasti epäonnistuneista investoinneista. Empiirisessä osiossa yhtiöitä huomioidaan ehdollisessa mittatikkukilpailussa esitellyn TOTEX-normin eli kokonaiskustannuksiin perustuvalla sääntelyllä, sillä myös pääomakustannukset sisällytetään WACC-prosentin skenaarioiden avulla yhtiöiden kustannuksiin. Jos kokonaiskustannukset laskevat kapasiteettia alentamalla, voi taustalla olla Averch-Johnson-efekti (Averch & Johnson 1962), sillä yritysten kapasiteetti on nykyisellään liian korkea todellisilla kustannuksilla mitattuna.

Empiirisen osion tutkimusasetelmalla voidaan osoittaa kustannussäästöjen vaikutus silloin, kun yrityksillä on sääntelyn asettama kannustin olla yli-investoimatta pääomaan, sillä kapasiteetin nykykäyttöarvolla on suora vaikutus kokonaiskustannusten tasoon. Koska jakeluverkkoyhtiöissä tuloksen suuruuteen vaikutetaan yksinomaan kustannuksia minimoimalla, on mahdollisesti saavutetuilla kustannussäästöillä merkittävä rooli yhtiön taloudelliseen menestykseen. Tulokset ovat oleellisia myös Energiaviraston sääntelyn kehittämisen kannalta, sillä ne voivat osoittaa tarpeen huomioida myös pääomakustannukset sääntelyssä.

6.3 Data

Analyysissä hyödynnetään Energiaviraston avointa dataa suomalaisten jakeluverkkoyhtiöiden taloudellisista ja teknisistä tunnusluvuista. Energiavirasto pitää yllä kattavaa ja yksityiskohtaista dataa, sillä verkkoyhtiöillä on velvollisuus ilmoittaa Energiavirastolle kalenterivuositain verkkotoiminnan laajuutta, taloutta, kannattavuutta, hintatasoa, tehokkuutta sekä laatua kuvaavat tunnusluvut (Energiavirasto: Verkkotoiminnan julkaisut). Tämä mahdollistaa sähköverkkoyhtiöiden tehokkuuden arvioinnin ja vertailun ja sääntelyn toteuttamisen. Taustalla tilastojen julkistamisessa voidaan pitää esimerkiksi toiminnan läpinäkyvyyden ja luotettavuuden lisäämistä.

Laskennassa olennaisia tunnuslukuja ovat muuttuva ja kiinteä panos, ei-toivotut tuotokset, tuotokset sekä toimintaympäristöä kuvaavat muuttujat. Laskennassa hyödynnetään seuraavia tietoja vuodelta 2022:

- Verkonhaltijan nimi
- Panosmuuttujat
 - Kontrolloitavissa olevat operatiiviset kustannukset, euroa vuoden 2022 hinnoin
 - Kapasiteetin eli sähköverkon nykykäyttöarvo, euroa vuoden 2022 hinnoin
- Tuotosmuuttujat

- Siirretyn energian määrä, GWh
- Sähköverkon kokonaispituus, km
- Käyttöpaikkamäärä, kpl
- Keskeytyskustannukset (KAH), euroa vuoden 2022 hinnoin
- Toimintaympäristömuuttajat
- L-K suhdeluku eli liittymien määrä / käyttöpaikkojen määrä

6.4 Skenaariot

Analyysissä StoNED-kustannusrintamaan pohjautuvaa tehostamiskannustimen laskentamallia muokataan siten, että voidaan arvioida, kuinka paljon kokonaiskustannuksia voidaan pienentää optimoimalla kapasiteetin suuruutta. Käytännössä varantosuure eli yhtiön pääomakanta muunnetaan virtasuureeksi eli vuotuisiksi kustannuksiksi WACC:n avulla, jolloin nämä pääomakustannukset ovat vertailukelpoisia yhtiön operatiivisten kustannusten (KOPEX) kanssa.

Eri skenaarioiden käyttö empiirisessä analyysissä on hyödyllistä, koska se auttaa havainnollistamaan ja testaamaan laskelman herkkyyttä. Skenaarioanalyysien avulla voidaan varmistaa, että laskentamalli pysyy relevanttina myös erilaisissa tilanteissa, mikä tukee sekä teoreettista että käytännön päätöksentekoa. Ramirez ym. (2015) tarkastelussa skenaarioita hyödyntävistä tutkimuksista havaittiin, että skenaarioiden avulla tutkimuksessa voidaan nostaa esiin uudenlaisia, poikkeuksellisia havaintoja ja tehdä tutkimuksesta mielenkiintoisempaa, kuitenkin luopumatta käyttökelpoisuudesta ja laadusta. Skenaarioiden avulla voidaan ottaa tulevaisuuteen liittyvät riskit huomioon tutkimuksessa ja tehdä johtopäätöksiä jopa monimutkaisista ja epävarmoista tilanteista (Cordova-Pozo & Rouwette 2023).

Menetelmä muodostaa laskentapohjan, jonka avulla investointipäätöksiä ja kapasiteetin optimointia voidaan analysoida suhteessa tutkielman tutkimuskysymyksiin.

6.4.1 Kapasiteetin nykykäyttöarvon skenaariot

Laskennassa käytetään yhteensä 12 eri skenaariota, jotka muodostuvat kolmesta eri WACC-prosentin tasosta sekä neljästä eri kapasiteetin koon skenaariosta. Yhtiöitä on yhteensä 77, ja yhtiöt on indeksoitu merkinnällä *i*.

Kapasiteetin skenaarioiden taustalla on ajatus erilaisten tilanteiden havainnollistamisesta ja vaikutusten arvioimisesta. Skenaarioilla pyritään havainnollistaan reaali maailmaa, jossa todellista mahdollisuutta kapasiteetin määrän laskemiseen ei ainakaan lyhyellä aikavälillä ole, vaan sopeutuminen tapahtuu hitaammin.

Skenaarioiksi on valittu kapasiteetin nykykäyttöarvon laskeminen 5 %, 10 %, 20 % ja 30 % verran. Merkitään kapasiteetin muutosprosenttia kuvaavat skenaariot seuraavasti:

$$K_{i,j} = (1 - j)K_{i,0}, \quad j \in \{5\%, 10\%, 20\%, 30\%\}$$

jossa $1 - j$ on kerroin skenaariolle ja $K_{i,0}$ on yhtiön i alkuperäinen NKA. Skenaariot voidaan kuvata siis seuraavasti:

$$K_{i,1} = 0,95K_{i,0},$$

$$K_{i,2} = 0,9K_{i,0},$$

$$K_{i,3} = 0,8K_{i,0},$$

$$K_{i,4} = 0,7K_{i,0},$$

Jokainen skenaario lasketaan jokaiselle yhtiölle i . Realistisimpana skenaariona voidaan pitää ensimmäistä ja toista skenaariota, eli viiden tai kymmenen prosentin laskua nykykäyttöarvossa. Skenaariot 20 tai 30 prosentin laskusta ovat kiinnostavia mutta reaali maailmassa epätodennäköisiä, sillä näin suuren osuuden poistaminen voisi tuoda riskejä esimerkiksi toimitusvarmuuden kannalta. Jos kapasiteetista vähennettäisiin näin merkittävä osa, vaadittaisiin esimerkiksi kysyntäjoustolla tai muulla järjestelmällä huippukysyntään vaikuttavia toimia merkittävässä määrin.

6.4.2 WACC-skenaariot ja Pohjoismainen vertailu

WACC-prosentin määrittämisen taustalla on kapasiteetin nykykäyttöarvon muuttaminen varantosuureesta virtasuureeksi, jotta arvo on vertailukelpoinen kustannusarvojen kanssa. Jakeluverkkoalalla WACCia käytetään myös kohtuullisen tuottoasteen sääntelyssä (Energiavirasto, 2023).

WACC-skenaarioiksi määritettiin Pohjoismaisten verkkoyhtiöiden WACC-prosenttien analysoinnin pohjalta matala, normaali ja korkea WACC.

Säännellyillä markkinoilla, kuten energiasektorilla, WACC:n määrittelyyn liittyvät oletukset ovat kriittisiä. Tämä on erityisen tärkeää sähkönjakeluverkkoyhtiöissä, joissa pitkän aikavälin investointipäätökset ja säännellyt hintarakenteet tekevät WACC:n määrittelystä keskeisen työkalun sekä kustannusoptimoinnin, että investointien ohjauksen näkökulmasta.

Pohjoismaita vertailtaessa nousee esiin erilaisia sääntelyn ja markkinarakenteen eroja, jotka vaikuttavat WACC-tasoon. Etenkin korkotasolla ja riskittömän koron määrittelyllä on ollut selvästi vaikutusta: Suomessa WACCin määrittämisessä käytetään Energiavirastossa oman pääoman kohtuullisen kustannuksen perustana olevana riskittömänä korkokantana Saksan valtion kymmenen vuoden obligaatioiden korkoa (Energiavirasto 2023, 52-53). Puolestaan Ruotsissa regulaattori Energimarknadsinspektionen käyttää Ruotsin kymmenen vuoden obligaation korkoa osana laskennallista korkoa, jota käytetään WACC-laskennan pohjalla (Energimarknadsinspektionen 2022). Aiemmin Ruotsissa käytettiin lyhyemmän aikavälin korkoa, joka vaikutti merkittävästi WACCin vaihteluun erityisesti matalien korkojen aikana. Norjassa hyödynnetään kiinteää reaalikorkoa, joka on pitänyt markkinaheilahteluiden vaikutukset vaimeampina (NVE 2023). Tanskassa käytössä on kolmen kuukauden välein päivitettävä 10 vuoden korkojen keskiarvo (Forsyningstilsynet 2022).

Korkovaihtelun lisäksi lisäpreemioiden käytöllä on merkitystä maan WACC-prosentteihin. Esimerkiksi Suomessa on ollut tapana lisätä likviditeetti-premio ja markkinariskipremio (Energiavirasto 2023) ja Norjassa vakioitu markkinariskipremio (NVE 2023). Ruotsissa ylimääräisiä preemioita on vähennetty (Energimarknadsinspektionen 2022).

Lisäksi maiden välillä on eroja esimerkiksi beta-kertoimen välissä, ja Suomi on määritellyt sen hieman muita maita korkeammalle nostaen myös WACCin suuruutta: esimerkiksi Norjassa kerroin on noin 0,875 ja velattomalle 0,35 (NVE 2023), kun Suomessa vastaavat luvut ovat 0,93 ja 0,48 (Energiavirasto 2023, 53-54). Suuri vaikutus on myös paikallisilla poliittisilla tavoitteilla ja investointitarpeilla: esimerkiksi Suomessa suuri vaikutus oli vuoden 2011 myrskyillä, joiden myötä poliittinen tavoite sääntelyssä oli asettaa tiukemmat vaatimukset sähköverkkoinvestointeihin ja erityisesti maakaapelointiin: tämä näkyi suurempina investointimäärinä ja WACCin jyrkkänä nousuna (Collan ym. 2022, 11-12).

Kokonaisuudessaan voidaan huomata, että etenkin Norjassa WACC-mallin konservatiivisesti arvioidut parametrit pitävät WACC-arvot tasaisena verrattuna esimerkiksi Ruotsiin ja Suomeen, jossa WACCit muuttuvat enemmän markkinamuutosten ajamana. Tanskassa WACC arvioidaan mekaanisemmin verrokkimaihin nähden ja vaihtelua on harvemmin.

6.4.3 WACC-skenaarioiden laskenta

Pohjoismaiden WACC-prosenttien analyysin pohjalta on perusteltua muodostaa kolme skenaariota, eli matala, normaali ja korkea. Tämä mahdollistaa erilaisissa markkina- ja maailmantilanteissa tapahtuvien tehostamiskannustimen kustannusvaikutusten arvioinnin. Empiirisessä osiossa WACC-skenaariot lasketaan perinteisellä WACC-kaavalla:

$$WACC_w = \frac{E}{E + D} * r_e + \frac{D}{E + D} * r_d * (1 - T) \quad w \in \{m, n, k\}$$

jossa E on oma pääoma, D vieras pääoma, r_e oman pääoman kustannus, r_d vieraan pääoman kustannus ja T veroaste. w kuvaa WACC-skenaariota. Oman pääoman kustannus r_e määritellään CAPM-mallilla:

$$r_e = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

jossa r_e on oman pääoman kustannus, r_f riskitön korko, β betakerroin ja r_m markkinaportfolio odotettu tuotto eli ts. osakemarkkinoiden historiallinen keskimääräinen tuotto. Puolestaan $r_m - r_f$ kuvastaa markkinariskipreemiota, eli sitä kuinka paljon osakemarkkinat keskimäärin tuottavat enemmän kuin riskitön korko. (Sharpe, 1964; Lintner, 1965.)

Vieraan pääoman kustannus r_d määritetään riskittömän koron ja luottopreemion avulla:

$$r_d = r_f + \text{luottopreemio}$$

Velallinen beta β mittaa jakeluverkkoyhtiöiden osaketuottojen herkkyyttä koko markkinan liikkeisiin. Jos β on alle 1, ala on vähemmän riskialtis kuin keskimääräinen markkinaportfolio. Jos se on yli 1, ala on riskisempi kuin markkinaportfolio. Verkkoyhtiöt ovat tyypillisesti matalan betan sijoituskohteita, koska niiden liiketoiminta ei ole suoraan sidoksissa suhdannevaihteluihin ja niillä on luonnollisen monopolin asema. Puolestaan verkkoyhtiöiden pääomarakenne eli jako oman ja vieraan pääoman välillä määritellään yleensä noin 50-50 -suhteessa, riippuen siitä, miten paljon regulaattori arvioi optimaalisen rahoitusrakenteen vaikuttavan tuottovaatimukseen.

WACC- sekä CAPM-yhtälöjä hyödyntämällä voidaan määrittää eri skenaarioiden WACCien arvot. Yritysveroprosenttina käytetään jokaisessa skenaariossa 20 %, eli Suomen yhteisöverokantaa.

Parametrien arvoja määriteltäessä on hyödynnetty KMPG:n Energiavirastolle teettämää selvitystä kohtuullisen tuottoasteen määrittämisestä sähkö- ja maakaasuverkkotoimintaan sitoutuneelle pää-

omalle (KPMG 2022). Riskitön korkokanta eri skenaarioille on poimittu Saksan 10-vuotisten joukkovelkakirjalainojen koroista vuodelta 2022 siten, että matalassa WACC-skenaariossa käytetään kuukausiajanjaksojen keskiarvojen minimiä, normaalissa keskiarvoa arvonmäärityspäivältä ja korkeassa kuukausiajanjaksojen keskiarvojen maksimia. Vaikka vuoden sisäinen vaihtelu on verrattain vähäistä esimerkiksi eri vuosien välillä tapahtuvaan vaihteluun, on huomioitava, että sähkön jakeluverkkoyhtiöissä riskitöntä korkokantaa ei ole myöskään perusteltua vaihdella voimakkaasti.

Matalalle WACC -skenaariolle tyypillisiä ovat erittäin matalat korot (riskitön korko lähellä nolaa tai negatiivinen) ja samanaikainen matala lisäpremio. Sääntelyssä matala skenaario toteutuu, jos viranomaisen käyttää lyhyen aikavälin markkinakorkoja ilman ylimääräisiä lisäpremioita. Lisäksi kuluttajamyönteinen ilmapiiri myötävaikuttaa matalaan WACC-skenaarioon, sillä suositetaan matalia hintoja yli korkean tuottoprosentin. Matalan WACC-skenaarion taso on:

$$WACC_m = \frac{0,441}{0,441 + 0,559} * (-0,0006 + 0,91 * (0,063 - (-0,0006))) + \frac{0,559}{0,441 + 0,559} * (-0,0006 + 0,016) * (1 - 0,2) = 3,21\%$$

jossa pääomarakenne oman ja vieraan pääoman välillä on 44,1 % ja 55,9 %, riskitön korko -0,06 %, beta 0,91, osakemarkkinoiden keskimääräinen tuotto 6,3 %, markkinariskipremio 5,2 % ja luotto-premio on 1,6 % (KPMG, 2022).

Normaali WACC -skenaario edustaa pitkän aikavälin keskimääräistä tilannetta: korkotaso on normaali, ja sekä sijoittajien tuottovaatimukset että sääntelyn parametrit ovat keskimääräisellä tasolla. Normaali skenaario toteutuu, kun talous on vakaassa tilassa, inflaatio on tavoitteiden mukainen ja rahoitusmarkkinoiden riskipremiot eivät poikkea merkittävästi historiallisista keskiarvoista. Sääntely pitää tuottoasteen ennustettavana, eikä tee äkillisiä muutoksia, jolloin verkkoyhtiöt voivat odottaa kohtuullista tuottoa. Usein sääntelykausien keskiarvot osuvat tähän skenaarioon.

$$WACC_n = \frac{0,484}{0,484 + 0,516} * (0,0113 + 0,97 * (0,0683 - 0,0113)) + \frac{0,516}{0,484 + 0,516} * (0,0113 + 0,021) * (1 - 0,2) = 4,56\%$$

eli pääomarakenne eli oman ja vieraan pääoman suhde 48,4 % ja 51,6 %, riskitön korko 1,13 %, beta 0,97, osakemarkkinoiden keskimääräinen tuotto 6,83 %, markkinariskipremio 5,7 % luotto-premio 2,1 %.

Korkean WACC:n skenaariossa vallitsee korkea korkotaso tai poikkeukselliset riskipreemiot. Taus-tatekijöitä ovat esimerkiksi nouseva inflaatio ja keskuspankkien korkojen nostot ja tuottovaatimus-ten kasvut, tai sääntelyssä tapahtuva päätös lisätä preemioita WACC-laskentaan. Sääntely voi myös tietoisesti sallia korkeamman tuoton esimerkiksi turvatakseen investoinnit poliittisella päätöksellä tai haastavalla markkinatilanteella perustellen: tällöin voidaan lisätä esimerkiksi erillisiä riskilisiä. Korkean skenaarion vallitessa verkkoyhtiöiden asiakkaat voivat kohdata nousevia siirtohintoja, ellei sääntely erikseen kompensoi kustannuksia.

$$WACC_k = \frac{0,565}{0,565 + 0,435} * (0,015 + 0,96 * (0,074 - 0,015)) + \frac{0,435}{0,565 + 0,435} * (0,015 + 0,027) * (1 - 0,2) = 5,51 \%$$

eli pääomarakenne on 56,5 % ja 43,5 %, riskitön korko 1,5 %, beta 0,96, osakemarkkinoiden keski-määräinen tuotto 7,4 %, markkinariskipremio 5,9 % ja luottopremio 2,27 %. Taustalla muuttu-neessa pääomarakenteessa on kohonneiden velkakustannusten määrä, ja tämän myötä kasvanut oman pääoman osuus. Vaikutukset näkyvät pienentyneenä verohyötynä sekä WACCin kasvuna.

6.4.4 StoNED-mallin kustannusten muuttaminen kokonaiskustannuksiksi

Skenaarioiden laskemiseksi on muutettava sääntelyyn ja StoNED-kustannusrintamaan perustuvat verkkoyhtiön kustannukset kokonaiskustannuksiksi, jotta kustannukset ovat yhteismitallisia. Tämä tapahtuu kolmen eri vaiheen avulla.

Ensimmäisessä vaiheessa on muokattava yhtiön kapasiteetin nykykäyttöarvoa, joka lasketaan seu-raavalla kaavalla:

$$NKA_{t-1} = NKA_{t,YHliite1} - inv_{t,YHL2016} + TP_{t,YHL2016}$$

jossa $NKA_{t,YHliite1}$ on vuoden t nykykäyttöarvo, $inv_{t,YHL2016}$ investoinnit ja $TP_{t,YHL2016}$ tasapoistot Energiaviraston yksikköhintaluettelon mukaisesti arvoitettuna (Energiavirasto 2023). Kyseiset nyky-käyttöarvot ovat saatavilla Energiaviraston jakeluverkkoyhtiökohtaisista tilastoista. Nykykäyttöarvo kerrotaan nykykäyttöarvon kapasiteetin skenaarioilla

$$K_{i,j} = (1 - j)K_{i,0}, \quad j \in \{5\%, 10\%, 20\%, 30\%\}.$$

joiksi on valittu kapasiteetin nykykäyttöarvon laskeminen 5 %, 10 %, 20 % ja 30 % verran.

Kun uusi skenaarion mukainen kapasiteetti on määritetty, lasketaan tehostamiskannustinmallin mu-kaisesti luvussa neljä esitelty StoNED-kustannusrintaman mukainen KOPEX:n vertailutaso:

$$\ln x = \ln IR(\bar{x}, \bar{y}) + \delta'z + u + v$$

jossa x on kontrolloitavissa olevat operatiiviset kustannukset, IR on monotoninen, konvekksi ja skaalatuotoiltaan vakio panostarvefunktio, \bar{x} on kiinteiden panosten vektori ja \bar{y} tuotosvektori, δ' heterogeenisuuden marginaalivaikutuksia kuvaava vektori ja z heterogeenisuutta kuvaavien tekijöiden vektori. Puolestaan u on tehottomuuden odotusarvo ja v satunnaisvirhe. (Energiavirasto 2023, 90-91.)

Määritetty kustannustaso sisältää luvussa neljä esittelyn mukaisesti tuotos-, panos- ja toimintaympäristömuuttujat, jotka ovat saatavilla Energiaviraston tilastoissa yhtiökohtaisesti. Kun StoNED-rintaman mukainen KOPEX:n vertailutaso SKOPEX on saavutettu, lisätään summaan pääomakustannus. Pääomakustannus määritetään WACC-skenaarioiden w pohjalta, joita määritettiin kolme: matala, normaali ja korkea. Kyseisellä WACC-arvolla kerrotaan skenaarioitua NKA:n tasoa $K_{i,s}$, jolloin saadaan TOTEX seuraavasti:

$$TOTEX_{i,j,w} = KOPEX_i + WACC_w K_{i,j}$$

eli $KOPEX_i$ on yhtiön StoNED-rintaman mukainen KOPEX:n vertailutaso, $WACC_w$ on WACC-skenaario ja $K_{i,j}$ on kapasiteetin nykykäyttöarvo muutosprosentilla j .

Saadut kokonaiskustannukset $TOTEX_{i,j,w}$ lasketaan yhtiöittäin ja saatua kokonaiskustannusta verrataan ilman nykykäyttöarvon laskemista olleeseen kustannustasoon, eli

$$TOTEX_{i,0,w} = KOPEX_i + WACC_w K_{i,0}$$

Kyseinen kustannustaso on siis se yhtiön kokonaiskustannusten määrä, joka vallitsi lähtötilanteessa.

6.5 Tulosten tilastollinen mallintaminen

Selitetään tuloksia seuraavassa luvussa yksinkertaisella tilastollisella menetelmällä eli usean selittäjän lineaarisella regressiomallilla.

6.5.1 Lineaarinen regressio

Linearisessa regressiossa selitettävää muuttujaa eli vastemuuttujaa y_i selitetään jokaiselle havainnolle mitatuilla selittäjillä $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$. Linearisessa regressiossa jokaiselle selittäväälle muuttujalle määritetään kerroin β_j , joka on vastemuuttujan Y odotettu muutos, kun selittävä muuttuja X_j kasvaa yhden yksikön muiden selittäjien pysyessä vakiona. Malliin sisältyy myös vakio β_0 , joka on

vastemuuttujan Y odotusarvo, kun kaikki muut muuttujat X_j ovat nolla, sekä virhetermi ε_i , joka sisältää sen vaihtelun, jota malli ei selitä. (Stock & Watson 2020, 145-146.)

Mallin yleinen esitystapa on seuraava:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

jonka kerroinestimaatit β_j estimoidaan pienimmän neliösumman menetelmällä (Stock & Watson 2020, 220). Menetelmä valitsee estimaattorit $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ minimoimalla residuaalien neliösumman:

$$\min_{\hat{\beta}_0, \dots, \hat{\beta}_k} \sum_{i=1}^n [Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{1i} - \dots - \beta_k X_{ki}]^2,$$

josta saadaan estimoidut arvot:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ki}, \quad i = 1, \dots, n$$

sekä residuaalit;

$$\hat{\varepsilon}_i = Y_i - \hat{Y}_i.$$

Usean selittäjän lineaarisella regressiomallilla on tiettyjä avainoletuksia: virhetermin tulee olla ehdollisesti riippumaton selittäjästä kontrollimuuttujien suhteen, jotta systemaattista selittämätöntä vaihtelua jää virhetermiin ε_i . Lisäksi havaintojen tulee olla identtisesti ja riippumattomasti jakautuneita, jotta pienimmän neliösumman estimaattorit ovat asymptoottisia. Toisin sanoen yhden havainnon saamat arvot eivät riipu toisista havainnoista, ja havainnot ovat edustava otos aineistosta, eli ne noudattelevat samaa jakaumaa. Lisäksi ääriarvoilla tulee olla äärelliset neljännet momentit, eli suuria poikkeavia havaintoja ei tule olla. Myöskään täydellistä multikollineaarisuutta muuttujien välillä ei tule olla, eli muuttujaa ei voi selittää täysin toisella muuttujalla. (Stock & Watson 2020, 227-228)

Lineaarisessa regressiomallissa asetetaan nollahypoteesi, esimerkiksi $H_0: x = 0$, jonka mukaan mallin selittäjillä ei ole vaikutusta selitettävään vastemuuttujaan. Lisäksi asetetaan vastahypoteesi, joka voi olla esimerkiksi $H_1: x \neq 0$. Tämän jälkeen lasketaan testisuure aineistosta: yleinen testi on t-testi, jolla voidaan esimerkiksi testata, onko regressiokertoimen kerroin merkittävästi nolasta poikkeava. Testin tuloksena saadaan tilastollinen tunnusluku, jota kutsutaan p-arvoksi. Yksinkertaistettuna p-arvo kertoo, kuinka hyvin havaittu aineisto suhtautuu nollahypoteesiin: jos p-arvo on pieni, nollahypoteesin vallitessa havaittu tulos olisi hyvin epätodennäköinen. Puolestaan suurella p-arvolla nollahypoteesin hylkääminen ei välttämättä ole perusteltua. (Stock & Watson 2020, 110-111.)

P-arvon käyttö tutkimuksissa on kohdannut myös kritiikkiä. Esimerkiksi Imbensin (2021, 2) mukaan p-arvoa on kritisoitu siksi, että se ohjaa usein liikaa tutkimusten tilastollista analysointia: pelkkä fokuoitetuminen p-arvoon voi olla harhaanjohtavaa ja johtaa jopa väärin johtopäätöksiin. Imbensin mukaan esimerkiksi usein taloustieteellisessä tutkimuksessa käytetty viiden prosentin rajanollahypoteesin hylkäämiseksi ei aina ole riittävä hylkäämään nollahypoteesia, mutta sitä käytetään silti laajalti. Myös tiedostettu tai tiedostamaton mallien muokkaaminen paremman p-arvon saamiseksi voi olla haitallista laadukkaan tutkimustiedon kannalta (Andrews & Kasy 2019; Elliott ym. 2019).

6.5.2 Kustannussäästöjen selittäminen lineaarisella regressiomallilla

Sisällytetään kustannussäästöjä selittävään lineaariseen regressiomalliin selittäväksi muuttujaksi $WACC_w$, jossa $w \in \{m, n, k\}$ eli matala, normaali tai korkea WACC-prosenti, sekä kapasiteetin nykykäyttöarvon muutosprosentti $K_j \in \{-5, -10, -20, -30\}$. Selitetään niillä vastemuuttujaa $Y_{i,w,j}$ eli kokonaiskustannusten muutosta yhtiössä i tapauksessa w ja j .

Koska muuttujat $WACC_w$ ja K_j ovat kategorisia, kuvataan ne mallissa dummy-muuttujilla. Lisätään dummy-muuttujat WACC-prosentin skenaarioille. Dummy-muuttuja esitetään indikaattorifunktiolla $W_w = \mathbf{1}\{WACC_w \in \{n, k\}\}$, jossa dummy-muuttuja W_w saa arvon 1 silloin, kun WACC-prosenti $w \in n, k$. Matala WACC-taso m esitetään vertailutasona.

Kapasiteetin muutoksen dummy-muuttuja kuvataan indikaattorifunktiolla $D_j = \mathbf{1}\{K_j \in \{-10, -20, -30\}\}$, joka saa arvon 1 silloin $j \in \{-10, -20, -30\}$. Pienin kapasiteetin muutosprosentti -5 % toimii vertailutasona.

Näiden indikaattorifunktioiden avulla mallissa esitetään myös WACC-prosentin ja nykykäyttöarvon muutosprosentin välinen yhteisvaikutus.

Malli esitetään siis seuraavasti:

$$Y_{i,w,j} = \beta_0 + \sum_w \psi_w W_{i,w} + \sum_j \phi_j D_{i,j} + \sum_w \sum_j \delta_{wj} W_{i,w} D_{j,w} + \varepsilon_{i,w,j}$$

jossa β_0 on estimoitu kustannussäästö, kun kapasiteetin muutosprosentti on -5 % ja WACC-prosenti matala. Parametri ψ_w estimoi, kuinka paljon kustannussäästö muuttuu WACC-prosentin w

ollessa normaali tai korkea. Parametri ϕ_j estimoi kuinka paljon kustannussäästö muuttuu kapasiteetin muutoksen j ollessa -10, -20 tai -30. Parametri δ_{wj} on interaktioparametri, joka kertoo kuinka paljon WACC-prosentin ja kapasiteetin yhteisvaikutus on. Lisäksi $\varepsilon_{i,w,j}$ on mallin virhetermi, joka sisältää selittämättömän vaihtelun.

Mallin avulla voidaan analysoida 12 skenaariota jokaiselle yhtiölle interaktioiden avulla, joita ilman yhteisvaikutus jäisi huomioimatta. Tarkastellaan lineaarisen regressiomallin tuloksia luvussa 7.2.

7 Tutkimustulosten analyysi

Empiirisessä osiossa tavoitteena on selvittää, millaisia kustannussäästöjä tehostamiskannustimella voidaan saada aikaan, jos kapasiteettia pienennetään silloin, kun myös pääomakustannukset otetaan huomioon tehostamiskannustimessa. Verkon käyttöasteen näkökulmasta tulokset ovat keskeisiä, sillä käyttöaste luonnollisesti nousee, kun kapasiteettia on aiempaa vähemmän mutta sama määrä energiaa kulkee verkossa.

Tarkastellaan ensin tuloksia keskeisten tunnuslukujen kautta sekä yleisten havaintojen kautta kaikkien yhtiöiden tasolla. Luvussa 7.2 tarkastellaan lineaarisen regressiomallin tuloksia ja luvussa 7.3 yksittäisten yhtiöiden välisiä eroja.

7.1 Kustannussäästöjen keskeiset tunnusluvut

Analyysissä tarkasteltiin 12 skenaariota, jotka muodostuvat kolmesta eri WACC-skenaariosta ja neljästä eri tasosta kapasiteetin nykykäyttöarvon laskulle. Kaikkien skenaarioiden kustannusvaikutukset laskettiin jokaiselle 77 yhtiölle (Liite 1).

Taulukossa 1 on esitettyä eri skenaarioiden keskeiset tunnusluvut. Matalan WACC-tason keskiarvo kustannussäästöissä prosentuaalisesti on viiden prosentin laskussa nykykäyttöarvossa 1,4 % ja mediaani 1,5 %. Nykykäyttöarvon laskiessa yhä enemmän voidaan havaita kustannussäästöjen selvää kasvua, ja suurimmassa nykykäyttöarvon laskun skenaariossa eli arvon laskiessa 30 prosenttia, keskiarvo kustannussäästöille on 6,6 % ja mediaani 7,2 %. Mediaani ja keskiarvo seuraavat toisiaan, joka yleisesti on merkki symmetrisestä jakaumasta, jossa ääriarvot eivät dominoi.

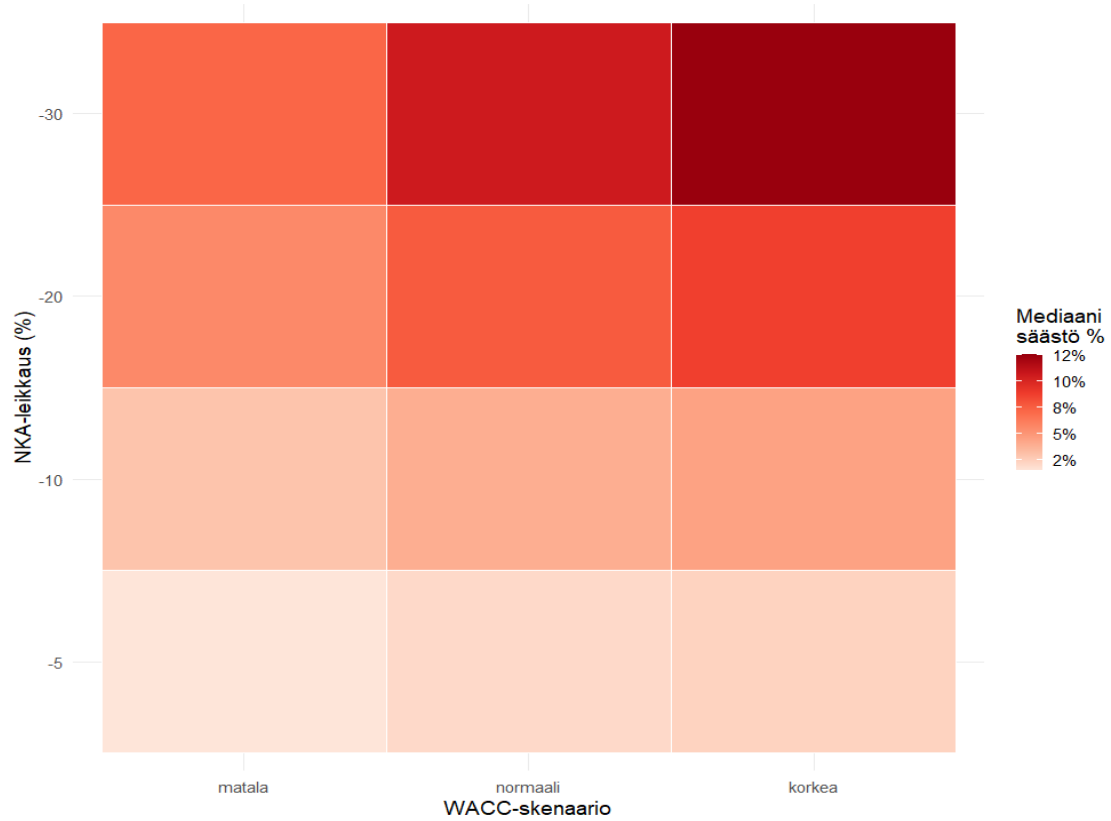
Keskihajonta kasvaa nykykäyttöarvon muutosprosentin kasvaessa. Tämä kertoo, että mitä suurempi leikkaus kapasiteettiin kohdistuu, sitä suurempia ovat erot kustannussäästöjen välillä. Taulukosta 1 havaitaan, että WACC-prosentin muutoksella ei ole suurta vaikutusta keskihajontaan, mutta se vaikuttaa pienenevän maltillisesti WACC-prosentin kasvaessa.

Taulukosta 1 nähdään myös keskeinen johtopäätös: kustannussäästöt kasvavat, kun WACC on suurempi ja nykykäyttöarvoa vähennetään enemmän. Tämä on intuitiivinen seuraus siitä, että WACCin kasvaessa pääomasta maksetaan enemmän, jolloin kustannukset pienenevät pääomakantaa vähentämällä. Lisäksi taulukosta 1 voidaan havaita, että jokaisessa skenaariossa minimi on miinusmerkillinen. Tämä osoittaa, että jokaisessa skenaariossa on yksi tai useampi yhtiö, joka ei saavuta kustannussäästöjä kapasiteettia pienentämällä. Tarkastellaan näitä yhtiöitä tarkemmin luvussa 7.3.

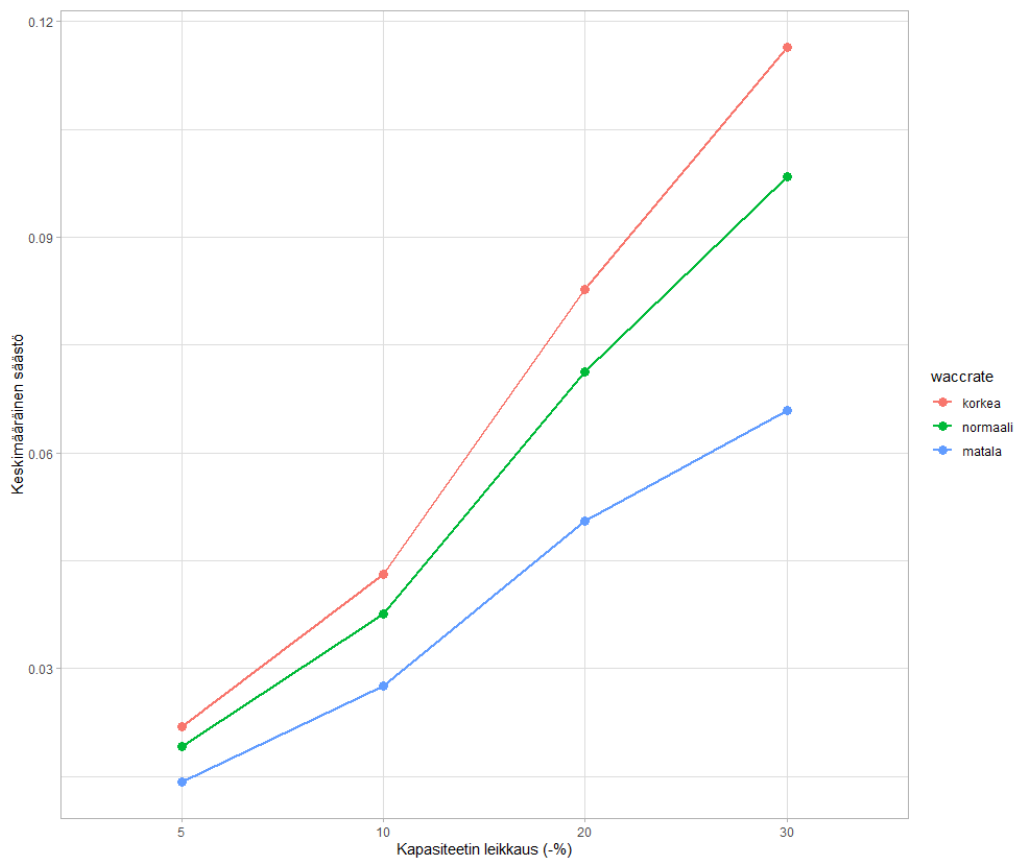
Taulukko 1 Kustannussäästöjen tunnusluvut

NKA	Keskiarvo	Mediaani	SD	Min	Max
Matala WACC					
-5 %	1,4 %	1,5 %	0,8 %	-0,8 %	2,8 %
-10 %	2,8 %	3,0 %	1,6 %	-1,7 %	5,5 %
-20 %	5,1 %	5,6 %	3,4 %	-3,4 %	11,1 %
-30 %	6,6 %	7,2 %	5,1 %	-5,1 %	16,6 %
Normaali WACC					
-5 %	1,9 %	2,0 %	0,8 %	-0,4 %	3,2 %
-10 %	3,8 %	4,0 %	1,6 %	-0,8 %	6,4 %
-20 %	7,1 %	7,6 %	3,2 %	-1,7 %	12,8 %
-30 %	9,8 %	10,6 %	4,8 %	-2,5 %	19,1 %
Korkea WACC					
-5 %	2,2 %	2,3 %	0,7 %	-0,1 %	3,4 %
-10 %	4,3 %	4,5 %	1,5 %	-0,3 %	6,8 %
-20 %	8,3 %	8,7 %	3,1 %	-0,6 %	13,6 %
-30 %	11,6 %	12,5 %	4,6 %	-0,9 %	20,4 %

Keskeistä johtopäätöstä eli kustannussäästöjen kasvua nykykäyttöarvoon kohdistuvassa leikkauksessa sekä WACC-prosentissa havainnollistaa myös lämpökartta (Kuvio 4) sekä kapasiteetin ja nykykäyttöarvon muutosprosentin suhde (Kuvio 5). Lämpökartassa tummeneva väri x- ja y-akselin arvojen kasvaessa havainnollistaa mediaanikustannussäästöjen suuruutta. Lämpökartasta havaitaan, että kustannussäästöt 30 prosenttiyksikön kapasiteettileikkauksen ja korkean WACC-prosentin skenaariossa ovat mediaaniltaan jopa 12 %. Puolestaan viiden prosentin kapasiteettileikkaus ja matala WACC-prosentti yltyvät mediaaniltaan 2 % kustannussäästöihin. Puolestaan kuvioista 4 ja 5 nähdään, että eri WACC-prosentin skenaarioita havainnollistavat käyrät osoittavat, että kapasiteetin muutosprosentin kasvaessa sekä WACC-prosentin ollessa korkeampi myös kustannussäästöt ovat korkeampia.



Kuvio 4. Lämpökartta kustannussäästöistä



Kuvio 5. Kapasiteetin muutosprosentin ja keskimääräisen kustannussäästön suhde

7.2 Regressiomallin tulokset

Analysoidaan tuloksia yksinkertaisella lineaarisella regressiomallilla, jonka teoria on esitelty luvussa 6.5. Mallissa havaintoja on yhteensä 924, eli 22 skenaariota ja 77 yhtiötä. Tuloksista voidaan nähdä WACC-prosentin ja kapasiteetin nykykäyttöarvon vaikutus kustannussäästöihin. Tuloksissa on kuitenkin huomioitava, että kaikki regressiossa huomioidut selittävät muuttujat eivät ole merkitseviä, ja kokonaiskustannussäästön selittäminen lineaarisella regressiomallilla vaatisi lisää selittäviä tekijöitä sekä mahdollisesti useamman skenaarion.

Taulukko 2 Regressiomallin tulokset

Selittäjät	Regressiokerroin	Merkitsevyys
β_0	0,014***	p < 0,001
$j = -10\%$	0,013**	p < 0,01
$j = -20\%$	0,036***	p < 0,001
$j = -30\%$	0,052***	p < 0,001
$WACC_n$	0,005	p = 0,31
$WACC_k$	0,008	p = 0,11
$\{j = -10\%\} * WACC_n$	0,0005	p = 0,46
$\{j = -20\%\} * WACC_n$	0,015*	p < 0,1
$\{j = -30\%\} * WACC_n$	0,028***	p < 0,001
$\{j = -10\%\} * WACC_k$	0,008	p = 0,25
$\{j = -20\%\} * WACC_k$	0,025***	p < 0,001
$\{j = -30\%\} * WACC_k$	0,043***	p < 0,001
Havainnot	924	
Selitysaste	0,524	

Taulukossa 2 on esitettyä lineaarisen regressiomallin tulokset. Sarakkeessa 1 on nimetty selittävä muuttuja, sarakkeessa 2 regressiokerroin eli millä kertoimella muuttuja kerrotaan ja sarakkeessa 3 selittävän muuttujan merkitsevyys p-arvolla mitattuna.

Vertailuskenaariossa eli matalalla WACC-prosentilla ja viiden prosenttiyksikön laskulla kapasiteetin nykykäyttöarvossa saavutetaan regressiomallissa noin 1,4 prosenttiyksikköä kustannussäästöjä. Kapasiteetin muutosprosentin kasvaessa kustannussäästöt kasvavat: kun kapasiteettia leikataan 10 prosenttiyksikköä, säästö kasvaa noin 1,3 %, 20 prosenttiyksiköllä 3,6 % ja 30 prosenttiyksiköllä

5,2 %. Puolestaan WACC-prosentin kasvaessa muutos ei ole niin merkittävä, ja kustannussäästöjä kertyy normaalilla WACC-tasolla 0,5 % enemmän ja korkealla 0,8 % enemmän vertailutasoon nähden.

WACC-prosentin ja kapasiteetin muutosprosentin yhteisvaikutuksissa on havaittavissa selkeitä vaikutuksia kustannussäästöihin. Suurimmat vaikutukset kustannussäästöihin havaitaan -30 % muutosprosentissa sekä normaalilla ja korkealla WACC-prosentilla. Alle prosentin suuruisia kustannussäästöjä havaitaan myös pienillä leikkausprosentteilla, mutta tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä p-arvolla tarkasteltuna.

P-arvolla mitattuna merkitsevä selittävästä muuttujista on β_0 eli vertailutaso, jossa WACC-prosentti on matala ja kapasiteetin nykykäyttöarvon muutos 5 %. Lisäksi kaikki kapasiteetin nykykäyttöarvon muutosprosentteista ovat merkitseviä, $j = -20\%$ ja $j = -30\%$ erittäin merkitseviä alle 0,001 p-arvolla ja $j = -10\%$ merkitsevä alle 0,01 p-arvolla.

Yhteisvaikutuksista merkitseviä ovat alle 0,001 p-arvolla 30 % kapasiteetin lasku ja normaali ja korkea WACC-prosentti, sekä 20 % kapasiteetin lasku ja korkea WACC-prosentti. Lisäksi 20 % kapasiteetin lasku ja normaali WACC-prosentti saa alle 0,1 suuruisen p-arvon. Muut skenaarioista eivät ole p-arvolla mitattuna merkitseviä lineaarisessa mallissa.

Lineaarisen mallin selitysaste on 52,4 % eli WACC-prosentin taso ja kapasiteetin muutos selittää 52,4 % kustannusten muutoksesta. Vaikka selitysaste ei ole korkea, mallin tuloksista voidaan silti havaita keskeisten muuttujien eli WACC-prosentin ja kapasiteetin muutoksen merkitys ja yhteisvaikutus. Taustalla matalaan selitysasteeseen voi olla myös muita selittäjiä, kuten yhtiön koko, verkon hajanaisuus, kapasiteetin nykykäyttöarvon suhde asiakasmäärään sekä yhtiön tehokkuus.

Keskeisenä tarkastelun kohteena on tässä lineaarisessa logaritmisessa mallissa kuitenkin skenaariokohtaisten muuttujien eli WACC-prosentin ja kapasiteetin muutoksen vaikutusta kustannussäästöihin, joten uusien muuttujien lisääminen selitysasteen nostamiseksi ja johtopäätösten tekemiseksi ei ole tutkielman aiheen kannalta oleellista. Syvällisemmässä analysoinnissa yhtiöiden välisien erojen havainnollistamiseksi ja kustannussäästöjen selittämiseksi voidaan lisäksi aineistoa testata tilastollisesti sekä tutkia esimerkiksi multikollineaarisuutta, ryhmien heterogeenisyyttä, heteroskedastisuutta ja muita lineaarisille regressiomalleille ja aineistoille tyypillisiä ominaisuuksia.

7.3 Yhtiötason tarkastelu

Tulokset yksittäisten yhtiöiden tasolla eroavat toisistaan etenkin koon perusteella. Tarkastellaan seuraavaksi yksittäisten yhtiöiden eroja ja analysoidaan, millä erot voisivat selittyä.

Analyysissä tarkastellusta 77 verkkoyhtiöstä kymmenessä ei saavuteta kustannussäästöjä vähintään yhdessä skenaariossa. Kyseiset yhtiöt ovat Alajärven Sähkö Oy, Jeppo Kraft Anderslag, Keminmaan Energia ja Vesi Oy, Lankosken Sähkö Oy, Lehtimäen Sähkö Oy, Muonion Sähköosuuskunta, Porvoon Sähköverkko Oy, Rantakairan Sähkö Oy, Tervolan Energia ja Vesi Oy ja Vetelin Energia Oy. Porvoon Sähköverkko Oy:ta lukuun ottamatta jokainen kyseisistä yhtiöistä on pienikokoinen: käyttöpaikkoja on eniten Keminmaan Energia ja Vesi Oy:ssa (5 489) ja vähiten Jeppo Kraft Anderslagissa (751).

Yhtiöistä kaksi ei saavuta kustannussäästöjä yhdessäkään skenaariossa. Kyseiset yhtiöt ovat Alajärven Sähkö Oy ja Tervolan Energia ja Vesi Oy. Pienten yhtiöiden vähäistä tai negatiivista kustannusvaikutusta selittää esimerkiksi valmiiksi pieni nykykäyttöarvo asiakasmäärään suhteutettuna, OPEX-puolelle jäävä kannustinvaikutus sääntelyssä sekä toimintaympäristön erot verkon tiheyden suhteen. Pienissä verkoissa nykykäyttöarvon ja asiakasmäärän suhde on suuri, kuten Alajärvellä (2666 euroa/asiakas) ja Tervolassa (2805 euroa/asiakas). Suuria kustannussäästöjä saavuttaneilla yhtiöillä, kuten Caruna Oy (keskimäärin 9,52 %) ja Jylhän Sähköosuuskunta (10,14 %), nykykäyttöarvon suhde asiakasmäärään on selvästi suurempi. Esimerkiksi Caruna Oy:lla 4724 euroa ja Jylhän Sähköosuuskunnalla 5807 euroa asiakasta kohden.

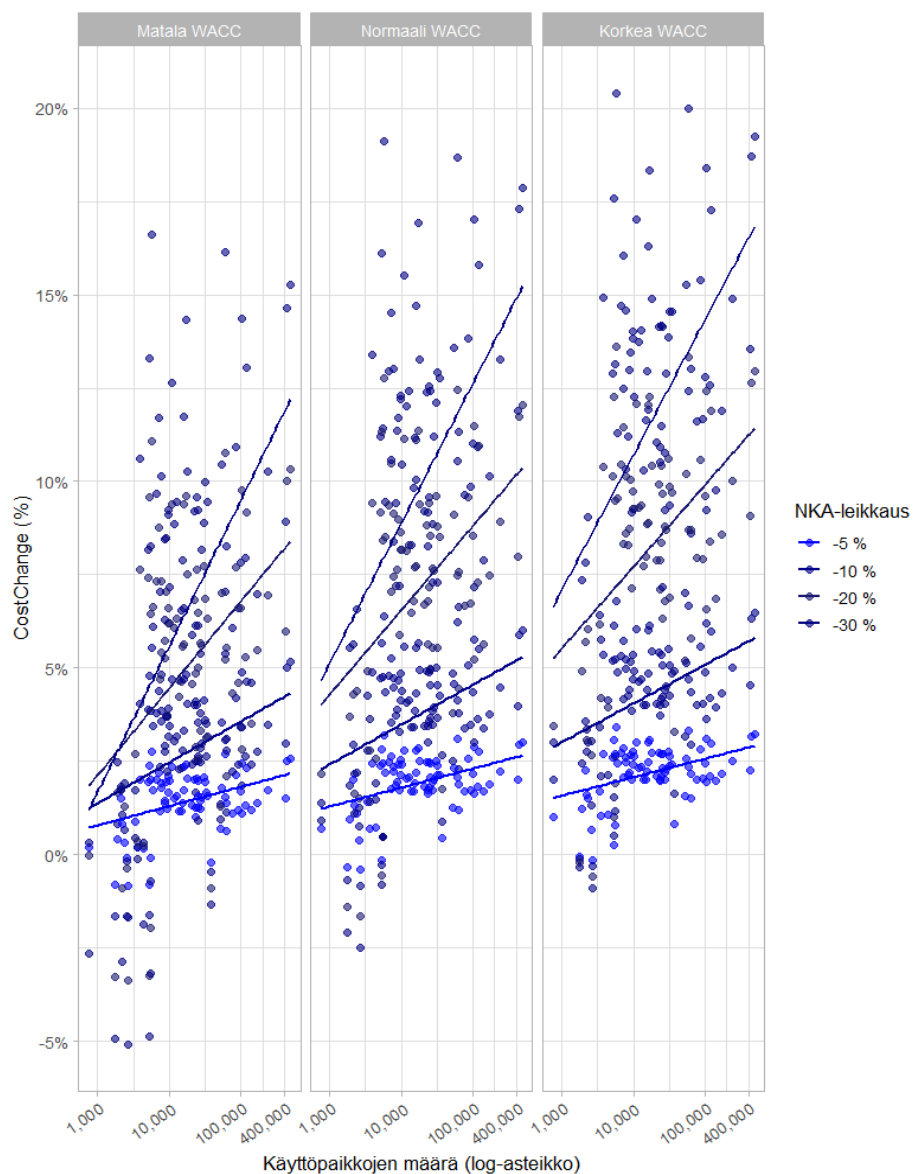
Porvoon Sähköverkko Oy:n käyttöpaikkamäärä on 37 477, joten se on kokoluokassaan poikkeava yhtiö, sillä muut vastaavankokoiset yritykset saavuttivat kustannussäästöjä. Esimerkiksi Herforss Nät-Verkko Oy Ab, jolla käyttöpaikkoja on 33 734, saavutti 12 skenaariossa keskimäärin 6,64 % kustannussäästöt. Porvoon Sähköverkko Oy saavuttaa kustannussäästöjä kuitenkin kaikissa muissa WACC-prosentin skenaarioissa paitsi matalassa.

Vähäistä kustannussäästöä Porvoon Sähköverkko Oy:lla selittää vähäisempi pääomaintensiivisyys verrattuna yhtiöön Herforss Nät-Verkko Oy Ab. Herforssissa kapasiteetin nykykäyttöarvo asiakasta kohden on noin 4050 euroa, kun taas Porvoossa vastaava luku on 2280 euroa. Tämä tarkoittaa, että jokainen prosenttiyksikön leikkaus kapasiteetin nykykäyttöarvoon on euromääräisesti suurempi Herforssille, kuin jo kapasiteettiaan optimoineella Porvoolla.

Lisäksi Porvoossa ja Herforssissa liittymien suhde käyttäjää kohden on erilainen: Porvoossa liittymien määrä käyttäjää kohden on 0,541, kun Herforssilla 0,635. Herforssissa sähköverkko on siis

hajautuneempaa kuin Porvoossa. Suurempi osa Porvoon kapasiteetista on siirtoverkkokapasiteettia (110kV), kun taas Herforssissa keskijänniteverkon (1-70kV) pituus on suurempi.

Kuvio 6 yhtiön käyttöpaikkojen määrän vaikutuksesta kustannussäästöihin osoittaa, että suuremmilla yhtiöillä on keskimäärin suuremmat kustannussäästöt. Kuvaajassa on nähtävissä kuitenkin hajontaa, ja yhtiöiden välisiä eroja voidaan selittää esimerkiksi Porvoon ja Herforssin yhtiöiden kaltaisilla eroilla, kuten pääomaintensiivisyydellä sekä sähköverkon hajanaisuudella. Jos yhtiö on jo optimoinut kapasiteettiaan, eivät leikkaukset kapasiteettiin tuo enää vastaavia kustannussäästöjä kuin pääomaintensiivisissä eli asiakasmäärään suhteutettuna paljon verkkoa omistavissa yhtiöissä.



Kuvio 6. Käyttöpaikkojen määrän vaikutus kustannussäästöihin skenaariokohtaisesti

7.4 Kustannussäästöjen kokoluokka ja merkitys

Kustannussäästöjen keskeiset tilastolliset tunnusluvut (Taulukko 1) ja liitteinä olevat prosentuaaliset kustannussäästöt yhtiöittäin (Liite 1) osoittavat selvää prosentuaalista vaikutusta kustannuksissa. Euromääräisesti tarkasteltuna erot yhtiöiden välillä eivät ole yhtä selkeästi vertailtavissa, sillä yhtiöiden kokonaiskustannuksissa on suuria eroja esimerkiksi niiden käyttäjämäärien, alueen hajaantuneisuuden sekä kapasiteetin määrän ja rakenteen vuoksi.

Taulukossa 3 on esitetty keskimääräiset euromääräiset kustannussäästöt skenaariokohtaisesti. Euromääräisiä säästöjä tarkastellessa voidaan luonnollisesti havaita sama ilmiö, kuin prosentuaalisissa kasvuissa: kun WACC-prosentti ja kapasiteetin nykykäyttöarvon muutos kasvavat, myös säästö kasvaa. Jo 5 prosentin nykykäyttöarvoon kohdistuvilla laskuilla voidaan saavuttaa satojen tuhansien eurojen säästöjä.

Taulukko 3 Keskimääräiset kustannussäästöt euromääräisesti

WACC-prosentti	Nykykäyttöarvon muutos	Keskimääräinen säästö (€)
Matala	-5 %	206 798
Matala	-10 %	409 062
Matala	-20 %	793 122
Matala	-30 %	1 130 402
Normaali	-5 %	306 407
Normaali	-10 %	607 595
Normaali	-20 %	1 190 188
Normaali	-30 %	1 726 000
Korkea	-5 %	376 550
Korkea	-10 %	748 001
Korkea	-20 %	1 472 200
Korkea	-30 %	2 149 019

Eniten kustannussäästöjä saivat Caruna Oy ja Elenia Verkko Oyj: keskimääräinen kustannussäästö kaikille skenaarioille on Caruna Oy:lla n. 16,5 miljoonaa ja Elenia Verkko Oyj:lla 13,9 miljoonaa. Vähiten säästöjä saavuttivat Porvoon Sähköverkko Oyj ja Alajärven sähkö Oy, joka selittyy luonnollisesti yhtiöiden pienellä koolla sekä Porvoon matalalla pääomaintensiivisyydellä.

Kustannussäästöt ovat sekä yhtiö- että yhteiskunnallisella tasolla merkittäviä, ja kertovat tarpeesta kapasiteetin tehokkuuden ja määrän tarkastelulle. Sääntelyn kannustinvaikutukset eivät huomioi analyysin perusteella riittävästi yli-investoimisen alttiutta ja osoittavat, että TOTEX-normiin (Kuosmanen & Johnson 2020) perustuvalla sääntelyllä ja jo pienillä kapasiteetin muutoksilla yhtiöiden kustannukset voivat laskea merkittävästi. Kapasiteetissa tapahtuvat muutokset edellyttävät kuitenkin riittävän toimitusvarmuuden varmistamista ja energiansaannin turvaamista, jonka vuoksi kapasiteettia tulee laskea vain kattavien selvitysten, huippukysynnän rajaamisen ja riittävien teknisten toimenpiteiden tukemana. Olennaista on myös huomioida sääntelyyn sisältyvän laatukannustimen sekä lain määräämien toimitusvarmuusvelvoitteiden suhde kapasiteetin rajaamiseen.

Kustannussäästöt yhtiötasolla merkitsevät varojen jäämistä muuhun käyttöön. Tämä voi heijastua myös kuluttajiin ja kotitalouksiin matalampina siirtohintoina, joita verkkoyhtiöiden on helpompaa madaltaa taloudellisen liikkumatilan ansiosta. Etenkin siirtohinnoista nousseen negatiivissävytteisen julkisen keskustelun näkökulmasta tällaiset potentiaaliset vaikutukset ovat todella merkittäviä kuluttajien tyytyväisyyden ja verkkoyhtiöihin kohdistuvien mielipiteiden näkökulmasta. Energiaviraston tavoitteiden näkökulmasta yli-investoimisen riskin huomioonottaminen sääntelyssä on tärkeää, ja sillä turvattaisiin taloudellisesti järkevä sekä ympäristöystävällinen verkon kehittäminen tulevaisuudessa.

Tutkielmassa tehtiin oletuksia esimerkiksi WACC-prosentin ja käyttöasteen muutosprosentin suhteen, ja jatkotutkimuksissa voi olla syytä huomioida useampia skenaarioita tai mahdollisesti minimoida kokonaiskustannuksia analyttisesti. Euromääräisiä säästöjä tarkastellessa on myös kriittistä huomioida, että keskimääräinen kustannussäästö ei ole välttämättä realistinen saavuttaa, sillä suuret kapasiteetin leikkaukset eivät ole reaali maailmassa usein mahdollisia esimerkiksi toimitusvarmuuden näkökulmasta. Todellisten ja tarkkojen kustannussäästöjen selvittämiseksi voi olla tarpeellista tarkastella esimerkiksi lisääntyneistä verkon huolloista ja muista operatiivisista kustannuksista sekä lisääntyneestä tarpeesta kysyntähuippujen rajaamiselle aiheutuvia kustannusvaikutuksia. Tulokset taulukossa 3 ovat olennaisia tutkielman johtopäätöksen tueksi, mutta eivät ole tarkoitettu käytettäväksi sellaisenaan ilman riittävää taustatekijöiden huomioonottoa.

8 Johtopäätökset

Tutkielman tavoitteena oli selvittää, kuinka jakeluverkkoyhtiöiden käyttöastetta voitaisiin parantaa ja kuinka nykyinen Energiaviraston sääntely siihen kannustaa. Tutkimuskysymyksiä lähestyttiin erityisesti StoNED-laskentamallilla määritettyyn kustannusrintamaan pohjautuvan tehostamiskannustimen kautta, joka on keskeinen kapasiteetin ja verkossa kulkevan sähkömäärän suhdetta tarkastellessa. Empiirisessä osiossa keskeisenä tarkastelun kohteena oli kapasiteetin määrä, jonka muutoksilla on luonnollisesti vaikutus käyttöasteeseen.

Luvussa kaksi tarkasteltiin luonnollisten monopolien sääntelyä taloustieteellisen regulaatioteorian näkökulmasta sekä erityisesti kysyntäjoustoa hyödyntäviä ratkaisuja yhtiöiden käyttöasteen, kapasiteetin riittävyyden ja Averchin ja Johnsonin (1962) esittelemän yli-investoinnin riskin avulla. Luonnollisia monopoleja säännellään useilla eri tavoilla, mutta perinteisessä tuottopohjaisessa sääntelyssä yli-investoimisen riski on mahdollinen. Shleiferin (1985) mittatikkukilpailu on sääntelyn näkökulmasta tehokas ratkaisu yli-investoimiseen, sillä siinä regulaattori asettaa yritykseen kohdistuvan sääntelyn hintatason muiden, samankaltaisten yritysten kustannusten perusteella, eikä yrityksen omien kustannusten mukaan. Käytännössä yrityksen on kilpailtava muiden vastaavien yritysten kustannustasoa vastaan, mikä luo kannustimen minimoida kustannuksia.

Perinteisessä mittatikkukilpailussa on kuitenkin haasteita, sillä yli-investoimisen efekti koskee etenkin tilanteita, joissa yhtiöitä vertaillaan vain muuttuvien kustannusten osalta. Kokonaiskustannusten tarkastelu on eräs keino ongelman ratkaisemiseksi, mutta se voi sivuuttaa riskin kiinteistä pääomasijoituksista. Se rankaisee omistajia sellaisista investoinneista, jotka osoittautuvat myöhemmin tehottomiksi (Kuosmanen & Johnson 2020, 4-5). Näihin haasteisiin Kuosmanen ja Johnson (2020, 6) esittävät ehdollista mittatikkukilpailua, jossa kiinteään pääomaan suhtaudutaan todellisena, muuttumattomana kustannuseränä ja vertailu kohdentuu ainoastaan muuttuvaan kustannukseen. Näin voidaan välttää Averch-Johnson efektin syntyminen, mutta myös tehottomista investointihankkeista rankaiseminen jälkikäteen.

Luvussa 5 Energiaviraston asettaman sääntelyn tehostamiskannustimen laskentamalli esiteltiin yksityiskohtaisesti, ja valitulla tutkimusasetelmalla laskettiin kustannussäästöt jokaiselle Suomen 77 verkkoyhtiölle (Liite 1). Tutkimusasetelmassa käytettiin Energiaviraston (2023) asettamaa tehostamiskannustimen mallia, jota tarkasteltiin neljän eri kapasiteetin muutostason ja kolmen eri pääomakustannusten tason pohjalta muodostetuilla skenaarioilla. Tulokset laskettiin sisällyttämällä pää-

omakustannukset yhtiöiden kustannuksiin: yhtiöitä arvioitiin täten kokonaiskustannusten eli ehdollisessa mittatikkukilpailussa esitellyn TOTEX-normin (Kuosmanen & Johnson, 2020) puitteissa. Skenaarioiden pohjalta arvioitiin, millaisia kustannussäästöjä yhtiöt voisivat kokonaiskustannuksissa mitattuna saada aikaan, jos yhtiön kokonaiskapasiteettia vähennettäisiin portaittain. Kokonaiskapasiteetin vähentäminen on rinnastettavissa tilanteeseen, jossa käyttöaste eli verkossa kulkevan sähkön määrä suhteessa kapasiteettiin nousee.

Tuloksista keskeinen johtopäätös on, että verkkoyhtiöillä on alttius yli-investoida pääomaan ja jo pienelläkin kapasiteetin vähentämisellä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä yhtiötasolla. Jo 5 % kapasiteetin leikkauksella voidaan saavuttaa keskimäärin 1,5-2,2 % säästöt kokonaiskustannuksissa, vaikkakin vaihtelua yhtiöiden välillä on. Kustannussäästöt ovat merkittävämpiä etenkin sellaisilla yhtiöillä, jotka ovat jo valmiiksi pääomaintensiivisiä eli niiden verkkoon sitoutuneen pääoman suhde käyttöpaikkaa kohden on korkea. Pienillä ja jo valmiiksi alhaisen pääomaintensiteetin yhtiöillä kustannussäästöt voivat olla jopa negatiivisia, eli kapasiteetin vähentäminen ei ole kannattavaa.

Lasketut kustannussäästöt kertovat tarpeesta kapasiteetin tehokkuuden ja määrän tarkastelulle. Sääntelyn kannustinvaikutukset eivät huomioi analyysin perusteella riittävästi yli-investoimisen alttiutta ja osoittavat, että kokonaiskustannuksiin eli TOTEX-normiin (Kuosmanen & Johnson 2020) perustuvalla sääntelyllä ja liiallisen investointitarpeen rajaamisella yhtiöiden todelliset kokonaiskustannukset voivat laskea merkittävästi. Toisaalta kokonaiskustannuksiin perustuva sääntely voi rankaista liiaksi tehottomista investoinneista (Kuosmanen & Johnson 2020, 4-5), joten tulevaisuudessa sääntelyratkaisuissa on tarpeen tarkastella erilaisia välimuotoja tai riittäviä siirtymäaikoja vastaavan sääntelyn käyttöönottamiseksi.

Kapasiteetin käyttöasteessa tai määrässä tapahtuvat muutokset edellyttävät riittävän huoltovarmuuden varmistamista ja energiansaannin turvaamista, jonka vuoksi kapasiteettia tulee laskea tai investointitarpeita rajata vain kattavien selvitysten, huippukysynnän rajaamisen ja riittävien teknisten toimenpiteiden tukemana. Lisäksi tarkasteluun voi olla syytä ottaa esimerkiksi KOPEX:n mahdollisen kasvun estimointi kapasiteetin rasituksen lisääntymisen myötä.

Sähkömarkkinalainsäädännön mukaan luonnollisen monopolin erityisvalvonnan päätavoitteita ovat verkkopalveluiden hinnoittelun kohtuullisuus ja verkon kehittäminen. Energiavirasto (2023) on korostanut myös tasapuolisuuden ja kokonaistehokkuuden sekä liiketoiminnan pitkäjänteisyyden, jatkuvuuden, innovoinnin ja joustojen hyödyntäminen merkitystä sääntelyn kehittämisessä. Kyseisiä

tavoitteita tukisi tutkielmassa tarkastellut toimenpiteet, eli yli-investoimisen välttäminen sisällyttämällä kokonaiskustannukset tehostamiskannustimeen. Tämän myötä yhtiöiden kustannustehokkuutta voidaan kehittää sekä parantaa kuluttajien asemaa siirtohintoja kohtuullistamalla.

Kun kapasiteetin käyttö tehostuu, kysyntäjoustoan pohjautuvat järjestelmät tulevat entistä ajankohtaisemmiksi. Tutkielmassa tarkasteltiin taloustieteellistä kirjallisuutta kysyntäjoustoisiin liittyen, ja esimerkiksi hinta- ja kannustinpohjaiset järjestelmät voivat tarjota tehokkaita ratkaisuja huippukysynnän tasaamiseksi. Kysyntäjoustojärjestelmiä hyödynnetään ympäri maailman, ja ne ovat kiinnostava jatkotutkimuksen aihe uusiutuvan energian lisääntyessä ja kysynnän ja tuotannon vaihtelun lisääntyessä verkossa.

Tuloksia tarkastellessa on olennaista huomioida, että useat tekijät vaikuttavat mahdollisuuksiin nostaa käyttöastetta ja vähentää kapasiteettia, eivätkä potentiaaliset kustannussäästöt ole aina yksiselitteisiä. Toimitusvarmuuden korkea vaatimustaso on otettava tarkasteluun sääntelyssä etenkin laatu-kannustimen osalta. Jatkotutkimusaiheena keskeistä olisi selvittää, millaisia kustannussäästöt voivat yhtiöittäin olla, jos otetaan huomioon myös nykykäyttöarvon arvostamiseen liittyvät periaatteet, mahdolliset kapasiteetin käytön lisääntymisestä aiheutuvat operatiiviset kustannukset sekä useampi skenaario pääomakustannuksille ja kapasiteetin käyttöarvon muutoksille.

Lisäksi voi olla mielenkiintoista tarkastella, kuinka esimerkiksi kuluttajalle tarjotut kysyntäjoustoan perustuvat järjestelmät kuten dynaamiset sopimukset mahdollistaisivat investointitarpeen rajaamisen ja käyttöasteen nostamisen verkkoa rasittavia huippukysynnän piikkejä rajaamalla. Kysyntäjoustoan hyödyntävien mekanismien käyttöönotto edellyttää lainsäädännön ja sääntelyn tarkastelua toimitusvarmuuskomponentin osalta, sillä korkea toimitusvaatimus voi olla ristiriidassa asiakkaalle tarjottavan kysyntäjoustoan pohjautuvan järjestelmän suhteen.

Tutkielman keskeisenä tavoitteena on nostaa esiin Energiaviraston sääntelyä ja sähköverkkoyhtiöiden toimintaa koskevasta keskustelusta huomioimatta jäänyt kapasiteetin käyttöasteen merkitys sääntelykokonaisuudessa. Suomen rohkeiden ympäristötavoitteiden, puhtaaseen energiaan siirtymisen ja modernin sekä tehokkaan energijärjestelmän kehittämisen näkökulmasta aihetta on tarpeellista tarkastella nykyistä enemmän. Sääntely kokonaistavoitteiden saavuttamisessa on merkittävässä roolissa, ja Energiaviraston toimilla voidaan saavuttaa hyötyä kuluttajien, verkkoyhtiöiden kuin koko yhteiskunnan näkökulmasta.

Lähteet

- Andrews I. – Kasy M. (2019) Identification of and Correction for Publication Bias. *American Economic Review*, Vol. 109 (8), 2766–94.
- Armstrong, M. – Sappington, D. E. M. Regulation, Competition, and Liberalization. *Journal of Economic Literature*, Vol. 44 (2), 325–66.
- Averch, H. – Johnson L.L. (1962). Behavior of the Firm under Regulatory Constraint. *American Economic Review* 52, 1052–1069.
- Barreto, R. – Faria, P. – Silva, C. – Vale, Z. (2020) Clustering Direct Load Control Appliances in the Context of Demand Response Programs in Energy Communities. *IFAC*, Vol. 53 (2), 12608-12613.
- Burger, S.P., J.D. – Jenkins, C. Batlle – Pérez-Arriaga I. J. (2019) Restructuring Revisited Part 1: Competition in Electricity Distribution Systems. *The Energy Journal*, Vol. 40 (3).
- Caruna: Sähköverkon kehittämissuunnitelma 2024. <<https://caruna.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoverkko/kehittamissuunnitelmat>>, haettu 18.1.2025.
- Caruna (5.12.2023) Energiaviraston luonnos valvontamenetelmiksi 2024–2031 vaarantaa investoinnit sähköverkkoihin. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/70068334/energiaviraston-luonnos-valvontamenetelmiksi-2024-2031-vaarantaa-investoinnit-sahkoverkkoihin>>, haettu 29.1.2025.
- Chatuanramtharnghaka, B. – Deb, S.; Singh, K.R. – Ustun, T.S. – Kalam, A. (2024) Reviewing Demand Response for Energy Management with Consideration of Renewable Energy Sources and Electric Vehicles. *World Electr*, Vol. 15 (9), 412.
- Collan M. – Savolainen J. – Lilja E. (2022) Analyzing the returns and rate of return regulation of Finnish electricity distribution system operators 2015–2019. *Energy Policy*, Vol. 160(3), 112677.
- Cordova-Pozo K. – Rouwette, E. A. J.A. (2023). Types of scenario planning and their effectiveness: A review of reviews. *Futures*, Vol 149 (5).
- Cruz, C. – Tostado-Véliz, M. – Palomar, E. – Bravo, I. (2024) Pattern-driven behaviour for demand-side management: An analysis of appliance use. *Energy and Buildings*, Vol. 308.
- Edvardsen, D.F. – Førsum, F.R. (2003) International benchmarking of electricity distribution utilities. *Resource and Energy Economics*, 25, 353–371.
- Elenia: Konsernin Vuosikatsaus 2024. <<https://www.elenia.fi/elenia/sijoittajille/vuosikatsaukset-ja-tilinpaatokset>>, haettu 7.5.2025.

- Elenia (8.12.2023): Energiaviraston esitys valvontamenetelmiksi 2024–2031 jäädyttää investoinnit sähköverkkoihin ja ajaa verkonrakentajia työttömiksi.
<<https://www.sttinfo.fi/tiedote/70069941/energiaviraston-esitys-valvontamenetelmiksi-2024-2031-jaadyttaa-investoinnit-sahkoverkkoihin-ja-ajaa-verkonrakentajia-tyottomiksi>>, haettu 29.1.2025.
- Energiamailma: Sähköverkko. <<https://energiamaailma.fi/energiasta/energian-tie-kotiin/sahkoverkko/>>, haettu 15.1.2025.
- Energiateollisuus: Sähköverkkoyhtiöt.
<<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot/>>, haettu 21.1.2025.
- Energiateollisuus: Uudet valvontamenetelmät johtavat verkkoyhtiöiden velkaantumiseen ja vaarantavat investoinnit. ><https://energia.fi/tiedotteet/uudet-valvontamenetelmät-johtavat-verkkoyhtiöiden-velkaantumiseen-ja-vaarantavat-investoinnit/><, haettu 18.1.2025.
- Energiavirasto (2023) Valvontamenetelmät kuudennella ja seitsemännellä valvontajaksolla: Sähkön jakeluverkkotoiminta. <<https://energiavirasto.fi/hinnoittelun-valvonta>>, haettu 7.5.2025.
- Energiavirasto 29.12.2023 Verkkoyhtiöiden uusissa hinnoittelun valvontamenetelmissä korostuu kustannusvastaavuus. <<https://energiavirasto.fi/-/verkkoyhtiöiden-uusissa-hinnoittelun-valvontamenetelmissä-korostuu-kustannusvastaavuus>>, haettu 30.1.2025.
- Energiavirasto: Verkkotoiminnan julkaisut. <<https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>>, haettu 1.3.2025.
- Energimarknadsinspektionen (2022). Reglering av el- och gasnätsverksamhet 01/2022.
<<https://ei.se/bransch/rapportera-in-uppgifter-till-ei/forhandsreglering-natavgifter/dokument--forhandsreglering-av-intaktsramar-elnat-for-tillsynsperiod-2024-2027>>, haettu 3.3.2025.
- EU-direktiivi 2019/944, 11-13 §.
- Fingrid: Miten sähkön hinta muodostuu? <<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/yleistietoa-sahkomarkkinoista/miten-sahkon-hinta-muodostuu/>>, haettu 18.1.2025.
- Fingrid: Fingridin sähkönsiirtoverkko. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/fingridin-sahkonsiirtoverkko/>>, haettu 18.1.2025.
- Fingrid: Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät, 2024.
<<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat/>>, haettu 18.1.2025.
- Fingrid: Verkkovisio, 2021.
<<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkojarjestelmavisio/verkkovisio/>>, haettu 18.1.2025.

- Fingrid: Yleistietoa sähkömarkkinoista. <<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/yleistietoa-sahkomarkkinoista/>>, haettu 18.1.2025.
- Forsyningstilsynet, 2022. Forrentningssats for netvirksomheders fremadrettede forrentningsgrundlag 2023-2027. <<https://forsyningstilsynet.dk/vejledning-og-indberetning/udmeldinger/2022/forrentningssats-for-netvirksomheders-fremadrettede-forrentningsgrundlag-2023-2027>>, haettu 3.3.2025.
- Graham, E. – Kudrin, N. – Wüthrich, K. Detecting p-hacking. *Econometrica*, Vol. 90 (2), 887–906.
- Haakana, J. – Lassila, J. – Kaipia, T. – Partanen, J. (2014) Influence of supply security requirements on underground cabling rates in Finland. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe*, 2014, 1-6.
- Hall, P. – Simar, L. (2002). Estimating a Change point, Boundary, or Frontier in the Presence of Observation Error. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 97, 523-534.
- Haney A. B. – Pollitt M. G. (2009) Efficiency analysis of energy networks: An international survey of regulators. *Energy Policy*, Vol. 37 (12), 5814-5830.
- Imbens, G. W. (2021) Statistical Significance, p-Values, and the Reporting of Uncertainty. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 35 (3), 157–74.
- Jamasb, T. – Pollitt, M. (2000) Benchmarking and regulation: international electricity experience. *Utilities Policy*, Vol. 9 (3), 107-130.
- Kinnunen, K. (2004) Pricing of electricity distribution: an empirical efficiency study in Finland, Norway and Sweden. *Utilities Policy*, Vol. 13, 15-25.
- Kopsakangas-Savolainen, M. – Svento, R. (2010) Comparing welfare effects of different regulation schemes: An application to the electricity distribution industry. *Energy Policy*, Elsevier, Vol. 38 (11), 7370-7377.
- KPMG (2022) Selvitys kohtuullisen tuottoasteen määrittämisestä sähkö- ja maakaasuverkkotoimintaan sitoutuneelle pääomalle. KPMG Corporate Finance, loppuraportti.
- Kuosmanen T. 2006. Stochastic Nonparametric Envelopment of Data: Combining Virtues of SFA and DEA in a Unified Framework. *MTT Discussion Paper No. 3/2006*.
- Kuosmanen, M. – Kortelainen, M. (2012) Stochastic non-smooth envelopment of data: semiparametric frontier estimation subject to shape constraints. *Journal of Productivity Analysis* 38, 11-28.
- Kuosmanen, T. – Saastamoinen, A. (2014) Yleinen tehostamistavoite sähkön ja maakaasun siirto- ja jakeluverkkotoiminnan valvontamalleissa sekä tehostamiskannustimen arviointi: Ehdotus

Energiaviraston soveltamien menetelmien kehittämiseksi seuraavilla valvontajaksoilla.
Sigma-Hat Economics Oy.

- Kuosmanen T. – Saastamoinen A. – Keshvari A. – Johnson A. – Parmeter C. (2014) Tehostamiskannustin sähkön jakeluverkkoyhtiöiden valvontamallissa: Ehdotus Energiaviraston soveltamien menetelmien kehittämiseksi neljännellä valvontajaksolla 2016-2019. Sigma-Hat Economics Oy.
- Kuosmanen, T. – Johnson, A. L. (2017) Modeling joint production of multiple outputs in StoNED: Directional distance function approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 262 (2), 792-801
- Kuosmanen, T. – Johnson, A. L. (2020) Conditional yardstick competition in energy regulation. *Energy Journal*, Vol. 41 (1), 67-92.
- Li, Y. – Gao, W. – Ruan, Y. – Ushifusa, Y. (2018) Demand response of customers in kitakyushu smart community project to critical peak pricing of electricity. *Energy Build*, Vol. 168, 251–260.
- Lintner, J. (1965) The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 47 (1), 13-37.
- Liston, C. (1993) Price-cap versus rate-of-return regulation. *Journal of Regulation Economics*, Vol. 5, 25–48.
- Lujano-Roja J.M. – Monteiro, C. – Dufo-López, R. – Bernal-Agustín, J.L. (2012) Optimum residential load management strategy for real time pricing (RTP) demand response programs. *Energy Policy*, Vol. 45, 671-679.
- Misra, S. –Dey, B. – Panigrahi, P.K. –Ghosh, S. (2024) A swarm-intelligent based load-shifting strategy for clean and economic microgrid operation. *ISA Transactions*, Vol. 147, 265-287,
- Mortaji, H. – Ow, S. H. – Moghavvemi M. – Almurib, H. A. F. (2017) Load Shedding and Smart-Direct Load Control Using Internet of Things in Smart Grid Demand Response Management. *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 53 (6), 5155-5163.
- Nasdaq: European Power Futures and Options. <<https://www.nasdaq.com/solutions/nordic-european-power>>, haettu 21.1.2025.
- Newbery, D.M. (1999) Liberalization and Regulation of Network Utilities. *Contemporary Economic Issues*, 3-29.
- Nord Pool: Our Business. <<https://www.nordpoolgroup.com/en/About-us/our-business/>>, haettu 18.1.2025.
- NVE (2023) Economic Regulation: The WACC Model <<https://www.nve.no/norwegian-energy-regulatory-authority/economic-regulation/the-wacc-model>>, haettu 3.3.2025.

- Olkkonen, V. – Rinne, J. – Hast, A. – Syri, S. (2017) Benefits of DSM measures in the future Finnish energy system. *Energy*, Vol. 137, 729-738.
- Omakotiliitto (15.12.2023) Kuuleminen muutokset sähkön jakelu- ja suurjännitteisen verkkotoiminnan hinnoittelun valvontamenetelmät.
><https://www.omakotiliitto.fi/lausunnot/2023/12/15/kuuleminen-muutokset-sahkon-jakelu-ja-suurjannitteisen-verkkotoiminnan-hinnoittelun-valvontamenetelmat/><, haettu 29.1.2025.
- Partanen J. – Lassila J. – Haakana J. (2020) Sähkönjakeluverkkoliiketoiminnan sääntely ja kehittäminen, *LUT Scientific and Expertise Publications*.
- Posner, R. A. (1974) Theories of Economic Regulation. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5 (2), 335–58.
- Rasmussen, K. E. (2025) Ex-post Effectiveness Evaluation of Incentive Regulation in the Electricity Distribution: A Semi-parametric Panel Data StoNED Approach. *The Energy Journal*, 0 (0).
- Ramirez, R. – Mukherjee, M. – Vezzoli, S. – Kramer, A. M. (2015) Scenarios as a scholarly methodology to produce “interesting research”. *Futures*, Vol. 71, 70-87.
- Rogerson, W.P. (2003), Simple menus of contracts in cost-based procurement and deregulation. *The American Economic Review*, Vol. 93, 919–926.
- Sharpe, W. F. (1964) Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*. Vol. 19 (3), 425-442.
- Shleifer, A. (1985) A Theory of Yardstick Competition. *RAND Journal of Economics*, Vol. 16 (3), 319–327.
- Stanelyte. D. – Radziukyniene N. – Radziukynas V. (2022) Overview of Demand-Response Services: A Review. *Energies*. 2022; Vol. 15 (5), 1-31.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2020). Introduction to econometrics, 4th edition. Pearson.
- Sähkömarkkinalaki 588/2013. 12 §, 19 §, 26 §, 77-83 §.
- Tirole, J. – Laffont, J.-J. (1993) A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. 1st edition. *The MIT Press*, Vol. 1.
- TEM: Hiilineutraali Suomi 2035: Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia 2022.
<<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164321>>, haettu 7.5.2025.
- Yle 15.12.2023 Suursijoittajat hermostuivat Energiavirastoon, joka yrittää alentaa kuluttajien maksamia sähkön siirtohintoja. <<https://yle.fi/a/74-20064147>>, haettu 18.12.2025.
- Yle 20.9.2024 Energiavirasto pani sähkön siirtohinnat kuriin, ja Carunan omistajien tulot putosivat – haastavat Suomen oikeuteen. <<https://yle.fi/a/74-20112061>>, haettu 18.12.2025>.

Yle 30.1.2024 Lähes kaikki sähköverkkoyhtiöt valittavat Energiaviraston valvonnan muutoksista markkinaoikeuteen. <<https://yle.fi/a/74-20072209>>, haettu 30.1.2025.

Yle 24.6.2024 Euroopan metropoleista loppuu tila – se on tuomassa Suomeen datakeskusten buumin ja miljardeja. <<https://yle.fi/a/74-20092543>>, haettu 18.1.2025.

Yu R.– Yang W. – S. Rahardja (2012) A Statistical Demand-Price Model With Its Application in Optimal Real-Time Price. *IEEE Transactions on Smart Grid*, Vol. 3(4), 1734-1742.

Liitteet

Liite 1. Prosentuaaliset kustannussäästöt matalassa WACC-skenaariossa

Verkkoyhtiön nimi	NKA muutos			-30
	-5 %	-10 %	-20 %	%
Alajärven Sähkö Oy	-0.81	-1.62	-3.24	-4.86
Alva Sähköverkko Oy	0.63	1.12	2.11	3.11
Caruna Espoo Oy	1.74	3.48	6.94	10.25
Caruna Oy	2.58	5.17	10.33	15.26
Elenia Verkko Oyj	2.51	5.01	10.02	14.66
Enontekiön Sähkö Oy	0.42	0.83	1.65	2.47
ESE-Verkko Oy	1.98	3.54	6.49	9.25
Esse Elektro-Kraft Ab	2.02	4.03	7.63	10.60
Forssan Verkkopalvelut Oy	2.35	4.70	9.39	12.65
Haminan Sähköverkko Oy	1.92	3.84	7.32	10.15
Haukiputaan Sähköosuuskunta	1.98	3.45	6.21	7.18
Helen Sähköverkko Oy	1.50	2.99	5.98	8.91
Herrfors Nät-Verkko Oy Ab	1.58	3.16	6.31	9.47
Iin Energia Oy	1.94	3.89	7.41	8.17
Imatran Seudun Sähkönsiirto Oy	1.25	2.50	5.00	6.14
Jeppo Kraft Andelslag	0.18	0.33	-0.03	-2.65
Jylhän Sähköosuuskunta	2.77	5.54	11.08	16.61
Järvi-Suomen Energia Oy	2.44	4.88	9.77	14.36
Kajave Oy	2.69	5.38	10.75	16.13
Kemin Energia ja Vesi Oy	1.17	2.33	4.65	6.54
Keminmaan Energia ja Vesi Oy	-0.09	-0.71	-1.95	-3.19
Keravan Energia Oy	1.25	2.50	4.85	6.12
Keuruun Sähkö Oy	1.94	3.71	7.03	8.47
Koillis-Lapin Sähkö Oy	1.58	3.16	6.31	9.47
Koillis-Satakunnan Sähkö Oy	1.72	3.33	5.63	6.62
Kokemäen Sähkö Oy	1.74	3.44	6.63	6.10
Kokkolan Energiaverkot Oy	2.04	4.02	7.63	9.58
Kronoby Elverk Ab	0.87	1.74	2.69	0.46
KSS Verkko Oy	0.68	1.36	1.30	0.95
Kuopion Sähköverkko Oy	1.39	2.78	5.55	8.27
Kuoreveden Sähkö Oy	0.33	0.65	1.28	1.91
Kymenlaakson Sähköverkko Oy	1.10	1.86	2.83	3.42
Köyliön-Säkylän Sähkö Oy	2.00	3.81	7.32	9.66
Lahti Energia Sähköverkko Oy	1.20	2.41	4.59	6.60

Lammaisten Energia Oy	1.78	3.57	5.40	4.83
Lankosken Sähkö Oy	0.18	0.18	0.36	-0.11
Lappeenrannan Energiaverkot Oy	1.54	3.07	5.23	7.05
Lehtimäen Sähkö Oy	-0.82	-1.64	-3.28	-4.93
Leppäkosken Sähkö Oy	2.07	4.13	7.75	8.89
Muonion Sähköosuuskunta	-0.09	-0.18	-0.36	-1.66
Naantalin Energia Oy	2.19	4.38	8.76	11.69
Nivos Verkot Oy	2.34	4.69	9.38	11.73
Nurmijärven Sähköverkko Oy	1.43	2.86	5.66	5.40
Nykarleby Kraftverk Ab	2.01	3.86	6.45	8.25
Okun Energia Oy	2.39	4.79	9.57	13.29
Oulun Energia Sähköverkko Oy	1.32	2.65	5.29	7.94
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	1.65	2.63	3.14	3.51
Paneliankosken Voima Oy	2.09	3.93	6.60	9.12
Parikkalan Valo Oy	1.66	3.18	6.20	9.23
PKS Sähkönsiirto Oy	2.14	4.20	7.70	10.94
Pori Energia Sähköverkot Oy	1.80	3.55	7.02	10.45
Porvoon Sähköverkko Oy	-0.22	-0.45	-0.89	-1.34
Raahen Energia Oy	1.39	2.77	5.25	6.30
Rantakairan Sähkö Oy	0.16	0.33	0.21	-1.88
Raseborgs Energi Ab	1.18	2.35	4.70	7.05
Rauman Energia Sähköverkko Oy	2.01	4.01	6.81	9.21
Rovakaira Oy	1.95	3.61	6.87	9.98
Rovaniemen Verkko Oy	1.53	2.99	5.60	8.16
Sallila Sähkönsiirto Oy	1.00	1.67	2.89	4.11
Savon Voima Verkko Oy	2.33	4.65	9.18	13.06
Seiverkot Oy	1.24	2.48	3.31	3.80
Sipoon Energia Oy	1.39	2.79	5.56	7.90
Tampereen Sähköverkko Oy	1.39	2.77	5.49	6.99
Tervolan Energia ja Vesi Oy	-0.84	-1.69	-3.38	-5.08
TLS Verkko Oy	2.41	4.81	9.62	14.32
Tornion Energia Oy	1.52	3.03	6.06	8.86
Tunturiverkko Oy	1.46	2.92	5.73	8.44
Turku Energia Sähköverkot Oy	1.70	3.40	6.61	7.82
Vaasan Sähköverkko Oy	1.11	2.21	4.32	6.09
Vakka-Suomen Voima Oy	1.59	2.65	2.57	0.92
Valkeakosken Energia Oy	1.15	2.30	4.22	4.68
Vantaan Energia Sähköverkot Oy	1.20	2.41	3.51	4.60
Vatajankoski Sähköverkko Oy	2.05	4.06	7.52	10.28
Verkko Korpela Oy	1.32	2.40	4.56	5.89

Vetelin Energia Oy	0.82	1.08	-0.89	-2.86
Vimpelin Voima Oy	1.52	1.81	1.77	1.73
Äänekosken Energia Oy	1.23	2.24	3.72	3.69

Liite 2. Prosentuaaliset kustannussäästöt normaalissa WACC-skenaariossa

Verkkoyhtiön nimi	NKA muutos	-5 %	-10 %	-20 %	-30 %
Alajärven Sähkö Oy		-0.14	-0.27	-0.55	-0.82
Alva Sähköverkko Oy		1.20	2.28	4.46	6.63
Caruna Espoo Oy		2.24	4.47	8.94	13.27
Caruna Oy		3.01	6.03	12.05	17.87
Elenia Verkko Oyj		2.94	5.87	11.75	17.31
Enontekiön Sähkö Oy		0.94	1.86	3.71	5.55
ESE-Verkko Oy		2.44	4.53	8.56	12.43
Esse Elektro-Kraft Ab		2.45	4.89	9.41	13.39
Forssan Verkkopalvelut Oy		2.78	5.57	11.14	15.51
Haminan Sähköverkko Oy		2.36	4.73	9.14	13.01
Haukiputaan Sähköosuuskunta		2.41	4.39	8.18	10.45
Helen Sähköverkko Oy		1.99	3.99	7.97	11.90
Herrfors Nät-Verkko Oy Ab		2.13	4.26	8.52	12.78
Iin Energia Oy		2.37	4.74	9.16	11.21
Imatran Seudun Sähkönsiirto Oy		1.79	3.58	7.17	9.59
Jeppo Kraft Andelslag		0.71	1.39	2.15	0.91
Jylhän Sähköosuuskunta		3.19	6.38	12.75	19.13
Järvi-Suomen Energia Oy		2.88	5.75	11.50	17.00
Kajave Oy		3.11	6.22	12.45	18.67
Kemin Energia ja Vesi Oy		1.71	3.40	6.80	9.82
Keminmaan Energia ja Vesi Oy		0.47	0.48	0.48	0.49
Keravan Energia Oy		1.73	3.46	6.79	9.17
Keuruun Sähkö Oy		2.40	4.66	8.97	11.70
Koillis-Lapin Sähkö Oy		2.07	4.14	8.28	12.43
Koillis-Satakunnan Sähkö Oy		2.20	4.31	7.74	10.04
Kokemäen Sähkö Oy		2.20	4.36	8.50	9.45
Kokkolan Energiaverkot Oy		2.47	4.89	9.43	12.55
Kronoby Elverk Ab		1.40	2.80	4.91	4.26
KSS Verkko Oy		1.26	2.52	3.80	4.84
Kuopion Sähköverkko Oy		1.90	3.79	7.57	11.32
Kuoreveden Sähkö Oy		1.11	2.20	4.39	6.57
Kymenlaakson Sähköverkko Oy		1.65	3.00	5.24	7.16

Köyliön-Säkylän Sähkö Oy	2.48	4.81	9.36	12.94
Lahti Energia Sähköverkko Oy	1.73	3.46	6.73	9.85
Lammaisten Energia Oy	2.24	4.47	7.46	8.37
Lankosken Sähkö Oy	0.70	1.40	2.80	3.64
Lappeenrannan Energiaverkot Oy	2.06	4.12	7.47	10.54
Lehtimäen Sähkö Oy	-0.35	-0.70	-1.39	-2.09
Leppäkosken Sähkö Oy	2.51	5.03	9.61	12.10
Muonion Sähköosuuskunta	0.38	0.76	1.52	1.27
Naantalin Energia Oy	2.62	5.25	10.50	14.52
Nivos Verkot Oy	2.78	5.56	11.12	14.72
Nurmijärven Sähköverkko Oy	1.93	3.86	7.68	8.85
Nykarleby Kraftverk Ab	2.45	4.75	8.42	11.41
Okun Energia Oy	2.83	5.67	11.33	16.11
Oulun Energia Sähköverkko Oy	1.82	3.64	7.28	10.92
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	2.13	3.68	5.55	7.28
Paneliankosken Voima Oy	2.53	4.85	8.64	12.30
Parikkalan Valo Oy	2.14	4.15	8.17	12.20
PKS Sähkösäntö Oy	2.58	5.08	9.56	13.83
Pori Energia Sähköverkko Oy	2.31	4.58	9.10	13.59
Porvoon Sähköverkko Oy	0.44	0.88	1.77	2.65
Raahen Energia Oy	1.86	3.73	7.21	9.43
Rantakairan Sähkö Oy	0.74	1.48	2.58	1.93
Raseborgs Energi Ab	1.77	3.53	7.06	10.59
Rauman Energia Sähköverkko Oy	2.46	4.93	8.83	12.40
Rovakaira Oy	2.40	4.55	8.80	12.93
Rovaniemen Verkko Oy	2.01	3.96	7.60	11.19
Sallila Sähkösäntö Oy	1.64	3.01	5.64	8.27
Savon Voima Verkko Oy	2.76	5.52	10.94	15.81
Seiverkot Oy	1.74	3.48	5.53	7.28
Sipoon Energia Oy	1.93	3.85	7.69	11.16
Tampereen Sähköverkko Oy	1.88	3.76	7.47	10.13
Tervolan Energia ja Vesi Oy	-0.41	-0.83	-1.66	-2.50
TLS Verkko Oy	2.84	5.68	11.36	16.94
Tornion Energia Oy	2.04	4.07	8.15	12.02
Tunturiverkko Oy	1.94	3.87	7.65	11.35
Turku Energia Sähköverkko Oy	2.18	4.36	8.55	11.03
Vaasan Sähköverkko Oy	1.69	3.38	6.66	9.66
Vakka-Suomen Voima Oy	2.06	3.66	4.98	4.94
Valkeakosken Energia Oy	1.71	3.41	6.48	8.31
Vantaan Energia Sähköverkko Oy	1.70	3.39	5.64	7.89

Vatajankoski Sähköverkko Oy	2.50	4.95	9.40	13.26
Verkko Korpela Oy	1.83	3.45	6.69	9.21
Vetelin Energia Oy	1.32	2.15	1.62	1.09
Vimpelin Voima Oy	2.00	2.94	4.29	5.64
Äänekosken Energia Oy	1.74	3.28	5.90	7.21

Liite 3. Prosentuaaliset kustannussäästöt korkeassa WACC-skenaariossa

Verkkoyhtiön nimi	NKA muutos	-5 %	-10 %	-20 %	-30 %
Alajärven Sähkö Oy		0.25	0.51	1.02	1.53
Alva Sähköverkko Oy		1.52	2.94	5.78	8.62
Caruna Espoo Oy		2.51	5.01	10.02	14.91
Caruna Oy		3.24	6.47	12.94	19.23
Elenia Verkko Oyj		3.16	6.32	12.65	18.70
Enontekiön Sähkö Oy		1.24	2.46	4.91	7.36
ESE-Verkko Oy		2.69	5.07	9.68	14.16
Esse Elektro-Kraft Ab		2.68	5.37	10.39	14.93
Forssan Verkkopalvelut Oy		3.02	6.03	12.06	17.02
Haminan Sähköverkko Oy		2.61	5.21	10.15	14.58
Haukiputaan Sähköosuuskunta		2.65	4.91	9.28	12.26
Helen Sähköverkko Oy		2.27	4.54	9.07	13.55
Herrfors Nät-Verkko Oy Ab		2.42	4.85	9.70	14.55
Iin Energia Oy		2.61	5.21	10.14	12.91
Imatran Seudun Sähkönsiirto Oy		2.09	4.18	8.36	11.49
Jeppo Kraft Andelslag		1.02	2.01	3.44	3.00
Jylhän Sähköosuuskunta		3.40	6.80	13.60	20.41
Järvi-Suomen Energia Oy		3.10	6.21	12.41	18.40
Kajave Oy		3.33	6.66	13.32	19.98
Kemin Energia ja Vesi Oy		2.00	4.00	7.99	11.65
Keminmaan Energia ja Vesi Oy		0.80	1.17	1.91	2.65
Keravan Energia Oy		2.00	4.00	7.89	10.91
Keuruun Sähkö Oy		2.65	5.17	10.04	13.46
Koillis-Lapin Sähkö Oy		2.34	4.69	9.37	14.06
Koillis-Satakunnan Sähkö Oy		2.46	4.84	8.89	11.92
Kokemäen Sähkö Oy		2.45	4.87	9.54	11.31
Kokkolan Energiaverkot Oy		2.71	5.37	10.42	14.19
Kronoby Elverk Ab		1.70	3.41	6.18	6.42
KSS Verkko Oy		1.58	3.17	5.21	7.03
Kuopion Sähköverkko Oy		2.18	4.35	8.70	13.01

Kuoreveden Sähkö Oy	1.52	3.02	6.03	9.04
Kymenlaakson Sähköverkko Oy	1.95	3.64	6.58	9.23
Köyliön-Säkylän Sähkö Oy	2.74	5.34	10.45	14.69
Lahti Energia Sähköverkko Oy	2.03	4.05	7.92	11.66
Lammaisten Energia Oy	2.49	4.98	8.60	10.34
Lankosken Sähkö Oy	1.05	2.10	4.19	5.77
Lappeenrannan Energiaverkot Oy	2.35	4.70	8.69	12.44
Lehtimäen Sähkö Oy	-0.06	-0.11	-0.22	-0.34
Leppäkosken Sähkö Oy	2.76	5.51	10.62	13.85
Muonion Sähköosuuskunta	0.66	1.33	2.66	3.03
Naantalin Energia Oy	2.86	5.72	11.44	16.05
Nivos Verkot Oy	3.01	6.02	12.04	16.31
Nurmijärven Sähköverkko Oy	2.21	4.42	8.79	10.77
Nykarleby Kraftverk Ab	2.69	5.24	9.50	13.15
Okun Energia Oy	3.06	6.13	12.26	17.60
Oulun Energia Sähköverkko Oy	2.10	4.20	8.39	12.59
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	2.39	4.26	6.87	9.37
Paneliankosken Voima Oy	2.77	5.36	9.75	14.03
Parikkalan Valo Oy	2.40	4.69	9.26	13.84
PKS Sähkösiirto Oy	2.81	5.56	10.58	15.40
Pori Energia Sähköverkot Oy	2.59	5.14	10.22	15.27
Porvoon Sähköverkko Oy	0.82	1.64	3.28	4.93
Raahen Energia Oy	2.13	4.27	8.30	11.20
Rantakairan Sähkö Oy	1.07	2.15	3.94	4.12
Raseborgs Energi Ab	2.09	4.17	8.33	12.50
Rauman Energia Sähköverkko Oy	2.71	5.43	9.93	14.13
Rovakaira Oy	2.64	5.06	9.86	14.55
Rovaniemen Verkko Oy	2.28	4.50	8.72	12.88
Sallila Sähkösiirto Oy	1.99	3.73	7.11	10.50
Savon Voima Verkko Oy	2.99	5.99	11.88	17.28
Seiverkot Oy	2.02	4.04	6.78	9.24
Sipoon Energia Oy	2.22	4.43	8.86	12.94
Tampereen Sähköverkko Oy	2.15	4.31	8.57	11.89
Tervolan Energia ja Vesi Oy	-0.14	-0.29	-0.59	-0.89
TLS Verkko Oy	3.07	6.14	12.28	18.33
Tornion Energia Oy	2.32	4.64	9.29	13.74
Tunturiverkko Oy	2.20	4.41	8.73	12.97
Turku Energia Sähköverkot Oy	2.44	4.88	9.62	12.80
Vaasan Sähköverkko Oy	2.01	4.01	7.94	11.60
Vakka-Suomen Voima Oy	2.32	4.23	6.32	7.17

Valkeakosken Energia Oy	2.01	4.02	7.73	10.31
Vantaan Energia Sähköverkot Oy	1.98	3.95	6.85	9.76
Vatajankoski Sähköverkko Oy	2.74	5.44	10.43	14.88
Verkko Korpela Oy	2.11	4.03	7.87	11.06
Vetelin Energia Oy	1.61	2.77	3.06	3.36
Vimpelin Voima Oy	2.27	3.58	5.70	7.82
Äänekosken Energia Oy	2.02	3.86	7.12	9.18