

**VAASAN YLIOPISTO  
KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA  
TALOUSTIETEEN LAITOS**

Katri Ekola

**TUULIVOIMAN SYÖTTÖTARIFFIJÄRJESTELMÄN TALOUDELLINEN  
KANNATTAVUUS**

**Taloustieteen Pro Gradu -tutkielma**

**VAASA 2015**

<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	3
<b>2. EUROOPAN ENERGIASTRATEGIA</b>	5
2.1. Kansalliset tavoitteet ja Suomen tilanne	6
<b>3. TUKI- JA SYÖTTÖTARIFFIJÄRJESTELMÄ</b>	9
3.1. Investointi- eli energiatuki	11
3.2. Energiaverotuki	12
<b>4. TUULIVOIMAN KUSTANNUKSET</b>	13
4.1. Hallinnolliset kustannukset	15
<b>5. TUULIVOIMAN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET</b>	17
5.1. Kotimaisuus	17
5.2. Kauppatase ja maksutase	18
5.3. Vienti ja tuonti	19
5.4. Suomen energiankulutus ja hankinta	20
<b>6. TUTKIELMASSA KÄYTETTÄVÄT LASKELMAT JA ENNUSTEET</b>	22
6.1. Diskonttaus	23
6.2. Ennusteet eri skenaarioissa	24
<b>7. MAKSETTAVAT SYÖTTÖTARIFFIT</b>	26
7.1. Maksettavien syöttötariffien jakautuminen	28
<b>8. MITÄ TUULIVOIMALLA VOIDAAN KORVATA?</b>	32
8.1. Vesivoima Suomessa ja säätövoiman käyttö	32
8.2. Älykkäät sähköverkot	33
8.3. Sähkön tuonnin vähentäminen tuulivoimalla	34
8.4. Tuulivoiman lisäyksen vaikutus vaihtotaseeseen, vientiin ja tuontiin verrattuna vuoden 2013 lukuihin	40
<b>9. TURVETUOTANTO VERRATTUNA TUULIVOIMAAN</b>	44
<b>10. KANNATTAVAN TAVOITEHINNAN ARVIOINTI</b>	47
<b>11. TUULIVOIMA-ALAN ALIHANKINTA</b>	56
<b>12. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	58
<b>LÄHDELUETTELO</b>	61

---

**VAASAN YLIOPISTO****Kauppätieteellinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	Katri Ekola	
<b>Tutkielman nimi:</b>	Tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän taloudellinen kannattavuus	
<b>Ohjaaja:</b>	Hannu Piekkola	
<b>Tutkinto:</b>	Kauppätieteiden maisteri	
<b>Yksikkö:</b>	Taloustiede	
<b>Aloitusvuosi:</b>	2009	
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2015	Sivumäärä: 69

---

**TIIVISTELMÄ**

Euroopan energiastategia määrittelee jäsenmailleen kansalliset tavoitteet energiankäytön ja tuottamisen tehostamiseksi, uusiutuvan energian tuotannon sekä energiaomavaraisuuden lisäämiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi uusiutuvan energian tuotantoa on tuettava aluksi verovaroin. Tässä tutkielmassa käsitellään tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän taloudellisia vaikutuksia, onko tuulivoiman tukeminen taloudellisesti kannattavaa tai voisiko järjestelmää muuttaa tehokkaammaksi? (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013).

Tutkimuksessa käytetään valmiita ennusteita ja arvioita tuulivoiman ja sähkön markkinahintojen kehittymisestä. Tärkeimmät käytettävät ennusteet ovat Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) matala-, perus- ja korkeaskenaariot sähkön markkinahintojen kehittymisestä. Niiden ja todellisten voimalaitosten tiedoilla on arvioitu syöttötariffijärjestelmän kokonaiskustannukset eri skenaarioissa ja kokonaiskustannusten avulla on tehty laskelmat esimerkiksi kotimaisuudesta, vaikutuksesta vaihtotaseeseen sekä sähkön viennin ja tuonnin kehittymisestä tulevaisuudessa. Taloudellisten vaikutusten tehokkaamman arvioinnin aikaansaamiseksi verrataan tuulivoimaa vaihtoehtoiseen energiantuotantomuotoon, tässä tutkielmassa turvetuotantoon. Turvetuotannon etuja ovat edullisuus, kotimaisuus ja laajat käyttöön soveltuvat tuotantoalueet. Turvetuotannolla on kuitenkin laajemmat vaikutukset ympäristöön kuin tuulivoimalla ja tuulivoimaa tuetaankin pääasiassa sen ympäristöystävällisyyden vuoksi. (Flyktman 2012; Leinonen 2010; Työ- ja elinkeinoministeriö 2013).

Tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän kannattavuuden arvioinnissa olennaista on myös tavoitehinnan taso, jonka mukaan maksettava syöttötariffi määräytyy ja jonka mukaan sähköntuottajat saavat korvauksen tuotteestaan. Tarkoituksena olisi, että tavoitehinta olisi riittävän korkealla, että se houkuttelisi sijoittamaan tuulivoimaan ja toisaalta sen täytyisi olla mahdollisimman edullinen valtion budjetille. Tutkielmassa arvioidaan optimaalista tavoitehintatasoa käyttäen Datar-Mathews'n Monte Carlo -simulaatiota, jonka avulla lasketaan mahdollisia projektin nykyarvoja esimerkkivoimalaitokselle. Simulaatioiden avulla arvioitu syöttötariffijärjestelmän tavoitehinnan optimaalinen taso 75 €/ MWh on hieman alhaisempi kuin nykyisin käytössä oleva tavoitehintana. (Mathews, Datar & Johnson 2007.)

---

**AVAINSANAT:** Tuulivoima, syöttötariffijärjestelmä, kotimaisuus, tavoitehintana, turvetuotanto

## 1. JOHDANTO

Tutkielman aiheena on selvittää tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän taloudellisia vaikutuksia. Tutkielmassa aiotaan tehdä selvitys näiden järjestelmien vaikutuksista Suomen kansantalouteen sekä löytää vastaus kysymyksiin; onko tuulivoiman tukeminen taloustieteellisesti kannattavaa tai millainen järjestelmän tulisi olla, jotta tuulivoiman tukeminen olisi taloustieteellisesti kannattavaa?

Tutkielmassa tarkoituksena on laskea ennusteet maksettavista kokonaissyöttötariffeista käyttäen erilaisia ennusteita sähkönmarkkinahintojen kehittymisestä. Tavoitteena on saada aikaan erilaisia analyysejä sähkönmarkkinahintojen muutoksen vaikutuksesta kokonaissyöttötariffin määrään ja kehittymiseen tulevaisuudessa.

Näiden analyysien avulla arvioidaan tuulivoimaan liittyviä taloustieteellisiä tekijöitä. Syöttötariffijärjestelmässä on kyse tuetusta sähköntuotannosta. Kannattavuuden selvittämiseksi tutkielmassa tarkastellaan tuulivoiman kotimaisuutta ja vaikutusta kotimaiseen työllisyyteen.

Tuulivoiman syöttötariffijärjestelmällä on myös epäsuoria vaikutuksia talouteen. Tässä tutkielmassa selvitetään myös, kuinka paljon tuulivoiman lisäyksellä pystytään vähentämään sähkön tuontia ja lisäämään vientiä.

Tehokkaamman arvioinnin aikaansaamiseksi on tarkoituksena verrata tuulivoimaa myös vaihtoehtoiseen energiantuotantomuotoon, kotimaiseen turvetuotantoon ja sen taloudellisiin vaikutuksiin.

Lisäksi tuulivoiman tukemisessa verovaroin on oleellista tavoitehinnan asettaminen optimaaliselle tasolle. Tutkielmassa tavoitehinnan optimointi tehdään Datar-Mathews'in Monte Carlo -simulaation avulla. Menetelmällä lasketaan erilaisilla tavoite- ja markkinahinnoilla arvioitujen kustannusten ja kassavirtojen mukaiset mahdolliset nykyarvot esimerkkiyöimalaitokselle (Mathews ym. 2007). Simulaatioita toistetaan, kunnes kannattava tavoitehintataso löydetään. Lopuksi tutkielmassa aiotaan luoda

katsaus tuulivoiman merkitykseen suomalaiselle tuotannolle ottaen huomioon alihankinnat alan komponenttiteollisuudesta.

## 2. EUROOPAN ENERGIASTRATEGIA

Euroopan unionin Energiastrategia 2020 hankkeen tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 %, lisätä uusiutuvan energian osuus vähintään 20 % kulutuksesta ja säästää energiaa vähintään 20 %. Lisäksi kaikkien EU-maiden on myös saavutettava 10 % uusiutuvan energian osuus kuljetusalalla. (European Commission 2015.)

Näiden tavoitteiden saavuttamisen myötä EU voi auttaa torjumaan ilmastonmuutosta ja saastuttamista, vähentää riippuvuuttaan ulkomaisista fossiilisista polttoaineista ja pitää energian hinnan edullisena sekä kuluttajille että yrityksille (European Commission 2015).

Tavoitteiden saavuttamiseksi 2020 Energiastrategia määrittelee viisi painopistealuetta:

1. Paremman energiatehokkuuden saavuttamiseksi EU:ssa on nopeutettava investointeja tehokkaampaan rakentamiseen, tuotteisiin ja kuljetuksiin. Tämä edellyttää toimenpiteitä energiamerkkijärjestelmään, julkisten rakennusten uudistukseen ja ekologisen suunnittelun vaatimukseen, jotta saadaan energiatehokkaampia tuotteita (European Commission 2015).

2. Yleiseurooppalaisten energiamarkkinoiden luomiseksi on rakennettava tarvittavat voimajohdot, putkistot, nesteytetyn maakaasun eli LNG:n terminaalit ja muu infrastruktuuri. Rahoitusohjelmia voitaisiin myöntää hankkeille, joilla on vaikeuksia saada julkista rahoitusta. Vuoteen 2015 mennessä yhtäkään EU maata ei tule olla eristettynä sisämarkkinoilta (European Commission 2015).

3. Kuluttajien oikeuksia on suojattava ja luotava korkeat turvallisuus-standardit energiasektorille. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kuluttajien on voitava helposti vaihtaa energian tarjoajaa, tarkkailla energian käyttöä sekä ratkaista ongelmat nopeasti (European Commission 2015).

4. Toteuttaakseen Strategista Energiateknologia suunnitelmaa, EU nopeuttaa vähähiilisen teknologian kehittämistä ja käyttöönottoa. Vähähiilisiä teknologioita ovat esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoima, älykkäät sähköverkot sekä hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (European Commission 2015).

5. EU pyrkii myös säilyttämään hyvät suhteet ulkopuolisiin energiantuottajamaihin sekä energian kauttakulkumaihin. Tarkoituksena on myös yhdistää EU:n naapurimaita energian sisämarkkinoihin (European Commission 2015).

## 2.1. Kansalliset tavoitteet ja Suomen tilanne

EU:n energiastrategian tavoitteiden saavuttaminen edellyttää kansallisia toimia ja strategioita kaikilta jäsenvaltioilta. Suomen energia- ja ilmastopolitiikan tavoitteina ovat vastaaminen globaaliin ilmastohaasteeseen ja myös kestävän talouskasvun tukeminen. Päästöjen vähentämisessä ja energiansaannin turvaamisessa tärkeitä tavoitteita ovat energiatehokkuus, toimitusvarmuus, energian kohtuuhintaisuus sekä omavaraisuuden lisääminen. Energiahuollon eli energian saannista huolehtimisen on tuettava talouskasvua ja oltava kilpailukykyistä verrattuna tärkeimpiin kilpailijamaihimme. Saatavuus on voitava turvata pitkällä aikavälillä ja myös jokapäiväisessä käytössä sen on oltava toimitusvarmaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta, energiatehokkuuden nostamisen ja uusiutuvien energiamuotojen käytön tehostamisen avulla. Lisäksi tehostunut energiankäyttö ja tuotanto tarjoavat työpaikkoja ja uusia teknologian vientimahdollisuuksia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Suomelle asetettavia velvoitteita EU:n ilmasto- ja energiapaketin mukaan ovat kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen vuoteen 2020 mennessä 21 % päästökauppasektorilla ja 16 % päästökaupan ulkopuolisella sektorilla vuoden 2005 päästöistä. Uusiutuvien energianlähteiden osuus energian loppukulutuksesta on nostettava 38 %:iin, EU:n yhteinen liikenteen biopolttoaineiden tavoiteosuus 10 % on

itse asetettu 20 %:iin. Lisäksi energiankäyttöä tehostetaan EU:ssa 20 % verrattuna vuonna 2007 arvioituun kehitykseen, mutta se ei aseta kansallisia velvoitteita Suomelle. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Suomessa on merkittävää potentiaalia rannikko- ja merituulivoiman rakentamiseen ja myös teollista osaamista sekä kapasiteettia tuulivoimateollisuuden tarpeisiin. Suomessa tuotettiin tuulivoimalla noin 0,8 terawattituntia (jäljempänä TWh) sähköä vuonna 2013, jolloin tuulivoimaloita oli 211 kappaletta, mikä vastasi noin 0,9 % sähkönkulutuksesta. Tavoitteena on nostaa tuulivoiman tuotanto ensin 6 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä ja sitten 9 TWh:iin vuoteen 2025 mennessä. Tuotantoa tuetaan tällä hetkellä syöttötariffijärjestelmällä, mutta merituulivoiman demonstraatiohanketta tuetaan vielä lisäinvestointituen avulla. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015d; Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Tukiohjelmaan otetaan mukaan uusia laitoksia aina vuoteen 2020 asti tai siihen saakka kunnes 2 500 megawatin (jäljempänä MW) kapasiteetti täyttyy. Tukiohjelman tarve vuoden 2020 jälkeen arvioidaan uudelleen myöhemmin. Arvioitujen skenaarioiden mukaan tuulivoiman tuotanto Suomessa voisi olla noin 7–29 TWh:ia vuonna 2050. Tähän pääsemiseksi merituulivoiman rakentamisella on suuri merkitys ja edellyttää huomattavaa valtiontukea. Vaikka merituulivoima ei olekaan vielä lähitulevaisuudessa kannattavaa, arvioidaan sillä olevan teknologiavientipotentiaalia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Tuulivoiman rakentamista estävät ja hidastavat tällä hetkellä monet rajoittavat tekijät sekä hallinnollisten lupaprosessien jäykkyys. Tuulivoimarakentamisen maakunta- ja kuntakaavoitus on kuitenkin hyvin aktiivista tällä hetkellä koko maassa. Tuulivoiman lisääminen edellyttää sen sovittamista muuhun maankäyttöön, haittavaikutusten huomioon ottamista sekä hallinnollisten menettelyjen parantamista. Merituulivoiman on arvioitu kasvattavan osuuttaan Euroopassa, mikä tarjoaa uusia kasvumahdollisuuksia mm. offshore-turbiinien (merellä sijaitseva turbiini) pystytyksessä ja käytössä sekä merikaapeleiden laskussa. Tuulivoimateknologian tutkimustoiminta saattaisi tarjota

suomalaisille yrityksille erityisosaamista, jolla saavutettaisiin kilpailuetua kylmien olosuhteiden turbiinimarkkinoille. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Uudessa, vuoden 2015 hallitusohjelmassa on merkitty tavoitteeksi selvittää tuulivoiman edistäminen kustannustehokkaasti ja rajoittaa tuulivoimakiintiötä 2 500 MW:sta 2 000 MW:iin, kuitenkin niin, että nykyiseen syöttötariffijärjestelmään jo kuuluvat voimalaitokset ja kiintiöpäätöksen jo saaneet voimalaitokset pysyvät nykyisessä järjestelmässä. Aiheesta on odotettavasti tulossa hallituksen esitys. Ennen päätösten syntymistä on kuitenkin vielä voimassa tämänhetkinen syöttötariffijärjestelmä. (Valtioneuvoston kanslia 2015.)

### 3. TUKI- JA SYÖTTÖTARIFFIJÄRJESTELMÄ

Euroopan energiapolitiikan tavoitteena on vähentää merkittävästi fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja lisätä vähähiilisten energialähteiden käyttöä, taata alueen energian saatavuus ja toimivuus, varmistaa, ettei energian hinta heikennä kilpailukykyä, kehittää energiaverkkoja sekä suojella ympäristöä ja ehkäistä ilmastonmuutosta. (Euroopan komissio 2013.)

Energiaa pyritään säästämään kulutusta vähentämällä ja energiatehokkuudella. EU:n johto on päättänyt, että energian kulutusta vähennetään 20 % ja uusiutuvien energialähteiden osuus nostetaan 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Toteutuessaan nämä toimet pienentävät hiilidioksidipäästöjä, vähentävät Euroopan riippuvaisuutta tuontienergiasta, luovat työpaikkoja ja tarjoavat vientimahdollisuuksia. (Euroopan komissio 2013.)

Euroopan unionin jäsenille tämä merkitsee velvollisuutta luoda oma suunnitelmansa tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuki- ja syöttötariffijärjestelmät on kehitetty, jotta uusiutuvan energiantuotannon kasvu olisi riittävää. (Euroopan komissio 2013.)

Tuulivoimaa tuettiin ennen vuotta 2011 pääasiassa investointituella, jota oli mahdollista saada enintään 40 % investoinnista projektikohtaisesti. Lisäksi tuulivoimalla tuotettua sähköä tuettiin 6,9 €/MWh (megawattitunti) sähköverolain mukaan. (Lindroos, Soimakallio, Savolainen, Monni & Honkatukia 2012.)

Tuulivoiman tukijärjestelmään kuuluu nykyään tuotantotuki. Tuotantotuella tarkoitetaan syöttötariffijärjestelmää, jossa järjestelmään hyväksytylle sähkön tuottajalle maksetaan tukea laissa määritellyn tavoitehinnan ja sähkön markkinahinnan erotuksena. (Energiavirasto 2014.)

Järjestelmään voidaan hyväksyä tuulivoimaloita, kunnes niiden generaattoreiden yhteenlaskettu nimellisteho ylittää 2 500 megavoltiampeeria. Etuoikeus järjestelmään hyväksytyksi tulemiselle on toiminnalliset ja taloudelliset edellytykset täyttävällä

voimalalla, joka on ensimmäisenä hakenut järjestelmään ja joka sijaitsee Suomessa tai Suomen aluevesillä ja on liitetty siellä sähköverkkoon. (Finlex 2010.)

Tuulivoimaloille asetettujen erityisehtojen mukaan se voidaan hyväksyä järjestelmään vain, jos se ei ole saanut erillistä valtiontukea, jos se on uusi eikä sisällä käytettyjä osia ja sen generaattoreiden nimellisteho on yhteensä vähintään 500 kilovolttiampereita. Poikkeuksena on merituulivoimalan kokeiluhanke, joka voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään, vaikka siihen investointia varten olisikin myönnetty valtiontukea. (Finlex 2010.)

Hyväksymisen edellytyksenä on myös, että sähköön tuottajan on tehtävä kirjallinen ennakoilmoitus Energiamarkkinavirastolle kuukauden kuluessa päätöksestä rakentaa tuulivoimala, joka täyttää syöttötariffijärjestelmään hyväksymisen ehdot. Ilmoituksen on sisällettävä kaikki oleellinen tieto voimalasta, sen suunnittelusta ja tuotantokapasiteetista. Muutoksista on viipymättä ilmoitettava Energiamarkkinavirastolle. (Finlex 2010.)

Ennen voimalan kaupalliseen käyttöön ottamista on Energiamarkkinavirastolle tehtävä myös hakemus syöttötariffijärjestelmään hyväksymistä varten. Hakemuksessa on esitettävä kaikki oleellinen tieto viranomaisharkintaa varten. Tällaisia tietoja ovat mm. selvitys sähköön tuottajasta, voimalaitoshankkeesta ja voimalaitoksesta sekä suunniteltu kaupalliseen käyttöön ottamisen ajankohta ja suunnitelma sähköön tuotannon seurannasta. Hakemuksessa on oltava liitteenä myös todentajan varmennus voimalaitoksen edellytysten täyttymisestä ja vuosituotantoa koskevasta arviosta. (Finlex 2010.)

Ennakoilmoitukset ja hakemukset tehdään Energiaviraston internet-palvelun SATU:n kautta, ja myös viralliset todentajat sekä hakulomakkeet löytyvät Energiaviraston internet-sivuilta (Energiavirasto 2015d).

Syöttötariffia maksetaan kolmen kuukauden tariffijaksoilla toteutuneen sähköntuotannon mukaan. Syöttötariffia voidaan maksaa enintään 12 vuoden ajan siitä,

kun oikeus tariffiin alkaa eikä sitä makseta päätöksessä mainitun tuotannon määrän ylittävältä osalta. (Finlex 2010.)

Syöttötariffijärjestelmään hyväksytyn tuulivoimalan sähkön tavoitehinta on 83,50 euroa megawattitunnilta. Maksettavan tariffin määrä on voimalaitoksen sijaintipaikan kolmen kuukauden sähkön markkinahinnan keskiarvo vähennettynä tavoitehinnasta. Mikäli keskiarvo on alle 30 euroa megawattitunnilta, niin syöttötariffina maksetaan tavoitehinnasta vähennettynä 30 euroa megawattitunnilta. Mikäli sähkön markkinahinta on negatiivinen, ei sähkön tuotanto oikeuta tavoitehintaan. Ensimmäiseltä neljältä vuodelta, kuitenkin enintään 31.12.2015 saakka tai 3 vuotta/ voimalaitos, takuuhinta on korotettu 105,30 euroa megawattitunnilta investointien nopeuttamiseksi. (Finlex 2010; Lindroos ym. 2012.)

### 3.1. Investointi- eli energiatuki

Syöttötariffijärjestelmän ohella uusiutuvaa energiaa tuetaan myös harkinnanvaraisella investointi- eli energiatuella. Investointituen tarkoituksena on edistää erityisesti uuden teknologian käyttöönottoa. Syöttötariffia ei kuitenkaan voida myöntää hankkeelle, jota tuetaan energiatuella. Poikkeuksena on edellä mainittu merituulivoimalan kokeiluhanke. (Motiva 2014; Finlex 2010.)

Investointitukea voidaan myöntää ilmasto- ja ympäristömyönteisiin hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, niiden tehostamista tai energiansäästöä taikka vähentävät mahdollisia niistä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Tukea voidaan myöntää erilaisille yhteisöille, kunnille ja yrityksille. (Motiva 2014.)

Tuettavia hankkeita voivat olla esimerkiksi pienet lämpökeskukset ja sähköntuotantohankkeet, polttoaineen tuotantohankkeet sekä uuden teknologian demonstraatiohankkeet. Lisäksi tuettavia hankkeita voivat olla erilaiset säästöä, tehostamista ja käyttöä koskevat selvityshankkeet esimerkiksi energiakatselmuksien ja -analyysien avulla. Tavalliset liiketoiminnan perustamis-, laajennus-, kannattavuus-, kehitys-,

suunnittelu-, markkinointi- ja testaus selvitykset eivät kuulu tuettavien hankkeiden joukkoon. (Motiva 2014.)

Motivan (2014) mukaan energiatuen osuus kustannuksista voi olla enintään:

- 60 %:ia kuntasektorin uusiutuvan energian katselmuksista
- 50 %:ia kuntasektorin, mikroyritysten ja pk-yritysten energiakatselmuksista
- 40 %:ia muista energiakatselmuksista, -analyysistä ja selvityshankkeista
- 40 %:ia uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyviin investointeihin (uusi teknologia)
- 30 %:ia uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyviin investointeihin (tavanomainen teknologia)
- 30 %:ia muihin energiantuotannon ympäristöhaittoja vähentäviin investointeihin

### 3.2. Energiaverotuki

Suomen tuulivoimayhdistys ry:n (2015e) mukaan ennen nykyisen syöttötariffijärjestelmän käyttöönottoa, uusiutuvaa energiantuotantoa on tuettu myös sähköntuotannon verotuella. Verotuella pyrittiin sekä edistämään uusiutuvan energian tuotantoa että kompensoimaan kilpailuaseman heikkenemistä, mikä kosketti pääasiassa pieniä voimaloita.

Verotukea oli kolme eri tasoa:

- 0,69 senttiä/ kWh tuulivoimalle ja metsähakkeella tuotetulle sähkölle
- 0,25 senttiä/ kWh kierrätyspolttoaineilla tuotetulle sähkölle
- 0,42 c/ kWh muille

#### 4. TUULIVOIMAN KUSTANNUKSET

Tässä tutkielmassa tärkeimmät huomioon otettavat tuulivoimalan kustannuksia kuvaavat parametrit ovat investointikustannukset, käyttö- ja ylläpitokustannukset sekä tuotantokustannukset. Investointikustannukset ja tuotantokustannukset (€/ kW) ovat yhteydessä toisiinsa, koska tuotanto riippuu paljon voimalatyypistä. Pienissä hankkeissa on yleensä suuremmat kustannukset suhteessa tuotantoon, koska rakennusvaiheen skaalaedut ovat pienemmät. Skaalaetujen vuoksi myös voimalaitosvalmistajat saattavat myydä voimaloita edullisemmin isommille hankkeille. Suomessa tuotantokustannustaso on jonkin verran korkeampi kuin kansainvälinen taso, koska projektikoko on yleensä melko pientä. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015a; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a: 13.)

Investointikustannuksia ovat tuulivoimalan hinta ja vaadittavan infrastruktuurin, kuten teiden ja sähköverkkoliittymän rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Optimiolosuhteissa maalle rakennettaessa investointikustannukset vuonna 2009 olivat 1 MW:n tuulivoimalalla noin 1,3–1,5 miljoonaa euroa ja 3 MW:n tuulivoimalalla noin 4,5 miljoonaa euroa. Merelle rakennettavien voimaloiden kustannukset ovat noin 20–50 % enemmän kuin maalle rakennettavien voimaloiden kustannukset. Yksinkertaistettuna voidaan arvioida maalle rakennettavien voimaloiden investointikustannuksiksi noin 1300–1400 €/ kW ja merelle rakennettavien voimaloiden investointikustannuksiksi noin 2500 €/ kW. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015a; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a.)

Voimalaitoksen osuus kokonaisinvestoinnista on noin 65–80 % maalle rakennettaessa ja noin 50 % merelle rakennettaessa. Loppuosan on arvioitu koostuvan perustuksista, teiden sekä nosto- ja asennusalueiden kustannuksista (13 %), sähkötöistä ja kaapeloinneista (8 %), sähköverkkoon liittämisen kustannuksista (6 %), suunnittelun ja valvonnan kustannuksista (1 %), asennus- ja käyttökustannuksista (1 %) sekä vakuutuksista (1 %). (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015a; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a.)

Käyttö- ja ylläpitokustannuksilla tarkoitetaan hallinnoinnista aiheutuvia kustannuksia, huoltokustannuksia, vakuutuksia sekä korjauskustannuksia, joiden arvo riippuu myös vakuutuksista. Käyttö- ja ylläpitokustannusten arvioidaan olevan noin 2–3 %:ia investointikustannuksista, eli noin 12–18 €/ MWh (kun tuotanto 2400 h/ a ja investointikustannus 1400 €/ kW). (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015b; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a.)

Huolto ja korjauskustannukset vaihtelevat riippuen esimerkiksi tuulipuiston koosta ja yksittäisten voimalaitosten koosta. Kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi myös huoltoetäisyydet ja -yhteydet, esimerkiksi merellä kaikki toimenpiteet tulevat kalliimmaksi kuin maalla. Myös huolto-organisaatioissa ja sopimuksissa on eroja, jotka vaikuttavat kustannuksiin. Voimalaitosten vanhentuuessa myös huolto- ja korjauskustannukset nousevat, mutta isojen tuulivoimaloiden huolto- ja korjauskustannusten on todettu olevan suhteellisesti edullisempia. Suomessa kustannustaso huoltojen ja korjausten osalta on suhteellisen suuri, koska tuulivoimaa on rakennettu melko vähän. Kustannusten on todettu laskevan maissa, joissa tuulivoimaa on rakennettu paljon. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015b; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a.)

Tuotantokustannukset muodostuvat investointi- ja käyttökustannuksista. Muuttuvien kustannusten, eli tuotetusta määrästä riippuvien kustannusten osuus on hyvin pieni, koska käyttö- ja ylläpitokustannukset ovat melko tasaiset tuotannosta riippumatta. Suomessa tuotantokustannuksia arvioidaan yleensä omakustannushinnalla, joka perustuu reaalikorkoon, noin 4–6 %:ia sekä takaisinmaksuaikaan, noin 20 vuotta. Näin arvioiden tuotantokustannus olisi noin 0,03–0,05 €/ kWh. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2015f.)

Blanco (2009) arvioi tutkimuksessaan investointikustannusten olevan suunnilleen 80 % koko tuulivoimalan kustannuksista eli noin 1100–1400 €/ kW ja käyttö- ja huoltokustannusten olevan noin 10–20 % kokonaiskustannuksista eli noin 0,01–0,02 €/ kWh. Blanco (2009) tutkimuksessa tarkastellaan tuulivoiman kustannuksia Euroopassa ja ne saattavat myös sen vuoksi poiketa hieman esimerkiksi Työ- ja

elinkeinoministeriön (2009a: 31) arvioista. Molempien arviointeihin liittyy epävarmuutta, lisäksi tuulivoiman on todettu olevan Suomessa hieman kalliimpaa kuin muualla Euroopassa. Taulukko 1. on Työ- ja elinkeinoministeriön (2009a: 31) mukainen ja selventää eri kohteissa sijaitsevien tuulivoimaloiden kustannuksia.

**Taulukko 1.** Tekniset ja taloudelliset parametrit eri kohteille sekä tariffitason arviot (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a: 31).

Typillisiä arvoja eri paikoille	Rannikko	Tunturit	Sisämaan parhaat paikat	Merellä
Investointikustannukset (€/ kWh)	1300	1400	1400	2500
Huipunkäyttöaika (h/ a)	2400	2500	2100	3300
Laitosten tekninen käyttöikä (a)	20	20	20	20
Käyttö- ja huoltokustannukset (€/ kW,a)	26	35	28	75
Tasehallinnan kustannukset (€/ MWh)	2	2	2	2
Sähkön markkinahinta (€/ MWh)	50	50	50	50
Tuen maksatusaika (a)	12	12	12	12
<b>Tarvittava tariffitaso (€/ MWh)</b>	76,8	83,2	96,8	118,9
Tariffi, kun sähkön hinta 50 €/ MWh	26,8	33,2	46,8	58,9

#### 4.1. Hallinnolliset kustannukset

Varsinaisten rakennus-, ylläpito- ja tuotantokustannusten lisäksi syöttötariffijärjestelmällä on myös hallinnollisia kustannuksia. Niiden on arveltu jakautuvan Energiamarkkinavirastolle, Fingridille, alue- ja jakeluverkonhaltijoille sekä veroviranomaisille. Hallinnolliset kustannukset riippuvat järjestelmässä mukana olevien voimalaitosten lukumäärästä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 51.)

Hallinnollisten kulujen jakautuminen eri toimijoille riippuu toimijoiden tehtävistä. Energiamarkkinaviraston tehtäviä ovat sähkömarkkinoiden valvontatehtävät, toimiminen päästökauppaviranomaisena sekä syöttötariffijärjestelmään liittyvä neuvonta, seuranta, raportointi ja valvonta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 51–52.)

Syöttötariffijärjestelmästä aiheutuvia hallinnollisia kuluja Energiamarkkinavirastolle on arvioitu olevan noin 0,35–0,40 miljoonaa euroa vuodessa, vuosina 2010–2011 ja noin 0,20–0,25 miljoonaa euroa vuodessa alkaen vuodesta 2012. Henkilöstökustannuksia tästä on arveltu olevan vuosittain noin 0,26–0,35 miljoonaa euroa 2010–2011 välisenä aikana ja noin 0,175 miljoonaa euroa alkaen vuodesta 2012. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 51–52.)

Syöttötariffijärjestelmään kuuluvat voimalaitokset ovat liittyneenä joko Fingrid Oyj:n kantaverkkoon tai Fingridin asiakkaan jakelu- tai alueverkkoon. Fingridin tehtäviin kuuluvat syöttötariffijärjestelmän koordinoiminen, laskuttaminen asiakkailta sekä tuen maksaminen tuulivoimantuottajille. Hallinnollisten kustannusten määräksi on arvioitu noin 0,6 miljoonaa euroa vuodessa, alkuvaiheessa hieman vähemmän, koska liittyneitä voimalaitoksia on alussa vähemmän. Henkilötyövuosina kasvaneen työmäärän on arvioitu olevan noin 0,5. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 51–53.)

Myös alue- ja jakeluverkonhaltijoille aiheutuu hallinnollisia kuluja, näitä aiheuttavat tariffijärjestelmän koordinoiminen ja laskutus sekä verkkoon liittyneiden voimalaitosten mittaus ja valvonta. Aiheutuvia kustannuksia on karkeasti arveltuna noin miljoona euroa kertaluontoista kustannusta asiakas- ja laskutusjärjestelmiin tarvittavista muutoksista sekä noin yhden miljoonan euron vuosittaiset kulut ja mittaustietojen käsittelystä aiheutuvat muuttuvat kulut, jotka riippuvat voimalaitosten määrästä ja tuotannosta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 54.)

Hallinnolliset kulut saattavat lisääntyä myös veroviranomaisille, mikäli verovelvollisia tulee merkittävästi lisää. Tällöin veroviranomaiset saattavat joutua lisäämään henkilöstöresurssejaan sekä tekemään muutoksia hallintojärjestelmiinsä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009b: 56.)

## 5. TUULIVOIMAN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tutkielman tarkoituksena on selvittää tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän taloudellisia vaikutuksia. Tässä kappaleessa käydään läpi taloustieteen tunnuslukuja, joita tarkastellaan myöhemmin toteutuneiden ja arvioitujen lukujen avulla.

### 5.1. Kotimaisuus

Selvitettäessä verovaroista maksettavien tukien taloudellisia vaikutuksia kotimaisuusaste on tärkeä parametri. Se kertoo miten suuri osa maksettavista tuista jää kansantalouden hyödyksi. Kotimaisuusasteesta on monenlaisia arvioita, tässä työssä otetaan huomioon seuraavat. Työ- ja elinkeinoministeriön (2009a: 40) mukaan tuulivoiman kotimaisuusaste vaihtelee pääasiassa käytettävästä teknologiasta riippuen:

- hankkeet, joiden voimalat ovat ulkomaista valmistetta ilman suomalaista teknologiaa, kotimaisuusaste on arvioitu olevan noin 35–40 %
- hankkeet, joiden voimalat ovat ulkomaista valmistetta, mutta sisältävät suomalaista teknologiaa, kotimaisuusaste on arvioitu olevan noin 50 % tai enemmän
- hankkeet, joiden voimalat ovat kotimaista valmistetta ja joissa käytetään suomalaista teknologiaa, kotimaisuusaste on arvioitu voivan nousta noin 80 %:iin

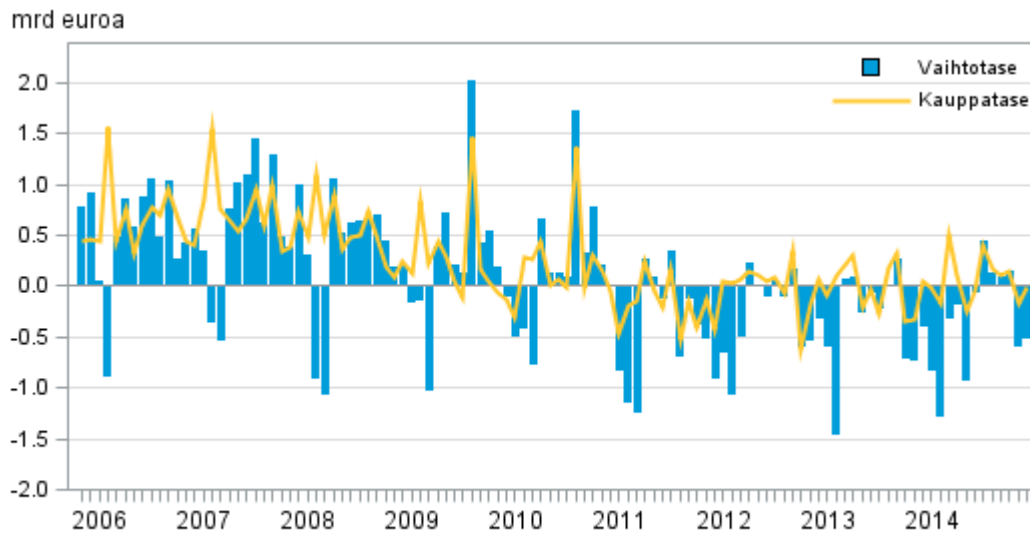
Laasonen (2015) arvioi tuulivoimalle maksettavista syöttötariffimaksuista kotimaisille toimijoille jäävän keskiarvoisesti noin 59 %. Tuulivoiman elinkaaren aikana arviolta noin 76 % tehdystä työstä on kotimaisilla toimijoilla teetettyä työtä. Tuulivoimalan kotimaisuudesta riippuen kotimaisen työn osuus olisi noin 1,9–2,5 mrd. euroa, kun investointien kokonaismääräksi arvioidaan noin 3,5 mrd. euroa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009a: 39).

## 5.2. Kauppatase ja maksutase

Tärkeitä taloustieteellisiä parametreja ovat myös kauppatase ja maksutase. Kauppataseella tarkoitetaan ulkomaan tavarakaupan tuonnin ja viennin tasapainoa. Maksutase on osa kansantalouden tilinpitojärjestelmää ja se kuvaa talouden ulkoista tasapainoa reaali- ja rahoitustalouden näkökulmasta. Maksutaseeseen kuuluvat vaihto-, pääoma- ja rahoitustase. Tässä tutkielmassa keskitytään sähkön tuonnin ja viennin vaikutuksiin vaihto- ja kauppataseeseen. (Tilastokeskus 2015a; Suomen Pankki 2015.)

Vaihtotase selventää ulkomaisten taloudellisten toimien vaikutusta kansantuloon sekä säästämisen ja investointien väliseen tasapainoon. Ulkomaisia taloudellisia toimia ovat esimerkiksi tavaroiden ja palveluiden ulkomaankauppa, tuotannontekijäkorvaukset sekä tulonsiirrot. Pääomatase koostuu vain pääomansiirroista. Rahoitustaseella kuvataan vaihtotaseen alijäämän rahoitusta ulkomailta tai ylijäämän sijoittamista ulkomaille. Rahoitustase koostuu suorista sijoituksista, arvopaperisijoituksista ja muista sijoituksista sekä johdannaisista ja keskuspankin valuuttavarannon muutoksista. (Suomen Pankki 2015; Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry 2015.)

Tilastokeskuksen (2015c) verkkojulkaisun mukainen kuvio 1. alla kuvaa Suomen kauppa- ja vaihtotaseen kehitystä vuosina 2007–2014. Kuviosta näkee molempien taseiden laskeneen huomattavasti ja painuneen alijäämäisiksi vuonna 2011, koska vienti ei ole palautunut vuonna 2009 tapahtuneesta romahduksesta. Lisäksi tuontihinnat ovat nousseet, mikä on kasvattanut tuonnin arvoa. Vuonna 1993 vaihtotase oli edellisen kerran alijäämäinen ja suurimmillaan se on ollut vuonna 2002, noin 12 miljardia euroa ylijäämäinen. Vuonna 2013 vaihtotase on ollut noin 1,6 miljardia euroa alijäämäinen. Vaihtotase näyttäisi vielä laskevan vuoteen 2014 mennessä. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry 2015.)



**Kuvio 1.** Kauppatase ja vaihtotase ajalla 2006–2014 (miljardia euroa). (Tilastokeskus 2015c.)

### 5.3. Vienti ja tuonti

Vienti ja tuonti vaikuttavat merkittävästi kansantalouden tilaan sekä kaupp- ja vaihtotaseeseen. Tässä luvussa käsitellään Suomen vienti- ja tuontitilastoja yleisesti. Vuonna 2013 koko tavaraviennin arvo on ollut noin 55,9 miljardia euroa, vaikkakin se väheni kaksi prosenttia vuodesta 2012. Myös viennin rakenne on muuttunut, viime aikoina ovat olleet laskussa elektroniikka- ja sähköteollisuus, joiden osuus viennistä oli noin 11 % vuonna 2013. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry 2015.)

Metsäteollisuuden osuus on laskenut, 1960-luvulla sen osuus oli kolme neljäsosaa viennistä, mutta nykyään enää viidesosan. Kemianteollisuus on puolestaan noussut lähemmäs 25 prosenttiin. Investointituotteiden viennin osuus oli 27 prosenttia, raaka-aineiden ja tuotantohyödykkeiden osuus oli noin 50 prosenttia, kulutustavaroiden 10 prosenttia ja energiatuotteiden 12 prosenttia vuonna 2013. Tärkeimmät vientimaamme ovat olleet Ruotsi 11,6 prosentin osuudella, Saksa 9,7 prosentin osuudella ja Venäjä 9,6 prosentin osuudella. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry 2015.)

Tavaratuontia Suomeen vuonna 2013 oli puolestaan noin 58,2 miljardin euron arvosta ja sekin väheni noin kaksi prosenttia vuodesta 2012. Tuonnista noin 23 prosenttia oli energiatuotteita. Raaka-aineita sekä tuotantohyödykkeitä oli puolestaan noin 33 prosenttia ja kulutustavaroita neljäsosa. Investointitavaroiden osuus tuonnista on noin viidesosan. Teknologiateollisuuden osuus tuonnista on noin kolmasosa ja raakaöljyn osuus noin 12 prosenttia. Metsäteollisuuden tuotteita tuodaan vain erittäin pieniä määriä. Suurimmat tuontimaat ovat Venäjä 18 prosentin osuudella, toisena Saksa ja kolmanneksi suurin on Ruotsi. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry 2015.)

#### 5.4. Suomen energiankulutus ja hankinta

Vuonna 2014 energian kokonaiskulutus oli noin 372 TWh:ia ja sähkön kulutus noin 83,3 TWh:ia. Kulutus on ollut pienempää kuin aikaisemmin mm. lämpimästä säästä johtuen. Vuonna 2012 energian kokonaiskulutus oli noin 380 TWh:ia ja sähkön kulutus noin 85 TWh:ia. Energiankulutuksesta noin 70 % ostetaan ulkomailta. Noin 60 % energiankulutuksesta jakautuu välilliseen ja 40 %:ia välittömään kulutukseen. Välillistä kulutusta ovat esimerkiksi tavarat ja palvelut, välitöntä kulutusta esimerkiksi kotitalouksien, teollisuuden, lämmityksen ja liikenteen energiankulutus. Suuri osa välillisistä energiatuotteista tuodaan Suomen rajojen ulkopuolelta. (Suomen virallinen tilasto 2014; Halme, Hukkinen, Korppi-Tommola, Linnanen, Liski, Lovio, Lund, Luukkanen, Nokso-Koivisto, Partanen & Wilenius 2014: 4.)

Tärkeimpiä energiatuotteita ovat puupolttoaineet, öljy, ydinenergia, hiili, maakaasu, turve sekä vesivoima. Suomi on energiaintensiivinen, puolet energiasta ja sähköstä kulutetaan raskaassa teollisuudessa, joka on kilpailukyvyltään herkkä tuotantopanosten suhteen. (Suomen virallinen tilasto 2014; Halme ym. 2014: 4.)

Energiateollisuus ry:n (2015a) verkkojulkaisun mukainen taulukko 2. alla selventää sähkön tuotantoa, tuontia ja vientiä sekä niiden kehitystä välillä 1970–2013 (GWh). Taulukosta näkee omaa nettotuotantoa Suomella olleen 68 329 GWh:ia vuonna 2013, josta tuulivoiman osuus oli 774 GWh:ia. Lisäksi sähköä on tuotu ulkomailta 17 591

GWh:ia ja viety 1 876 GWh:ia vuonna 2013. Oma kokonaiskulutuksemme on ollut 84 044 GWh. Tuonnin osuus siitä on noin 20,9 %:ia. Suurimmat sähkön tuontimaat ovat olleet Ruotsi ja Venäjä, nykyisin eniten tuodaan Ruotsista. Sähkön tuonnin ja viennin erotus oli 15 715 GWh:ia vuonna 2013 eli noin 18,7 %:ia kokonaiskulutuksesta.

**Taulukko 2.** Sähkön tuotanto, tuonti ja vienti (GWh) 1970–2013. (Energiateollisuus ry 2015a).

<b>Sähkön tuotanto, tuonti ja vienti, GWh</b>						
<b>Vuosi</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>
<b>TUOTANTO (kokonais)</b>	<b>22 066</b>	<b>40 696</b>	<b>53 984</b>	<b>69 952</b>	<b>80 663</b>	<b>71 240</b>
Tuottajan omakäyttö	777	1 986	2 392	2 674	3 460	2 910
<b>TUOTANTO</b>	<b>21 289</b>	<b>38 710</b>	<b>51 592</b>	<b>67 278</b>	<b>77 203</b>	<b>68 329</b>
Vesivoima	9 429	10 115	10 752	14 453	12 743	12 672
Tuulivoima	-	-	0	77	294	774
Ydinvoima	-	6 625	18 128	21 575	21 889	22 673
Lämpövoima	11 860	21 970	22 712	31 173	42 277	32 209
Yhteistuotanto - CHP	5 927	10 844	16 124	24 458	28 098	23 326
Kaukolämpö	1 006	4 205	8 471	12 718	16 909	13 602
Teollisuus	4 921	6 639	7 653	11 740	11 189	9 724
Erillistuotanto	5 933	11 126	6 588	6 715	14 179	8 883
<b>TUONTI</b>	<b>1 339</b>	<b>2 374</b>	<b>11 107</b>	<b>12 206</b>	<b>15 719</b>	<b>17 591</b>
Venäjältä	386	1 697	4 616	4 519	11 638	4 713
Ruotsista	951	668	6 366	7 555	2 000	12 373
Norjasta	2	9	125	132	114	46
Virosta					1 967	459
<b>HANKINTA</b>	<b>22 628</b>	<b>41 084</b>	<b>62 699</b>	<b>79 484</b>	<b>92 922</b>	<b>85 920</b>
<b>VIENTI</b>	<b>811</b>	<b>1 163</b>	<b>365</b>	<b>326</b>	<b>5 218</b>	<b>1 876</b>
Ruotsiin	811	1 163	363	153	4 816	216
Norjaan	0	0	2	173	156	113
Venäjälle	0	0	0	0	0	3
Viroon	0	0	0	0	246	1 544
<b>KULUTUS (kokonais)</b>	<b>21 817</b>	<b>39 921</b>	<b>62 334</b>	<b>79 158</b>	<b>87 704</b>	<b>84 044</b>

## 6. TUTKIELMASSA KÄYTETTÄVÄT LASKELMAT JA ENNUSTEET

Tutkielmassa tuulivoiman taloudellisten vaikutusten arviointi aloitetaan laskemalla maksettavien syöttötariffien kokonaismäärä. Aikaisemmin maksettujen syöttötariffien lisäksi tutkielmassa lasketaan tulevat syöttötariffit kaavalla (1).

Kaava 1. (Finlex 2010).

$$\Omega = (\pi - \chi) * \beta$$

$$\Omega = \text{syöttötariffi}$$

$$\pi = \text{sähkön tavoitehinta}$$

$$\chi = \text{sähkön markkinahinnan 3 kk:n keskiarvo}$$

$$\beta = \text{tuotantomäärä}$$

Kaavalla (1). saatujen voimalakohtaisten syöttötariffiarvioiden perusteella on laskettu arvio syöttötariffista per kVA:

Kaava 2.

$$\theta = \Omega / \beta$$

$$\theta = \text{syöttötariffi per kVA}$$

$$\Omega = \text{syöttötariffi}$$

$$\beta = \text{tuotantomäärä}$$

Kaavalla (2). saadun arvion perusteella on laskettu kokonaissyöttötariffin määrä kun järjestelmään hyväksyttävien tuulivoimaloiden kokonaiskapasiteetti on 2 500 000 kVA:

Kaava 3.

$$\forall = \theta * \beta$$

$\forall$  = kokonaissyöttötariffi

$\theta$  = syöttötariffi per kVA

$\beta$  = kokonaiskapasiteetti 2 500 000 kVA

### 6.1. Diskonttaus

Diskonttaus tarkoittaa tulevien rahavirtojen nykyarvon laskemista. Ottamalla huomioon arviot tulevasta inflaatiosta ja nimelliskorosta, saadaan tulevat rahavirrat vertailukelpoisiksi nykyaikana (Sathyajith 2006).

Tässä tutkielmassa käytetään korjattua diskonttokorkoa, joka on laskettu kaavalla (4). (Sathyajith 2006).

Kaava 4.

$$1 + I = 1 + i / 1 + p$$

$I$  = korjattu diskonttokorko

$i$  = nimelliskorko

$p$  = inflaatio

Laskelmissa käytetty nimelliskorko on 4 % ja inflaatio 2 % Välimäen (2015) mukaan. Näillä laskettuna korjatuksi diskonttokoroksi saadaan 1,961 %, joka muutettuna neljännesvuosikorkoon kaavan (5) mukaan saa arvon 0,004866. Kaavan (6) mukaan korjattu diskonttokorko muunnettuna vuosikorkotekijäksi, saa arvon 0,262435. (Sathyajith 2006; Laaksonen 2015.)

Kaava 5. (Laaksonen 2015).

$$Q = (1 + I)^{1/4}$$

Q = neljännesvuosikorko

I = korjattu diskonttokorko

Kaava 6. (Laaksonen 2015).

$$r = (1 + I)^{12}$$

r = vuosikorkotekijä

I = korjattu diskonttokorko

Kaavojen (1), (5) ja (6) avulla voidaan muodostaa kaava (7) eli diskontata tulevat syöttötariffit sekä arvioitu sähkön tuonnin kustannus ja muut kassavirrat nykyhetkeen.

Kaava 7. (Sathyajith 2006).

$$\sum_{k=1}^n \text{Kassavirta} / (1 + r)^k$$

$\Sigma$  = summa

r = korko

k = kustannusjakso

n = jaksojen lukumäärä

## 6.2. Ennusteet eri skenaarioissa

Tutkielman tulevaisuutta koskevissa laskelmissa käytetään pääasiassa Pöyry Management Consulting Oy:n (2015: 9) laatimia skenaarioita, joita ovat matala-, perus-

ja korkeaskenaario. Niissä on arvioitu sähkön markkinahintojen kehittymistä tulevaisuudessa.

Matalaskenaarion hinnat noin:

- 2014–2018 noin 26 €/ MWh
- 2019–2024 noin 22 €/ MWh
- 2025–2030 noin 29 €/ MWh

Perusskenaarion hinnat noin:

- 2014–2018 noin 35 €/ MWh
- 2019–2024 noin 43 €/ MWh
- 2025–2030 noin 55 €/ MWh

Korkeaskenaarion hinnat noin:

- 2014–2018 noin 53 €/ MWh
- 2019–2024 noin 77 €/ MWh
- 2025–2030 noin 88 €/ MWh

## 7. MAKSETTAVAT SYÖTTÖTARIFFIT

Tutkielman tavoitteena on luoda katsaus syöttötariffijärjestelmän taloudellisista vaikutuksista. Siksi on tärkeää arvioida, paljonko tukia järjestelmän puitteissa maksetaan. Taulukkoon 3 on koottu arviot syöttötariffien määristä eri aikoina ja eri skenaarioilla. Laskelmat on tehty perustuen Energiaviraston (2015b) ja (2015c) sähköisestä SATU-järjestelmästä haetuilla syöttötariffijärjestelmään 1.1.2011–16.6.2015 aikana hyväksytyjen tuulivoimaloiden tiedoilla.

Toteutuneiden tariffimaksujen lisäksi taulukossa 3 on laskettu ennusteet tulevaisuudessa maksettavista tuista edellisessä kappaleessa esitellyn kaavan (1) mukaan. Taulukko 3 on laadittu tässä tutkielmassa. Laskelmissa on otettu huomioon Finlex (2010) mukainen voimalakohtainen 12 vuoden määräaika syöttötariffin maksamiselle sekä ensimmäisen 3 vuoden ajan maksettava korotettu tavoitehinta 105,30 €/ MWh, jota on mahdollista saada vuoden 2015 loppuun saakka. Ennusteiden laskemisessa on käytetty luvussa 6.2. esiteltyjä Pöry Management Consulting Oy:n (2015) laatimia matala-, perus- ja korkeaskenaarioita sähkön markkinahinnan kehityksestä. Matalaskenaarion mukaan sähkön markkinahinnan keskiarvot laskevat alle 30 €/ MWh ajalla 2014–2030. Matalaskenaarion ennusteet on laskettu hinnalla 30 €/ MWh, koska syöttötariffijärjestelmässä määritellään sen olevan alin mahdollinen tavoitehinnasta vähennettävä sähkön markkinahinta (Finlex 2010).

Taulukossa 3 aikavälin 2011–2015 tiedot sisältävät jo maksetut tuet sekä arviot vuoden 2015 loppuun mennessä maksettavista tuista. Ensin on laskettu arviot jokaiselle voimalalle erikseen, jolle oli Energiaviraston (2015b) ja (2015c) hyväksymispäätös ajalla 1.1.2011–16.6.2015 ja näiden pohjalta arvio syöttötariffin hinnasta per kVA. Syöttötariffin hinta per kVA on laskettu kappaleessa 6. esitellyn kaavan (2) mukaan. Tämän pohjalta on laskettu kokonaisarvio syöttötariffien tulevasta määrästä kaavalla (3), kun järjestelmään hyväksyttävä kokonaiskapasiteetti on 2 500 000 kVA:a.

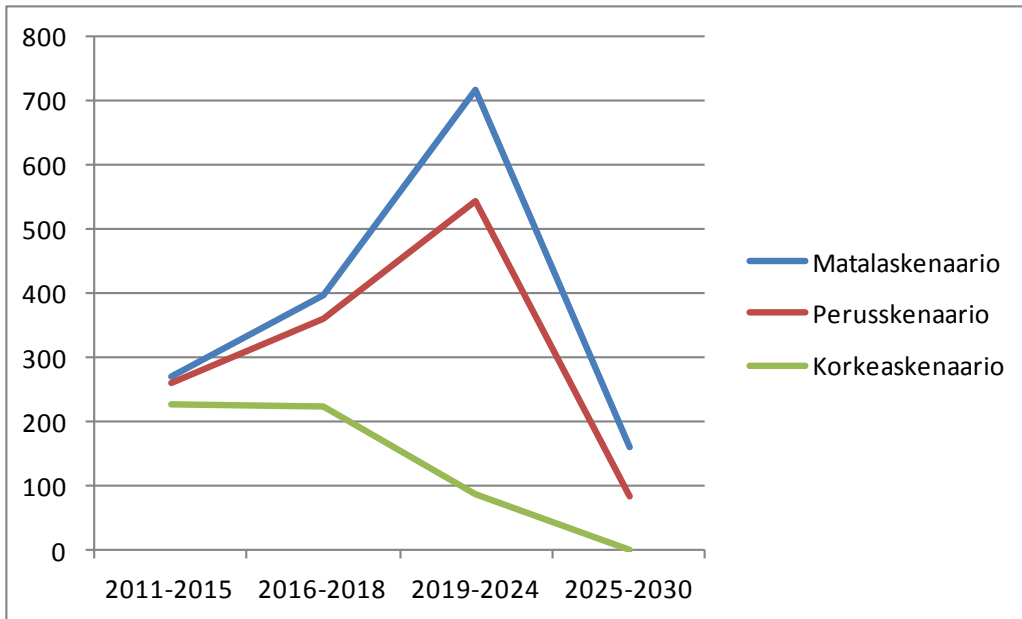
Pöry Management Consulting Oy (2015) arvioi perusskenaarion olevan todennäköisin vaihtoehto, jolloin maksettava kokonaissyöttötariffi olisi laskelman perusteella yli 3,4

miljardia euroa. Energiaviraston (2015a) mukaan toteutunut sähkön markkinahinta ajalla 1.7.2011–31.3.2015 on keskimäärin 37,87 €/ MWh. Mikäli sähkön markkinahinnat tulevaisuudessakin pysyvät samalla tasolla, se on noin perusskenaarion tasolla, hieman alempana kuitenkin. Näiden tietojen perusteella voisi arvioida todennäköisimmän syöttötariffijärjestelmän kokonaiskustannuksen sijoittuvan perusskenaarion ja matalaskenaarion väliin eli olevan noin 3,4–4,2 miljardia euroa. Myös Työ- ja elinkeinoministeriön (2014) mukaan sähkön markkinahinnat ovat alhaiset ja myös pysyvät alhaisina pitkään. Tulevat kassavirrat on diskontattu nykyhetkeen käyttäen edellisessä luvussa esitettyä kaavaa (7). Tutkielmassa laskettujen ennusteiden aikavälit ovat epätasaiset, johtuen Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) sähkön markkinahintojen ennusteista.

**Taulukko 3.** Eri sähkönmarkkinahinnan skenaarioilla lasketut syöttötariffien määrät (miljoonaa euroa)

Tuet eri skenaarioilla (milj. €)	2011-2015	2016-2018	2019-2024	2025-2030	Yhteensä	Hinta €/ kVA	Kokonaismäärä
Matalaskenaario	269	396	718	160	1 543	1 682	4 206
Perusskenaario	260	359	543	85	1 248	1 360	3 401
Korkeaskenaario	227	225	87	0	540	589	1 472
<b>Voimalaitokset</b>	<b>Nimellisteho yhteensä (milj. kVA)</b>						
1.1.2011-16.6.2015 hyväksytyt	0,917						
Tulevat päätökset	1,582						
Yhteensä	2,5						

Seuraava kuvio 2. selventää graafisesti tariffimäärien kehitystä eri ajanjaksoilla ja eri skenaarioilla. Kuvio 2. on tehty tässä tutkielmassa ja se pohjautuu taulukossa 3 laskettuihin lukuihin. Tariffimäärät ovat korkeimmillaan järjestelmän elinkaaren keskivaiheilla. Se johtuu syöttötariffin 12 vuoden määräajasta, koska järjestelmässä mukana olevia voimalaitoksia näyttäisi taulukon 3 ja kuvion 2 mukaan olevan eniten ajalla 2019–2024.



**Kuvio 2.** Tariffimäärät eri ajanjaksoilla ja eri skenaarioilla (miljoonaa euroa)

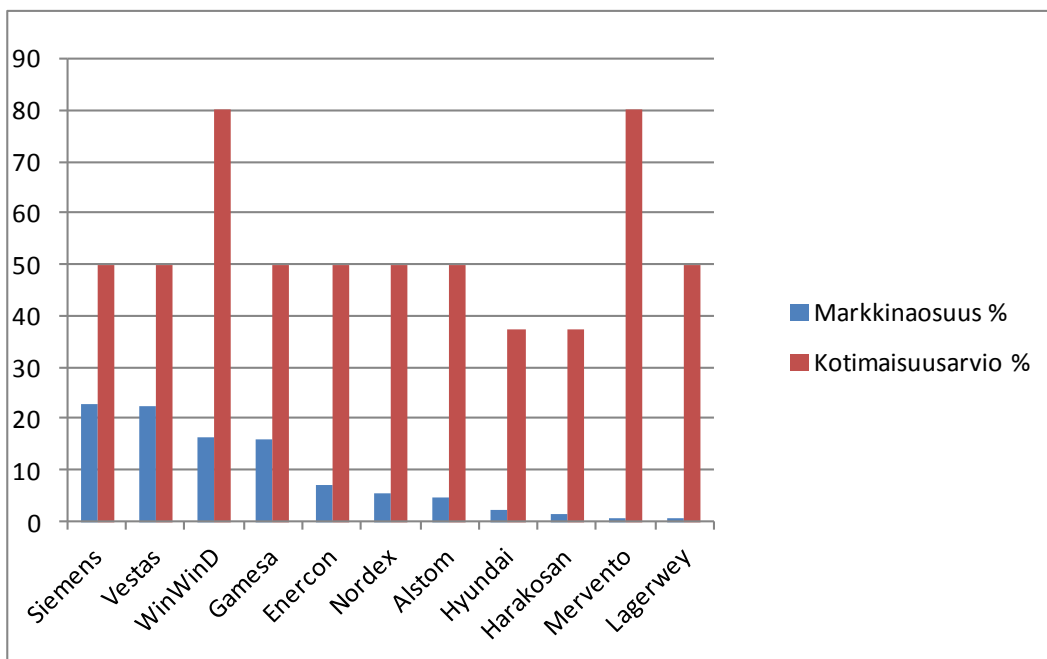
### 7.1. Maksettavien syöttötariffien jakautuminen

Tuulivoimahankkeet ovat laajoja investointeja, joihin osallistuu paljon erilaisia yrityksiä ja toimijoita. Suurimmat tuulivoimalatoimittajat Suomessa vuoden 2013 loppuun mennessä ovat olleet Siemens 22,8 %, Vestas 22,3 %, WinWinD 16,3 %, Gamesa 16,1 %, Enercon 7,2 %, Nordex 5,4 % ja Alstom 4,7 %. Pienempiä valmistajia ovat esimerkiksi Hyundai 2,2 %, Harakosan 1,3 %, Mervento 0,8 %, Lagerwey 0,6 % sekä monia muita, mutta pienemmät jätetään huomioimatta tässä tutkielmassa. (Turkia & Holttinen 2014.)

Kuvio 3. on tehty tässä tutkielmassa ja se kuvaa suurimpien Suomessa toimivien tuulivoimalatoimittajien markkinaosuuksia ja kotimaisuutta vuoden 2013 loppuun saakka. Markkinaosuudet ovat samat kuin yllä olevat Turkian & Holttisen (2014) mukaan. Kotimaisuusarvio perustuu pääasiassa kappaleessa 5.1. esitettyyn Työ- ja elinkeinoministeriön (2009a) selvitykseen, jonka mukaan tuulivoimalan kotimaisuus on noin 35–40 %, kun se on ulkomaista valmistetta, mutta sisältää kotimaista teknologiaa, noin 50 % kun se on ulkomaista valmistetta kotimaisella teknologialla ja noin 80 % kun se on kotimaista valmistetta kotimaisella teknologialla.

Niiden mukaan on arvioitu jokaiselle kuviossa 3 olevalle toimittajalle kotimaisuus sen mukaan, paljonko sillä on toimintaa Suomessa. Työ- ja elinkeinoministeriön (2009a) arvion lisäksi on otettu huomioon Tilastokeskuksen (2015b) määritelmä kotimaisuudesta. Sen mukaan *"Talousyksikön sanotaan olevan kotimainen jossain maassa silloin, kun sillä on taloudellisen mielenkiinnon keskus tuon maan alueella – so. kun se osallistuu pitemmän ajanjakson (yhden vuoden tai kauemmin) tämän alueen taloudelliseen toimintaan."*

Lisälähteenä on käytetty yritysten internet-sivuja sekä Yritys- ja yhteisötietojärjestelmän tietoja, joiden perusteella on arvioitu yritysten toiminnan määrää Suomessa. Harakosanin toimintaa Suomessa on arvioitu ainoastaan Turkian & Holttisen (2014) markkinaosuuden ja Työ- ja elinkeinoministeriön (2009a) kotimaisuusarvion mukaan. Yrityksen toiminnasta Suomessa ei ole löydettävissä tarkempaa tietoa, joten tässä tutkielmassa käytetään Harakosanin osalta pienintä kotimaisuusastetta 35–40 %:ia. (NWE Sales Oy 2015; Mervento 2015; Siemens osakeyhtiö 2015; Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e, 2015f, 2015g.)



**Kuvio 3.** Suurimmat voimalaitosvalmistajat Suomessa ja niiden kotimaisuusarviot sekä markkinaosuudet

Markkinaosuuksilla painotettu keskiarvo voimalaitosten kotimaisuudelle on 54,7 % kuvion 3 lukujen perusteella. Tämä on lähellä Laasosen (2015) arviota, jonka mukaan tuulivoiman syöttötariffina maksetuista rahavirroista kotimaisille toimijoille jää noin 59 %. Koska arviot saattavat poiketa todellisuudesta, käytetään tässä tutkielmassa näiden kahden arvion aritmeettista keskiarvoa, joka on 56,85 %. (Tilastokeskus 2015d.)

Taulukko 4 on tehty tässä tutkielmassa ja siinä on aiemmin esiteltyjen kokonaissyöttötariffiennusteiden avulla lasketut Suomeen ja ulkomaille päätyvien syöttötariffien osuudet sekä kotimaisen työn osuus maksettavista tariffeista. Kotimaan osuus syöttötariffeista on aiemmin tässä luvussa esitelty 56,85 %, josta luvussa 5.1. esitellyn Laasosen (2015) arvion mukaan kotimaisen työn osuus on 76 %. Matalaskenaarion yli 4,2 miljardin euron kokonaissyöttötariffista Suomeen jäävä osuus olisi noin 2,39 miljardia euroa, josta työn osuus on yli 1,8 miljardia euroa. Ulkomaille päätyvän pääoman suora osuus olisi matalaskenaariorissa noin 1,8 miljardia euroa. Tässä laskelmassa ei oteta huomioon tuulivoiman ansiosta saatavaa tuonnin vähenemistä.

Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) mukaan todennäköisimmin toteutuvaksi skenaarioksi arvioiman perusskenaarion mukaan kokonaissyöttötariffista jäisi Suomen osuudeksi yli 1,93 miljardia euroa, josta työn osuus on yli 1,46 miljardia. Ulkomaille päätyvä osuus olisi noin 1,46 miljardia.

Korkeaskenaarion kokonaissyöttötariffin määrällä laskettu Suomeen jäävä osuus on yli 837 miljoonaa euroa, josta työn osuus yli 636 miljoonaa. Ulkomaille korkeaskenaariossa päätyisi noin 635 miljoonaa euroa, mutta todennäköisimmin toteutuvia skenaarioita ovat matala- ja perusskenaariot. Taulukosta 4 näkee suurimman osan tuulivoimaan käytetyistä verovarosta jäävän kotimaahan ja etenkin kotimainen työllisyysvaikutus on huomattava, hieman suurempi kuin suoraan ulkomaille päätyvien tariffien määrä. (Pöyry Management Consulting Oy 2015.)

Jäljempänä tässä tutkielmassa kotimaisuusarviot saattavat vielä nousta näistä luvuista, kun otetaan laskelmiin mukaan tuulivoimalla tuotetun sähkön aikaansaama tuonnin väheneminen. Taulukko 4. ottaa huomioon pelkät suorat vaikutukset.

**Taulukko 4.** Suomeen ja ulkomaille päätyvät osuudet sekä kotimaisen työn osuus syöttötariffeista eri skenaarioissa (miljoonaa euroa)

Skenaario	Kokonaistariffimäärä	Suomen osuus 56,85 %	Kotimaisen työn osuus 76 %	Ulkomaille päätyvä osuus
Matala	4 206	2 391	1 817	1 815
Perus	3 401	1 933	1 469	1 467
Korkea	1 472	837	636	635

## 8. MITÄ TUULIVOIMALLA VOIDAAN KORVATA?

Suorien vaikutusten lisäksi syöttötariffijärjestelmän taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttaa myös mitä energianhankintamuotoja tuulivoimalla voidaan korvata. Tässä kappaleessa käydään läpi laajemman tuulivoiman käytön edellytykset eli säätövoima ja älykkäät sähköverkot. Tuulivoimalla pyritään korvaamaan pääasiassa sähkön tuontia ja lisäämään energiaomavaraisuutta. Tässä kappaleessa luodaan katsaus tuulivoimalla aikaansaatavaan tuonnin vähenemiseen ja mahdolliseen viennin kasvattamiseen (Motiva 2015).

### 8.1. Vesivoima Suomessa ja säätövoiman käyttö

Merkittävä uusiutuva sähköntuotantomuoto Suomessa on vesivoima. Vesivoimalaitoksia on Suomessa yli 220 ja niiden yhteenlaskettu teho on noin 3 100 MW:ia. Vesivoiman osuus sähkön kokonaistuotannosta Suomessa on noin 10–20 % vuodessa riippuen vesitilanteesta. Vesivoiman etuna on mahdollisuus varastoida vettä suuriin varastoaltaisiin ja käyttää tarpeen mukaan sähkönkulutuksen huippuajankohtina. Sääolosuhteet vaikuttavat kuitenkin jonkin verran vesivoimantuotantoon, sillä vähäsateisina vuosina varastoitavasta vedestä saattaa olla pulaa. (Energiateollisuus ry 2015b.)

Suurin osa vesivoimapotentialista on jo käytössä, mutta jonkin verran sen kapasiteettia pystytään lisäämään tulevaisuudessa, etenkin nykyisten voimaloiden tehonnostojen avulla. Vesivoima on kuitenkin merkittävä sähköntuotantomuoto erityisesti sen säätövoiman vuoksi. Sähköverkkojen on voitava reagoida kulutuksen ja tuotannon vaihteluihin pitkällä ja lyhyellä aikavälillä. Vesistöjen säännöstelyllä sähköntuotantoa voidaan siirtää kulutusta vastaaviin aikoihin. Nopean ja helpon säädettävyytensä ansiosta vesivoima on parasta ja edullisinta säätövoimaa. (Energiateollisuus ry 2015b; Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015c.)

Säätövoimalla tarkoitetaan nopeasti käynnistettävää sähköntuotantomuotoa, jolla voidaan tasata hetkittäistä vaihtelua kulutuksessa ja muussa tuotannossa. Säätövoima on kuitenkin eri asia kuin varavoima. Varavoima tarkoittaa, että sähköjärjestelmän on kestävä suurimman voimalaitoksen irtoaminen sähköntuotannosta, vuonna 2012 suurin oli 1 300 MW:n voimala. Tuulivoimaloilla ei ole vaikutusta varavoiman kapasiteettiin, koska suurimmat tuulipuistot eivät ole yhtä suuria kuin isoimmat yksittäiset voimalaitokset ja tuuliolosuhteet ovat kohtuullisesti ennustettavissa noin 1-2 päivää etukäteen. Vuoteen 2020 mennessä suunnitellun tuulivoimarakentamisen aiheuttaman lisäsäädön tarve on noin 80–160 MW:ia ja se pystytään kattamaan suunnitelluilla vesivoiman tehonnostoilla. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2015c.)

## 8.2. Älykkäät sähköverkot

Tuulivoiman ja muiden vaikeasti ennustettavien energianlähteiden tehokkaamman hyödyntämisen edellytyksenä ovat älykkäiden sähköverkkojen kehittyminen ja etenkin älykkään mittausjärjestelmän tarjoamat paremmat kysynnän joustomahdollisuudet. Tulevaisuudessa esimerkiksi sähköautojen akkujen lataaminen tai lämminvesivaraajan lämpötilan nostaminen tapahtuvat silloin, kun sähköstä on ylitarjontaa tai alikysyntää eli kun sähkön hinta on pienimmillään. Älykkäiden sähköverkkojen ja mittausjärjestelmän käyttö tehostaa tuotantoresurssien käyttöä ja hillitsee hintavaihtelua. (Energiateollisuus ry 2015c.)

Älykkäälle sähköverkolle tärkeä osa on älykäs energiamittari, sillä toiminta on kaksisuuntaista. Erona aikaisempaan on energian virtaaminen molempiin suuntiin hajautetun tuotannon myötä ja myös tiedonsiirron toimiminen verkkoyhtiöstä asiakkaan suuntaan sekä toisinpäin. Tiedonsiirron kehittyminen mahdollistaa paremman verkonhallinnan verkon käyttötavan muuttuessa eli älykkäällä sähköverkolla tarkoitetaan erityisesti verkon älykästä käyttöä. (Energiateollisuus ry 2015c.)

EU:n ympäristötavoitteiden toteutumisen edellytyksenä on älykkäiden sähköverkkojen kehittäminen. Myös Euroopan komission sähkömarkkinoiden integraatiolle,

kilpailukyvyille ja toimitusvarmuudelle asettamia tavoitteita tuetaan älykkäiden sähköverkkojen avulla. Lisäksi kansalaisten hyvinvoinnin ja työpaikkojen odotetaan lisääntyvän sekä energiankäytön odotetaan tehostuvan. Sähköverkon älykkyyttä lisäämällä mahdollistetaan myös pienimuotoisen kiinteistökohtaisen energiantuotannon kasvu, samalla parantuvat sähkönjakelun luotettavuus ja käyttövarmuus. (Energiateollisuus ry 2015c.)

Suomen sähköverkko on jo melko älykäs. Esimerkiksi automaattinen vianpaikannus ja -erotus, verkon käytön optimointi ja etäluettavat mittarit ovat toiminnassa Suomessa. Älykäs energiamittari ja kaksisuuntainen tiedonsiirto asiakasliittymän ja verkon välillä ovatkin älykkään verkon keskeinen toiminto. Ne mahdollistavat tuulivoimalla tuotetun sähkön paremman hyödyntämisen huolimatta sen kohtuullisen vaikeasta ennustettavuudesta. (Energiateollisuus ry 2015c.)

### 8.3. Sähkön tuonnin vähentäminen tuulivoimalla

Ympäristövaikutusten lisäksi tuulivoimalla pyritään korvaamaan pääasiassa tuontisähkön käyttöä eli lisäämään Suomen energiaomavaraisuutta. Tässä kappaleessa verrataan tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän aikaansaaman tuulivoiman tuotannon lisääntymisen vaikutusta tuonnin vähentämiseen. Aiheesta laaditut arviot mm. hintakehityksestä kotimaassa sekä ulkomailla vaihtelevat melko paljon, joten mahdollisimman hyvin todellisuutta kuvaavan arvion saamiseksi lasketaan tässä kappaleessa erilaisia analyysejä käyttäen eri skenaarioita sähkön markkinahintojen kehityksestä. (Motiva 2015.)

Tutkielmassa on koottu taulukkoon 5 sähkön hankinnan ja kulutuksen lukuja vuosilta 2009 ja 2012 sekä arviot niiden kehittymisestä vuoteen 2020 ja 2030. Vuosien 2009 ja 2012 luvut ovat Suomen virallisen tilaston (2010) ja (2013b) mukaiset. Ennusteet vuosille 2020 ja 2030 perustuvat Pursiheimon, Koljosen, Honkatukian, Lehtilän, Airaksisen, Flyktmanin, Sipilän & Helysen (2013: 20) ja Työ- ja elinkeinoministeriön (2009c) arvioihin. Sähkön kokonaiskulutuksen on arvioitu kasvavan vain hitaasti, noin

91 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä ja noin 100 TWh:iin vuoteen 2030 mennessä. Sähkön tuotannon on arvioitu kasvavan voimakkaammin kuin kulutuksen, samalla sähkön tuonti vähenee voimakkaasti. Erityisesti ydinvoiman osuus sähköntuotannosta kasvaa, mutta myös tuulivoima lisääntyy huomattavasti syöttötariffijärjestelmän ansiosta ja vuoteen 2030 mennessä on arvioitu, että Suomesta viedään enemmän sähköä kuin tuodaan. Vientiä olisi arvion mukaan noin 7 TWh:ia vuodessa vuonna 2030. Kulutuksen ja tuotannon vaihtelun vuoksi luvut saattavat kuitenkin vaihdella todellisuudessa.

**Taulukko 5.** Sähkön hankinta ja kulutus tuotantomuodoittain sekä niiden arvioitu kehittyminen sekä sähkön tuonti ja vienti

Hankinta ja kulutus TWh	2009	2012	2020	2030
Sähkön Kokonaiskulutus	81,3	85,1	91	100
Sähkön tuotanto	69,2	67,7	82	107
Tuulivoima	0,3	0,5	6	9
Vesivoima	12,6	16,7	13	15
Ydinvoima	22,6	22,1	34	55
Lauhdevoima	9	5,2	4	3
Sähkön ja lämmön yhteistuotanto	24,8	23,3	25	25
Tuonti	12,1	17,4	9	
Vienti				7

Vertailun vuoksi taulukkoon 6 on laskettu tuonnin tarve sekä vuosikustannus olettaen, että tuulivoimaa ei tuotettaisi lainkaan muiden arvojen pysyessä samana kuin taulukossa 5. Taulukko 6. on tehty tässä tutkielmassa jättämällä tuulivoiman osuus pois taulukosta 5. Vuoden 2009 arvot on laskettu sähkön markkinahintojen aritmeettisella keskiarvolla 37,87 €/ MWh, joka on laskettu Energiaviraston (2015a) mukaan ajalla 1.7.2011–31.3.2015 toteutuneiden sähkön markkinahintojen keskiarvoista. Vuoden 2012 luvussa on käytetty aritmeettistä keskiarvoa 36,65 €/ MWh, joka on laskettu Energiaviraston (2015a) mukaan vuonna 2012 toteutuneiden sähkön markkinahintojen keskiarvoista.

Vuosien 2020 ja 2030 tuonnin vuosikustannukset on laskettu erilaisilla sähkönmarkkinahinnoilla ja diskontattu nykyhetkeen kaavan (7) mukaan. Matalaskenaarion hinnat perustuvat Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) arvioihin eli 22 €/ MWh vuonna 2020 ja 29 €/ MWh vuonna 2030. Perusskenaarion

hintana on käytetty Työ- ja elinkeinoministeriön (2012: 19) arvioita Pohjoismaisesta systeemihinnasta, joka on noin 46 €/ MWh vuonna 2020 ja noin 50 €/ MWh vuonna 2030. Korkeaskenaarion hintana on myös Työ- ja elinkeinoministeriön (2012: 19) mukainen Saksan aluehinta, koska sen on arvioitu olevan melko korkea, noin 52 €/ MWh vuonna 2020 ja noin 63 €/ MWh vuonna 2030.

Taulukko 6. osoittaa, että sähkön tuontiluvut pysyisivät positiivisina ilman tuulivoimaa, vaikkakin laskevat kuitenkin huomattavasti ydinvoiman lisäyksen johdosta. Vuonna 2030 tuontia olisi vielä 2 terawattituntia vuodessa, joka nykyrahassa olisi noin 39–85 miljoonaa euroa vuodessa. Todennäköisin olisi perusskenaarion mukainen eli 68 miljoonan euron vuosikustanteinen sähkön tuonti. Verrattaessa taulukoita 5 ja 6 huomaa, että tuulivoiman lisäämisellä 9 TWh:iin vuoteen 2030 mennessä sähkön tuonti saataisiin käännettyä vienniksi. Taulukon 6 laskemisessa on käytetty taulukon 5 tietoja sähkön tuotannosta ja kulutuksesta. Niiden perusteella on laskettu arviot tuonnista, mikäli tuulivoimaa ei tuotettaisi lainkaan muiden arvojen pysyessä ennallaan.

**Taulukko 6.** Sähkön tuonnin tarve ja vuosikustannus ilman tuulivoimaa eri skenaarioissa (miljoonaa euroa)

Vuosi	2009	2012	2020	2030
Tuonnin tarve ilman tuulivoimaa TWh	12,4	17,9	15	2
Vuosikustannus eri skenaarioissa (milj. €)				
Matalaskenaario	469	656	290	39
Perusskenaario	469	656	606	68
Korkeaskenaario	469	656	685	85

Taulukkoon 7 on laskettu vuodelle 2020 arvioitu tuonnin arvo sekä vuodelle 2030 arvioitu viennin arvo diskontattuna nykyhetkeen. Taulukko on laskettu tässä tutkielmassa. Vuoden 2020 arviot on laskettu samoilla hinnoilla kuin taulukossa 6 ja vuoden 2030 vientiarviot on laskettu Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) arvioilla Suomen aluehintojen kehityksestä, eli matalaskenaarion hinta on 29 €/ MWh, perusskenaarion hinta on 55 €/ MWh ja korkeaskenaarion hinta on 88 €/ MWh.

Taulukoiden 6 ja 7 vertaaminen selventää tuulivoiman vaikutusta sähkön tuontiin ja vientiin. Ilman tuulivoimaa sähkön tuonnin arvo olisi vuonna 2020 perusskenaarion mukaan noin 606 miljoonaa euroa ja tuulivoiman kanssa noin 363 miljoonaa euroa.

Vuoteen 2030 mennessä sähkön tuonti saadaan käännettyä vienniksi, mikäli 9 TWh:in tuulivoimataavoitteeseen päästään. Tällöin sähkön vienti perusskenaariossa on noin 7 TWh:ia eli yli 261 miljoonaa euroa, kun ilman tuulivoimaa sähköä jouduttaisiin tuomaan 2 TWh:ia vuodessa, jolloin ulkomaille menevän rahan osuus olisi noin 68 miljoonaa euroa.

**Taulukko 7.** Arvioidut tuonnin ja viennin arvot eri skenaarioissa vuosina 2020 ja 2030 diskontattuna nykyhetkeen (miljoonaa euroa)

Tuonti ja vienti vuosikustannus diskontattuna	Tuonti 2020	Vienti 2030
Matalaskenaario	173	137
Perusskenaario	363	261
Korkeaskenaario	411	417

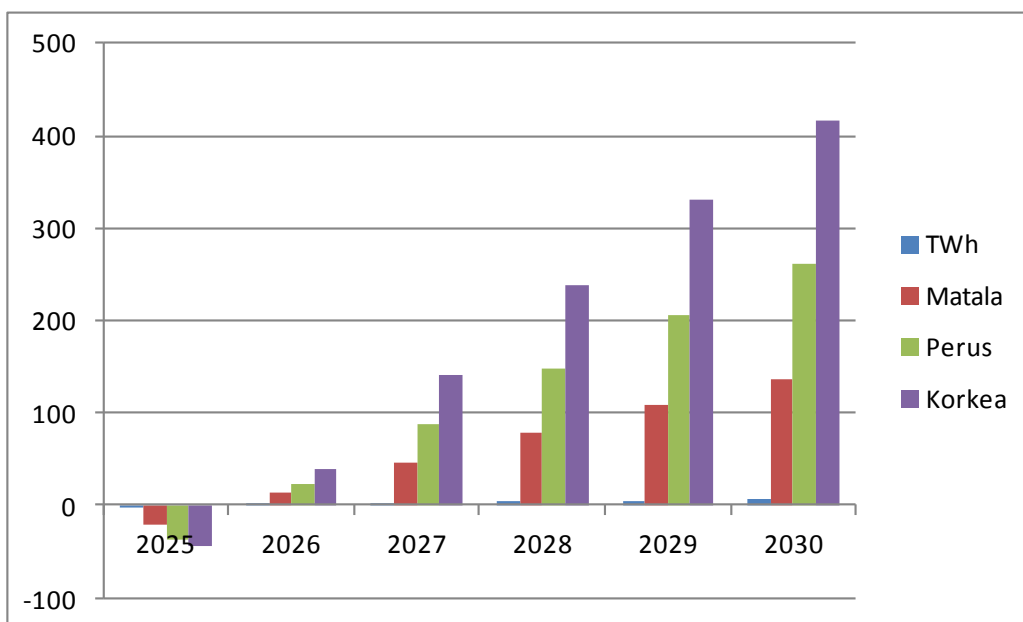
Taulukkoon 8 on laskettu arvio, miten nopeasti tuonti vähenee ja lopulta kääntyy vienniksi. Laskelma on tehty tässä tutkielmassa taulukon 5 tietojen mukaan ja kehityksen oletetaan olevan melko tasaista. Laskelman mukaan käänne tapahtuu vuosien 2025–2026 välillä ja siitä eteenpäin viennin arvo nousee, ollen perusskenaarion mukaan noin 261 miljoonaa euroa vuonna 2030. Taulukkoon on laskettu myös vuoteen 2030 mennessä saatu viennin yhteenlaskettu arvo, joka perusskenaariossa on noin 728 miljoonaa euroa. Luvut on diskontattu nykyhetkeen kaavan (7) mukaan.

Laskelmassa on käytetty vuoden 2025 osalta matalaskenaariossa Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) hintaa ja Työ- ja elinkeinoministeriön (2012: 19) arviota pohjoismaisesta systeemihinnasta perusskenaariossa ja Saksan aluehinnasta korkeaskenaariossa. Vientihinnat vuosina 2026–2030 ovat Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) skenaariohintojen mukaan laskettu.

**Taulukko 8.** Sähkön tuonnin kehittyminen vienniksi eri skenaarioissa sekä vuoteen 2030 mennessä yhteenlaskettu viennin arvo diskontattuna nykyhetkeen (miljoonaa euroa)

Tuonnin kehittyminen vienniksi (milj.€)							Yhteensä vuoteen 2030 mennessä
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
TWh	-1	0,6	2,2	3,8	5,4	7	
Matala	-22	13	46	78	108	137	382
Perus	-36	24	88	149	206	261	728
Korkea	-45	39	141	238	330	417	1165

Alla kuvio 4. esittää graafisesti tuonnin kehittymistä vienniksi eri skenaarioissa aikavälillä 2025–2030. Kuvio 4. on tehty tässä tutkielmassa taulukon 8 mukaan. Kuvio 4. selventää tuulivoiman rahallista arvoa Suomen sähkön hankinnassa. Kuviossa vuonna 2025 sähköä tuodaan Suomeen ulkomailta enemmän kuin viedään ja vuodesta 2026 alkaen sähköä viedään enemmän kuin tuodaan, perusskenaarion mukaan noin 261 miljoonan euron arvosta vuonna 2030. Vaikka perusskenaario onkin todennäköisin, niin laskelmien perusteella kaikilla skenaarioilla näyttäisi tuulivoimasta olevan taloudellista hyötyä.



**Kuvio 4.** Tuonnin ja viennin kehitys eri skenaarioissa aikavälillä 2025–2030

Taulukko 9. kuvaa tuulivoimalla aikaansaadun viennin vaikutusta ulkomaille päätyvien syöttötariffien määrään verrattuna sähkön tuonnin arvoon, jos tuulivoimaa ei tuotettaisi lainkaan. Kappaleen 7. taulukossa 4 on laskettu suorat osuudet, jotka maksettavista syöttötariffeista jäävät kotimaahan, kotimaiseen työvoimaan ja päätyvät ulkomaille. Laskelmien mukaan ulkomaille päätyvä osuus kokonaissyöttötariffista on noin 43,15 %.

Taulukossa 9 otetaan lisäksi huomioon viennin vaikutus verrattuna tilanteeseen, jossa tuulivoimaa ei tuotettaisi lainkaan. Vähennettäessä vuoteen 2030 mennessä tuulivoimalla aikaansaatu vienti suorasta ulkomaille päätyvästä tariffista, laskee

ulkomaille päätyvä osuus kokonaissyöttötariffista noin 34 %:iin matalaskenaariossa ja noin 21 %:iin perusskenaariossa. Laskelman mukaan korkeaskenaariossa ulkomaille ei päädy lainkaan rahaa, mutta korkeaskenaario ei ole todennäköisimmin toteutuva (Pöyry Management Consulting Oy 2015).

Huomioitavaa taulukossa 9 on erityisesti tuonnin arvo ilman tuulivoimaa vuonna 2012–2030 verrattuna ulkomaille päätyvään osuuteen, josta on viennin arvo vähennetty. Todennäköisimmin toteutuvan perusskenaarion mukaan tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän vuoksi ulkomaille päätyy tukirahaa noin 739 miljoonaa euroa vuoden 2030 loppuun mennessä, mikä on kuitenkin paljon vähemmän kuin, jos tuulivoimaa ei tuotettaisi lainkaan. Tällöin sähkön tuonnin arvo olisi noin 7,531 miljardia euroa eli noin 6,792 miljardia euroa enemmän ulkomaille päätyviä rahavirtoja (tuontikustannus) kuin tuulivoiman tukijärjestelmän mukaisessa tilanteessa.

Matalaskenaarion mukaan ulkomaille päätyvä osuus olisi noin 3,403 miljardia euroa enemmän ilman tuulivoimaa kuin syöttötariffijärjestelmän mukainen 1,433 miljardin ulkomaanosuus vähennettynä viennin arvolla. Korkeaskenaarion mukaan ulkomaille ei päätyisi enää nettomääräisiä rahavirtoja kun viennin arvo otetaan huomioon. Ilman tuulivoimaa laskettu ulkomaille päätyvä tuontikustannus olisi korkeaskenaariossa noin 8,789 miljardia euroa ja samalla hävittäisiin myös kotimaahan tuleva viennin arvo, noin 530 miljoonaa euroa. Todennäköisimmin toteutuvat ovat kuitenkin perusskenaario tai perus- ja matalaskenaarion välimuotoa vastaava tilanne (Pöyry Management Consulting Oy 2015).

Taulukko 9. on laadittu tässä tutkielmassa. Vienti vuoteen 2030 mennessä on sama kuin taulukossa 8. Ulkomaiden osuus tariffeista perustuu samoihin lukuihin kuin taulukossa 4, näiden kahden erotuksena on saatu ulkomaiden osuus ilman vientiä. Tuonnin kustannukset ilman tuulivoimaa on laskettu vähentämällä taulukon 6 sähkön tuotantoluvuista tuulivoiman osuus ja kertomalla tarvittava tuontimäärä sähkön markkinahinnalla. Hintoina on käytetty toteutuneiden osalta Energiaviraston (2015a) tietoja ja tulevat kustannukset matalaskenaarion osalta on laskettu Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) hinnoilla. Perus- ja korkeaskenaarion hintoina on käytetty Työ-

ja elinkeinoministeriön (2012: 19) arvioita pohjoismaisesta systeemihinnasta ja Saksan aluehinnasta.

**Taulukko 9.** Sähkön vienti tuulivoiman ansiosta verrattuna tuontiin ilman tuulivoimaa sekä vaikutus ulkomaille päätyvän pääoman osuuteen. Tulevat kassavirrat diskontattu nykyhetkeen (miljoonaa euroa)

Ulkomaiden osuus tariffista	Vienti vuoteen 2030 mennessä	Ulkomaiden osuus - vienti	Tuonti ilman tuulivoimaa 2012-2030
1 815	382	1 433	4 836
1 467	728	739	7 531
635	1 165	-530	8 789

8.4. Tuulivoiman lisäyksen vaikutus vaihtotaseeseen, vientiin ja tuontiin verrattuna vuoden 2013 lukuihin

Luvussa 5. esiteltiin mm. talouden tunnuslukuja, joihin tuulivoiman lisäys vaikuttaa. Tässä luvussa tarkastellaan tarkemmin niistä vaihtotasetta sekä vientiä ja tuontia laskemalla niille arvioita vuosille 2013 ja 2030 taulukossa 10.

Taulukossa 10 alla verrataan vuodelle 2030 arvioidun tuulivoiman lisäyksen vaikutusta vertailuvuoden 2013 vaihtotaseeseen, vientiin ja tuontiin eri skenaarioissa. Tarkoituksena taulukolla 10 on esimerkin avulla hahmottaa millainen tilanne olisi ollut vuonna 2013, mikäli tuulivoimaa olisi tuotettu yhtä paljon kuin on tavoitteena tuottaa vuonna 2030.

Taulukon 10 laskelmat on tehty tässä tutkielmassa. Taulukossa tuonnin, viennin ja vaihtotaseen arvot vuodelle 2013 perustuvat Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry:n (2015) arvioimiin lukuihin. Vuoden 2030 viennin arvot on laskettu lisäämällä vuoden 2013 tavaraviennin arvoon taulukossa 7 esiteltyt sähkön viennin hinnat vuonna 2030. Vuoden 2030 tuontikustannus on saatu vähentämällä vuoden 2013 sähkön tuonnin arvo vuoden 2013 tavaratuonnista. Vuoden 2013 sähkön tuonnin arvo perustuu Suomen virallisen tilaston (2013a) arvioon, jonka mukaan tuontia on 19 %:ia kokonaiskulutuksesta 83,9 TWh:ia eli 15,941 TWh:ia vuonna 2013. Megawattitunteina

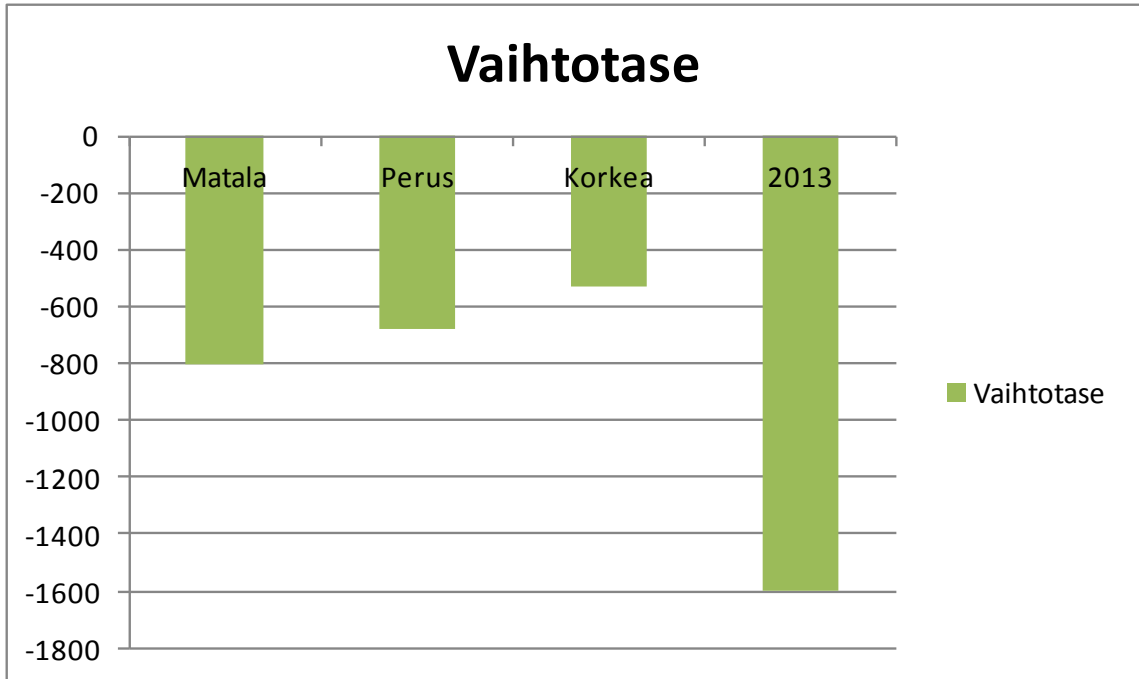
se on 15941000, joka kerrottuna Energiaviraston (2015a) mukaisella vuoden 2013 sähkön markkinahinnan keskiarvolla 41,16 €/ MWh saa arvon 656 miljoonaa euroa.

Todennäköisimmin toteutuvan perusskenaarion mukaan vaihtotaseen alijäämä olisi pienentynyt 1,6 miljardista eurosta 683 miljoonaan euroon. Tuonnin ja viennin erotus on tuulivoiman ansiosta enää noin 1,38 miljardia euroa, kun se vuonna 2013 oli noin 2,3 miljardia euroa.

**Taulukko 10.** Vuodelle 2030 arvioitu tuulivoiman lisäyksen vaikutus vertailuvuoden 2013 vaihtotaseeseen, vientiin ja tuontiin eri skenaarioissa. Viennin 2030 arvo diskontattu nykyhetkeen (miljoonaa euroa)

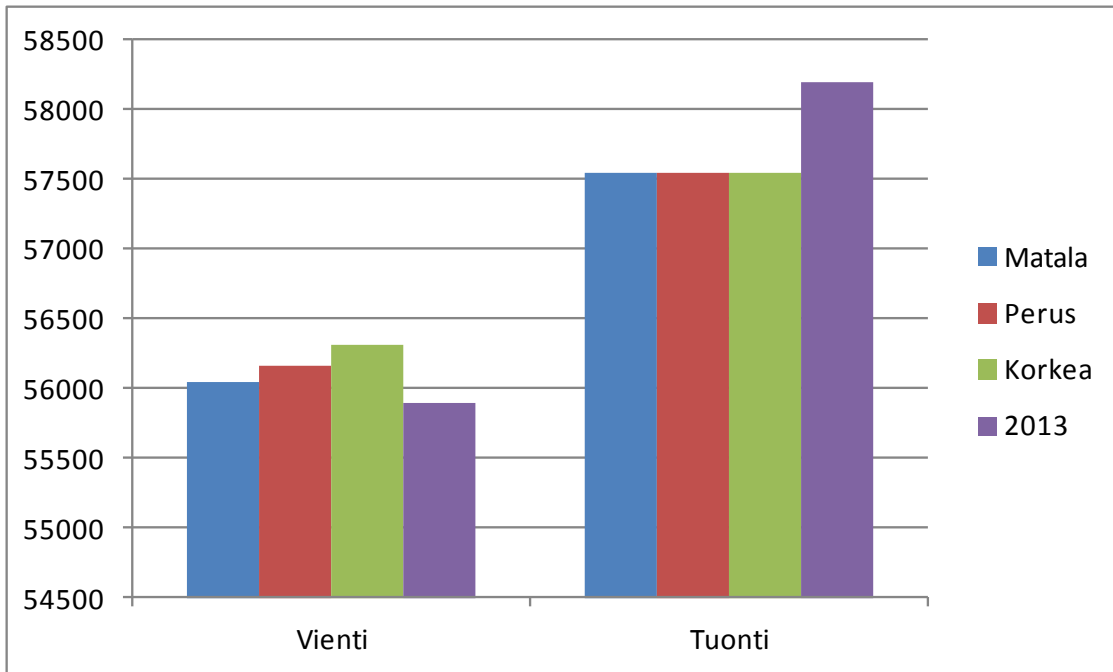
	2013	2030
<b>Tuonti (tavara)</b>		
Matala	58 200	57 544
Perus	58 200	57 544
Korkea	58 200	57 544
<b>Vienti (tavara)</b>		
Matala	55 900	56 037
Perus	55 900	56 161
Korkea	55 900	56 317
<b>Vaihtotase</b>		
Matala	-1 600	-807
Perus	-1 600	-683
Korkea	-1 600	-527

Kuvio 5. alla esittää graafisesti vaihtotaseen alijäämän pienenemistä eri skenaarioissa verrattuna vuoden 2013 tilanteeseen. Kuvion mukaan tuulivoiman vaikutus vaihtotaseeseen on myönteinen verrattuna vuoden 2013 tilanteeseen, kun muut muuttujat pysyvät samana. Kuvio 5. on tehty tässä tutkielmassa taulukon 10 tiedoilla.



**Kuvio 5.** Vuodelle 2030 asetetun tuulivoima-tavoitteen vaikutuksen vertaus verrokkivuoden 2013 vaihtotaseeseen (miljoonaa euroa)

Kuvio 6. esittää graafisesti tuulivoimalle vuodelle 2030 asetetun tavoitteen vaikutuksia tuonnin ja viennin lukuihin verrattuna vuoden 2013 lukuihin. Kuviosta näkee, että tuontia pystytään pienentämään ja vientiä suurentamaan tuulivoimalla. Suomelle on tärkeää saada lisää vientiä ja toisaalta pienentää tuonnin osuutta. Kuvio 6 on muodostettu tässä tutkielmassa taulukkoon 10 lasketuilla luvuilla.



**Kuvio 6.** Vuodelle 2030 asetetun tuulivoima-tavoitteen vaikutusten vertaus verrokkivuoden 2013 vientiin ja tuontiin (miljoonaa euroa)

## 9. TURVETUOTANTO VERRATTUNA TUULIVOIMAAN

Turve on ollut tärkeä kotimainen polttoaine 1970-luvulta lähtien, alan vuosittainen liikevaihto on noin 300 miljoonaa euroa ja työllistävyys suoraan sekä välillisesti on noin 10 150 henkilötyövuotta. Turpeen hinta on melko tasainen ja turpeella korvataan fossiilisia tuontipolttoaineita. Turpeen käyttö vahvistaa myös energijärjestelmän huoltovarmuutta, koska se on varastoitavissa pitkäaikaisiin varastoihin huonon turvevuoden varalle. Suomessa on paljon turvemaita, joista noin 1,2 miljoonan hehtaarin on arvioitu soveltuvan turvetuotantoon. Energiaturvetta käytettiin vuonna 2010 noin 26 TWh:ia ja käytön arvellaan laskevan noin 23 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Vuonna 2011 turpeelle määriteltiin vero, joka nousee asteittain. Vuodesta 2011 alkaen vero oli 1,9 €/ MWh, vuonna 2013 4,9 €/ MWh ja vuodesta 2015 eteenpäin 5,9 €/ MWh. Verotuksen kiristyminen on heikentänyt turpeen kilpailukykyä yhdessä päästökaupan kanssa. Turpeen kysyntään vaikuttavat myös muiden energianlähteiden hinnat. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Turpeen turvavarastolaki ja valtioneuvoston asetus tulivat voimaan vuonna 2007. Niiden mukaan Huoltovarmuuskeskus maksaa turpeen toimittajalle korvauksen turvavaraston ylläpidosta. Korvaus on 0,03 €/ MWh/ kk ja maksimissaan 3,6 miljoonaa euroa vuodessa. Järjestelmään kuuluu noin 20 suurinta toimittajaa ja on suurimmillaan noin 12 miljoonaa kuutiometriä eli 10 TWh:ia turvetta. Viime vuosina lain vaikutus on ollut kuitenkin vähäinen, koska sää on ollut sateinen eikä turvetta ole voitu tuottaa varastoon. Varastojen pienuuteen on vaikuttanut myös turpeen kysynnän kasvu aikaisempina vuosina. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Aikaisemmin turvetuotantoa on tuettu erilaisilla valtionavustuksilla, mutta nykyään ainut tukimuoto on de minimis -tuki. De minimis -tukea myönnetään harkinnanvaraisesti turvetta käyttäville voimalaitoksille ja tuen enimmäismäärä kolmen vuoden aikana on 200 000 €/ yritys. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Uusia voimalaitoksia arvioidaan otettavan käyttöön vuoteen 2020 mennessä Jyväskylään, Keravalle, Kuopioon, Lappeenrantaan, Rovaniemelle, Poriin, Mänttään sekä Ouluun. (Leinonen 2010.)

Valtiolle aiheutuvia kustannuksia energiaturve-alasta ovat de minimis -tuet ja turvavarastojen korvaukset. Suunniteltujen uusien voimalaitosten de minimis -tuet olisivat maksimissaan  $8 \cdot 200\,000 = 1\,600\,000$  €. Turvavarastoille maksettujen korvausten summa on maksimissaan 3,6 miljoonaa euroa vuodessa, mutta riippuu paljon sääolosuhteiden vaikutuksesta varastoitavan turpeen määrään. Tässä tutkielmassa on arvioitu turvavarastoille maksettavien korvausten määräksi noin 12 289 000 €. Laskelma on tehty ajalle 2011–2020 ja tulevat kassavirrat on diskontattu nykyhetken kaavan (7) mukaan. Vuosittaiset kassavirrat on arvioitu Excelin satunnaisluku-funktiolla, kun voimalaitoskohtainen korvaus voi vaihdella välillä 0–180 000 €. Vaihteluväli on saatu jakamalla vuosittainen maksimikorvaus 3,6 miljoonaa euroa 20:n varastojen ylläpitävän toimijan kesken. Laskelmassa on huomioitu myös vuosi 2012, jolloin turvavarastoja ei ollut lainkaan. Laskelman mukaan valtiolle aiheutuvat kustannukset ovat yhteensä 13 089 000 € ajalla 2011–2020. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Turpeella on merkittäviä kansantaloudellisia vaikutuksia ja se on kotimainen polttoaine. Työllisyysvaikutuksen (yli 10 000 henkilötyövuotta) lisäksi turpeen arvo kansantaloudelle on vuosittain noin 500 miljoonaa euroa ilman verotuloja. Suorat verotulot ovat arvoltaan noin 100 miljoonaa euroa vuosittain. Turpeella korvataan tuontipolttaineita, vuosittain noin 300 miljoonan euron arvosta. (Salo 2013.)

Turvetuotantoon soveltuvista suoalueista käytössä on vain alle 5 %, joten tuotantoa ja käyttöä pystyttäisiin lisäämään. Ympäristövaikutusten vuoksi alueiden käyttöönotto on kuitenkin luvanvaraista ja hidasta. (Flyktman 2012; Leinonen 2010.)

Taulukko 11. vertaa tuulivoiman ja turvetuotannon vuodelle 2020 arvioituja talouden tunnuslukuja. Taulukosta näkee turvetuotannon olevan edullisempi energianlähde kuin tuulivoima. Valtio tukee tuulivoimaa perusskenaarion mukaan noin 229 miljoonalla

eurolla enemmän kuin turvetuotantoa. Lisäksi turvetuotantoa on arveltu olevan 17 TWh:ia enemmän kuin tuulivoiman tuotantoa vuonna 2020. Valtion avustus per tuotettu terawattitunti on tuulivoimalle yli 40 miljoonaa euroa ja turpeelle noin 569 000 euroa. Tuulivoiman vaikutus energian tuontiin on noin 57 miljoonaa euroa vähäisempi kuin turvetuotannon.

Taulukko 11 on tehty tässä tutkielmassa ja sen tiedot turvetuotannon osalta on esitelty aiemmin tässä kappaleessa. Taulukossa 11 tuulivoiman tuotanto 6 TWh perustuu tutkielman taulukkoon 5. Sen perusteella on laskettu valtion avustus kappaleessa 6 esitellyn kaavan (1) mukaan, käyttäen Pöyry Management Oy:n (2015) perusskenaarion hinta-arviota vuodelle 2020, joka on noin 43 €/ MWh. Tuulivoiman työllisyysvaikutus on Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n (2015g) julkaiseman arvion mukainen. Tuulivoiman vaikutus tuontiin on arvioitu tässä tutkielmassa laskettujen taulukoiden 6 ja 7 avulla. Niiden mukaan ilman tuulivoimaa sähkön tuontia olisi noin 606 miljoonan euron arvosta ja tuulivoiman kanssa noin 363 miljoonan euron arvosta vuonna 2020. Taulukon 11 arvio tuulivoiman vaikutuksesta tuontiin on niiden kahden luvun erotus.

**Taulukko 11.** Tuulivoiman ja turvetuotannon vertaus vuodelle 2020 arvioiduilla talouden parametreilla

2020	Tuulivoima	Turve
Tuotanto TWh	6	23
Valtion avustus	243 000 000,00 €	13 089 000,00 €
Työllisyys htv	11 000	10 150
Vaikutus tuontiin	- 243 000 000,00 €	- 300 000 000,00 €

## 10. KANNATTAVAN TAVOITEHINNAN ARVIOINTI

Syöttötariffijärjestelmän taloudellisen kannattavuuden arvioinnissa on tärkeää ottaa huomioon myös syöttötariffin tavoitehinta ja arvioida millä tasolla tavoitehinnan kannattaa olla, jotta mahdollisimman pienellä tukimäärällä päästäisiin tuulivoiman lisäämisen tavoitteisiin. Arvioinnissa on siis otettava huomioon tuulivoiman syöttötariffijärjestelmän tavoitteet.

Tavoitteena on tuulivoiman määrän kasvattaminen ja sen edellytyksenä investoinnin on oltava kannattava myös tuottajalle. Tällä hetkellä tavoitehintana on 105,30 €/ MWh, enintään 3 vuotta/ voimalaitos. Tavoitehinnasta vähennetään sähkön markkinahinnan kolmen kuukauden keskiarvo ja erotus maksetaan tuottajalle. Vuoden 2016 alusta lukien tavoitehinta laskee 83,50 euroon. Syöttötariffin lisäksi sähköntuottaja saa markkinoilla määräytyvän hinnan myymästään sähköstä, eli kokonaiskorvaus tuottajalle on tavoitehintaa/ MWh. Poikkeuksena tästä on tilanteet, joissa sähkön markkinahinnan 3 kk:n keskiarvo laskee alle 30 euroon/ MWh. Tällöin syöttötariffi on tavoitehintaa - 30 €/ MWh. Mikäli markkinahinta nousee suuremmaksi kuin tavoitehintaa, tuottaja saa pelkän markkinahinnan. Tuottajalla ei ole oikeutta tavoitehintaan, mikäli sähkön markkinahinta on negatiivinen. Tuottaja voi saada syöttötariffia korkeintaan 12 vuotta. (Finlex 2010).

Tässä tutkielmassa tavoitehintaa arvioidaan Datar-Mathews'in Monte Carlo -simulaatiomenetelmän avulla. Menetelmällä lasketaan erilaisten skenaario-arvojen perusteella tuhat mahdollista projektin nykyarvoa. Arviointia varten on laskettu luvun 4. tuulivoiman kustannustiedoilla ja Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) skenaariohinnoilla esimerkkituulivoimalaitos Tuuli-Sisulle investointi- ja käyttökustannukset sekä vuosittainen kassavirta, joka koostuu maksettavasta syöttötariffista ja sähkön markkinahinnasta eli tavoitehinnasta kerrottuna tukeen oikeuttavalla tuotannolla Finlex (2010) säädösten mukaan. Tuuli-Sisu on 3 MW:n voimala, joka on kuvitteellisesti rakennettu vuonna 2014 ja aloittanut tuotannon 1.1.2015, tuottaen tukeen oikeuttavaa sähköä vuosittain 9 100 MWh:ia, arvioitu Energiaviraston (2015b) todellisten päätösten avulla. (Mathews ym. 2007.)

Simulaatioissa käytettävä tuulivoimalan tukeen oikeuttava tuotanto on arvioitu, että 3 MW:in voimala tuottaa vuodessa noin 10 800 MWh:ia sähköä, josta Energiaviraston (2015b) ajalla 1.1.2011–16.6.2015 tehtyjen tariffipäätösten mukaan arvioitua tukeen oikeuttamatonta tuotantoa on noin 1 700 MWh:ia. Tuuli-Sisun tukeen oikeuttava tuotanto olisi noin 9 100 MWh:ia vuodessa. Investointikustannuksiksi on arvioitu kappaleessa 4. esiteltyjen kustannusten mukaan matalaskenaariossa 1 300 €/ kW (3 900 000 € voimala), perusskenaariossa 1 400 €/ kW (4 200 000 € voimala) ja korkeaskenaariossa 1 500 €/ kW (4 500 000 € voimala).

Käyttö- ja ylläpitokustannukset on myös arvioitu kappaleen 4. mukaan olevan noin 2 % investointikustannuksista matalaskenaariossa, 3 % perusskenaariossa ja 4 % korkeaskenaariossa. Kassavirrat on saatu laskemalla voimalaitoksen saama korvaus sähkön tuotannosta. Voimalaitoksen saama korvaus muodostuu sähkön kuluttajien maksamasta sähkön markkinahinnasta sekä valtion maksamasta syöttötariffista, joka on tavoitehinnan ja markkinahinnan erotus. Voimalaitoksen saama kassavirta on samansuuruinen kuin tavoitehintaa kerrottuna tukeen oikeuttavalla tuotannolla, laskettu kaavan (8) mukaan. Kassavirrat lasketaan jokaisessa simulaatiossa samalla tavalla, vain tavoitehintaa muutetaan.

Voimalaitoksen kassavirrat on laskettu seuraavasti:

Kaava 8. (Finlex 2010).

$$\text{Kassavirta} = [(H - \text{€}) + \text{€}] * \text{MWh}$$

H = Tavoitehintaa

€ = Sähkön markkinahinnan ennuste (Pöyry Management Consulting Oy 2015).

MWh = Voimalaitoksen tukeen oikeuttava vuosituotanto megawattitunteina

Simulaatioissa käytettävät voimalaitoksen kustannukset pysyvät samana joka simulaatiossa. Taulukko 12. on laskettu tässä tutkielmassa ja se kuvaa Tuuli-Sisulle aiemmin tässä luvussa esiteltyjen mukaisesti laskettuja kustannuksia eri skenaarioissa. Ensimmäisen vuoden kustannuksia ovat investointikustannukset ja muiden vuosien

kustannuksia ovat käyttö- ja ylläpitokustannukset. Satunnaismuuttujana ovat vuosikustannukset ja satunnaisvaihtelu on tehty Microsoft Office Excelin RAND() -komennolla.

**Taulukko 12.** Tuuli-Sisun kustannukset

		Kustannukset		
Vuosi		Matala	Perus	Korkea
1		3 900 000,00 €	4 200 000,00 €	4 500 000,00 €
2		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
3		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
4		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
5		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
6		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
7		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
8		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
9		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
10		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
11		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
12		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €
13		84 000,00 €	126 000,00 €	168 000,00 €

Tuuli-Sisulle lasketuilla arvioilla on tehty Datar-Mathewsin Monte Carlo -simulaatioita selvittämään kannattavinta tavoitehintaa. Alla oleva taulukko 13. on laskettu tässä tutkielmassa ja se kuvaa todellisilla syöttötariffin tavoitehinnoilla Finlex (2010) mukaan ja Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) sähkön markkinahintojen ennusteilla laskettuja mahdollisia kassavirtoja. Satunnaismuuttujana on kassavirta ja satunnaisvaihtelu on tehty Microsoft Office Excelin RAND() -komennolla. Satunnaisten kustannusten ja kassavirtojen mukaan on laskettu tuhat mahdollista projektin nykyarvoa Microsoft Office Excelin TABLE() -komennolla. Kaikki simulaatiot on tehty tässä tutkielmassa ja samalla tavalla, ainoastaan tavoitehintaa ja siten Tuuli-Sisulle laskettu vuosittainen kassavirta muuttuvat. (Mathews ym. 2007.)

Datar-Mathewsin Monte Carlo -simulaatiossa projektin nykyarvo lasketaan kaavalla:

Kaava 9. (Mathews ym. 2007).

$$\sum_{k=1}^n \frac{\text{Kassavirta}}{(1+r)^{k-1}} - \frac{\text{Kustannus}}{(1+r)^{k-1}}$$

$\Sigma$  = summa

r = korko

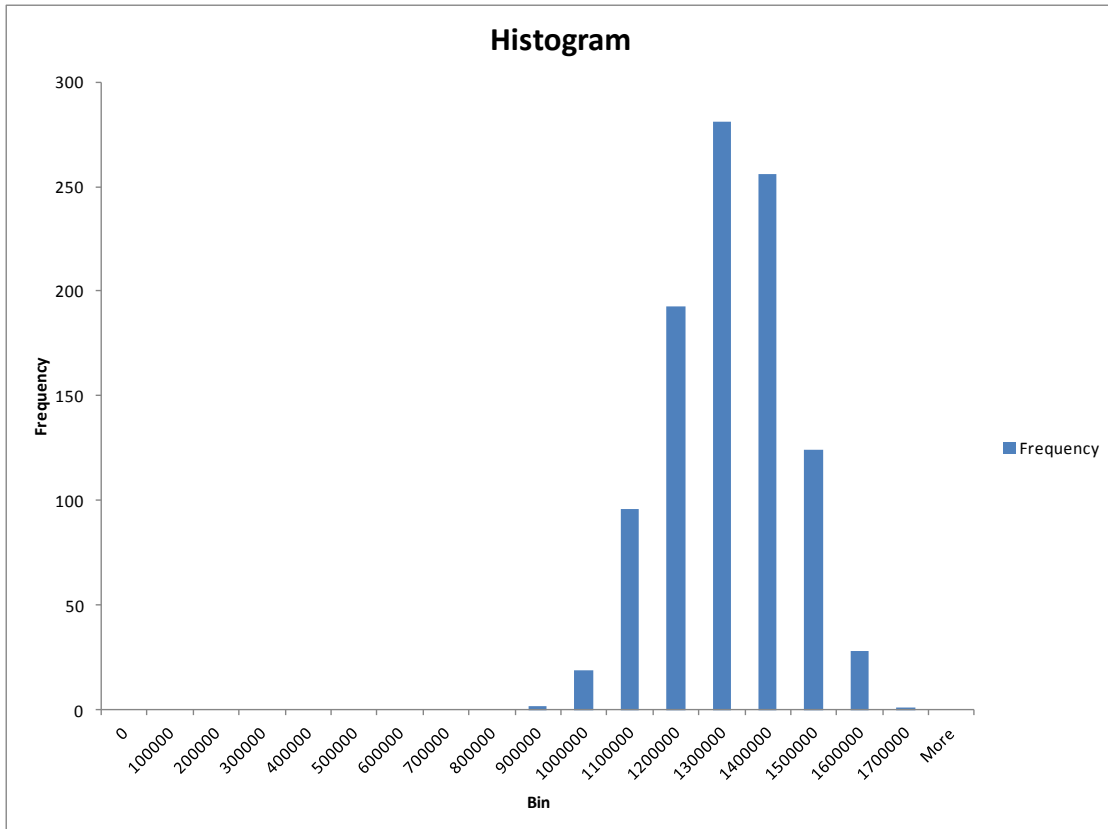
k = toimintajakso

n = toimintajaksojen lukumäärä

**Taulukko 13.** Todellisilla tavoitehinnoilla ja markkinahintojen ennusteilla lasketut Tuuli-Sisun kassavirrat. Ensimmäisenä vuonna ei kassavirtoja rakennusvaiheen vuoksi

Vuosi	Kassavirta		
	Matala	Perus	Korkea
1	- €	- €	- €
2	921 830,00 €	958 230,00 €	958 230,00 €
3	723 450,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
4	723 450,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
5	723 450,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
6	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
7	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
8	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
9	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
10	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
11	687 050,00 €	759 850,00 €	759 850,00 €
12	750 750,00 €	759 850,00 €	800 800,00 €
13	750 750,00 €	759 850,00 €	800 800,00 €

Alla olevasta kuvioista 7 näkee, että oikeilla tämän hetken tavoitehinnoilla laskettuna suuri osa projektin mahdollisista nykyarvoista on noin 1 300 000 euroa. Kaikissa simulaatioissa on käytetty 4 % vuosikorkoa Välimäen (2015) kirjoituksen mukaan. Kuvion 7 mukaan tuulivoimala on siis kannattava tämän hetken syöttötariffin tavoitehinnalla.

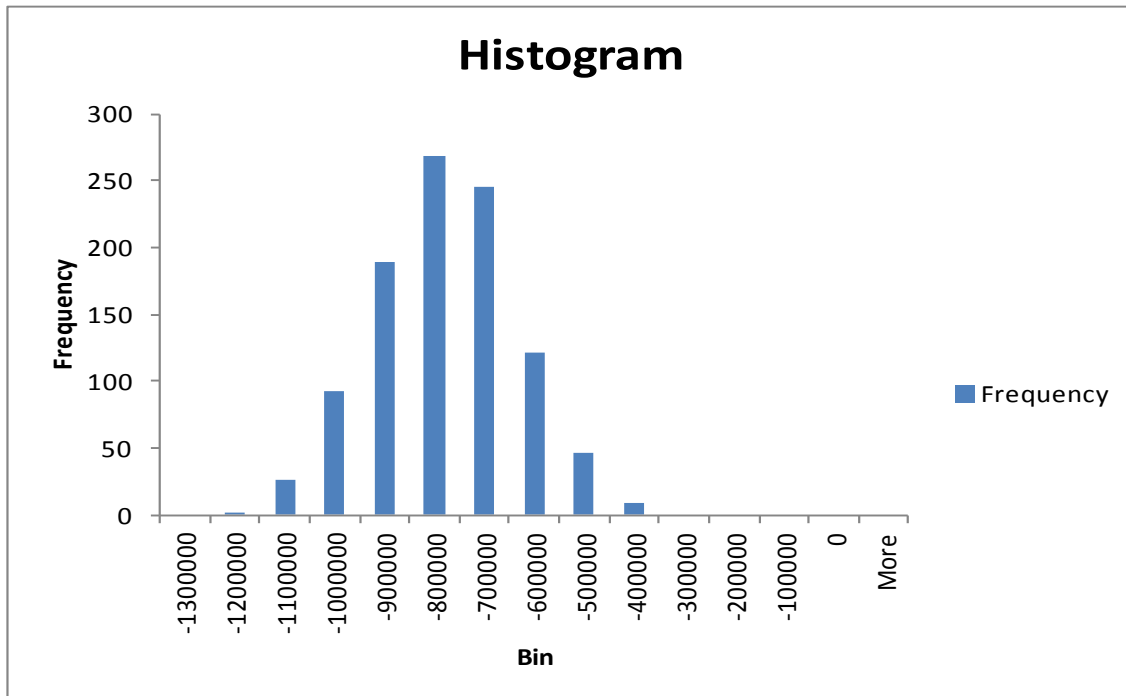


**Kuvio 7.** Datar-Mathewsin Monte Carlo -simulaatio Tuuli-Sisun mahdollisista nykyarvoista todellisilla tavoitehinnoilla ja markkinahintojen ennusteilla

Alla olevassa kuviossa 8 kuvataan Monte Carlo -simulaatiolla saadut Tuuli-Sisun mahdolliset nykyarvot, mikäli tavoitehintana olisi 60 €/ MWh muiden arvojen pysyessä ennallaan. Simulaation laskelmien mukaan tuulivoimalan kaikki 1 000 mahdollista projektin nykyarvoa olisi tappiolla. Simulaation mukaan tavoitehintatason täytyy olla korkeammalla kuin 60 €/ MWh, muuten se ei houkuttele sijoittamaan tuulivoimaan. Taulukko 14. on laskettu tässä tutkielmassa ja se sisältää Tuuli-Sisun mahdolliset kassavirrat, joiden mukaan projektin nykyarvot on laskettu, kun tavoitehintana on 60 €/ MWh.

**Taulukko 14.** Tuuli-Sisun kassavirrat tavoitehinnalla 60 €/ MWh. Ensimmäinen vuosi on rakennusvuosi, ei kassavirtoja

Vuosi	Kassavirta		
	Matala	Perus	Korkea
1	- €	- €	- €
2	509 600,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
3	509 600,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
4	509 600,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
5	509 600,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
6	473 200,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
7	473 200,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
8	473 200,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
9	473 200,00 €	546 000,00 €	546 000,00 €
10	382 200,00 €	455 000,00 €	455 000,00 €
11	382 200,00 €	455 000,00 €	455 000,00 €
12	445 900,00 €	455 000,00 €	800 800,00 €
13	445 900,00 €	455 000,00 €	800 800,00 €

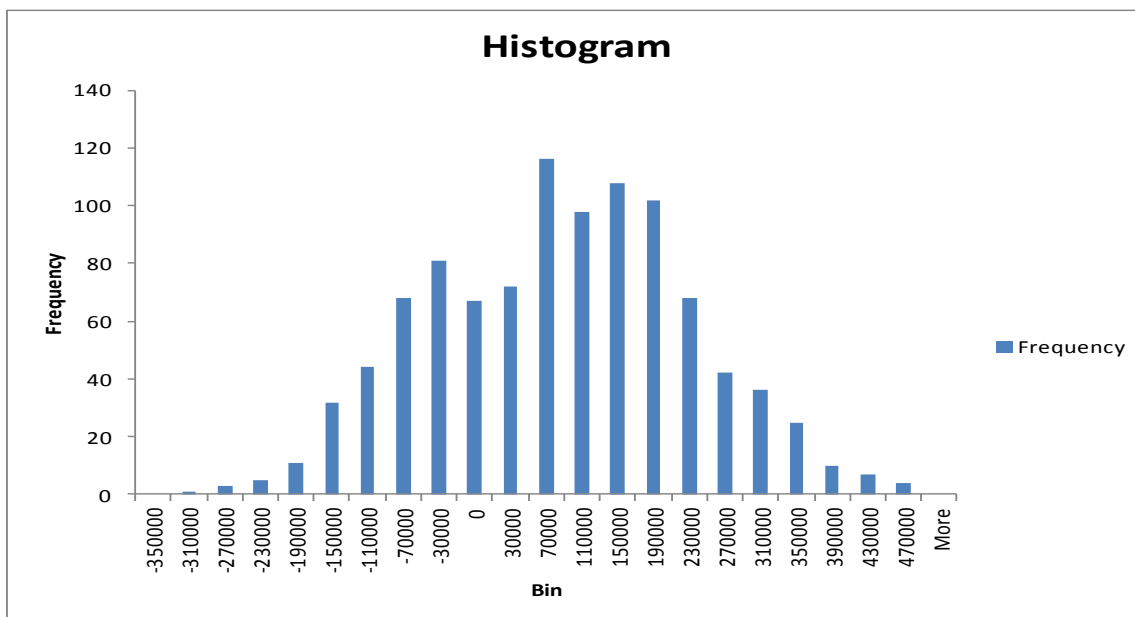


**Kuvio 8.** Datar-Mathews sin Monte Carlo -simulaatio Tuuli-Sisun nykyarvoista, mikäli tavoitehinta olisi 60 €/ MWh, muiden arvojen pysyessä ennallaan

Seuraavassa kuviossa 9 on laskettu Monte Carlo -simulaatio tavoitehintatasolla 70 €/MWh ja muut arvot on pidetty ennallaan. 70 euron tavoitehinnalla suurin osa lasketuista nykyarvoista olisi positiivisia eli tuulivoimala-projekti olisi kannattava. Tälläkin hinnalla kuitenkin jää vielä mahdolliseksi, että voimala tuottaisi tappiota. Tappiomahdollisuuden vuoksi se tuskin houkuttelisi riittävän hyvin sijoittajia, jotta tuulivoimaa rakennettaisiin tarpeeksi tavoitteisiin nähden. Taulukossa 15 on Tuuli-Sisun kassavirrat 70 euron tavoitehinnalla laskettuna (laskettu tässä tutkielmassa).

**Taulukko 15.** Tuuli-Sisun kassavirrat tavoitehinnalla 70 €/ MWh. Ensimmäinen vuosi on rakennusvuosi, ei kassavirtoja

Vuosi	Kassavirta		
	Matala	Perus	Korkea
1	- €	- €	- €
2	600 600,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
3	600 600,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
4	600 600,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
5	600 600,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
6	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
7	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
8	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
9	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
10	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
11	564 200,00 €	637 000,00 €	637 000,00 €
12	627 900,00 €	637 000,00 €	800 800,00 €
13	627 900,00 €	637 000,00 €	800 800,00 €

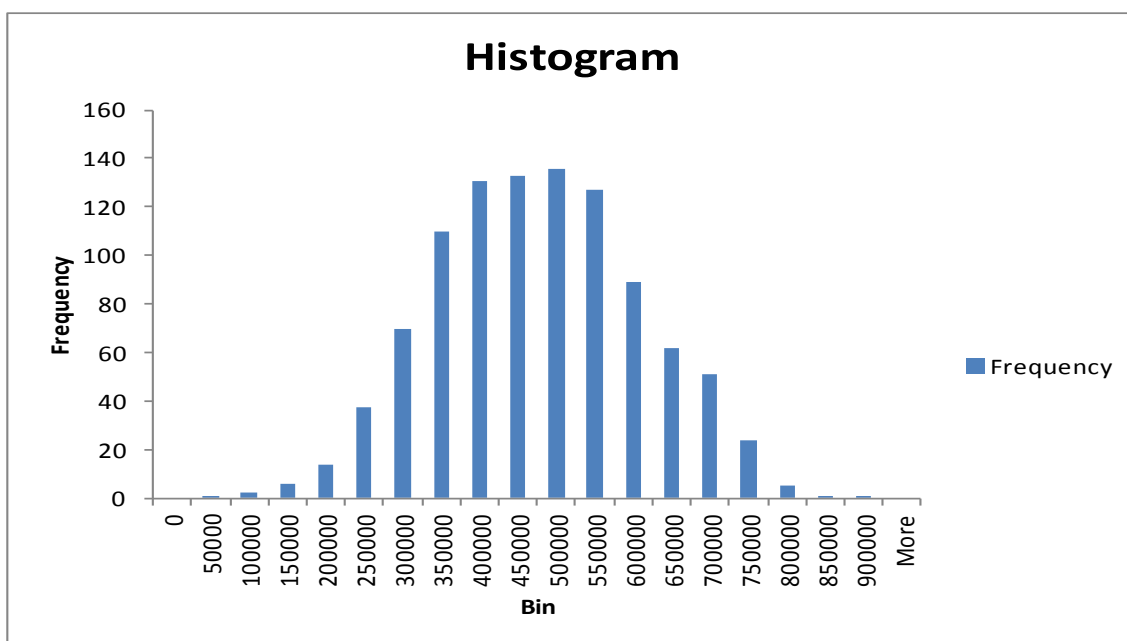


**Kuvio 9.** Datar-Mathewsin Monte Carlo -simulaatio Tuuli-Sisun mahdollisista nykyarvoista tavoitehinnalla 70 €/MWh

Viimeinen simulaatio on tehty tavoitehinnalla 75 €/MWh muiden hintojen pysyessä lähtötasollaan. Kuvion 10 mukaan 75 € tavoitehinnalla kaikki 1 000 mahdollisesti toteutuvaa nykyarvoa ovat positiivisia lukuja, eli voimalaprojekti olisi kannattava. Kuvion 10 projektin nykyarvot vaihtelevat välillä 49 000–874 000 euroa. Taulukossa 16 on Tuuli-Sisun kassavirrat laskettuna 75 euron tavoitehinnalla (laskettu tässä tutkielmassa).

**Taulukko 16.** Tuuli-Sisun kassavirrat tavoitehinnalla 75 €/ MWh. Ensimmäinen vuosi on rakennusvuosi, ei kassavirtoja

Vuosi	Kassavirta		
	Matala	Perus	Korkea
1	- €	- €	- €
2	646 100,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
3	646 100,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
4	646 100,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
5	646 100,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
6	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
7	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
8	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
9	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
10	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
11	609 700,00 €	682 500,00 €	682 500,00 €
12	673 400,00 €	682 500,00 €	800 800,00 €
13	673 400,00 €	682 500,00 €	800 800,00 €



**Kuvio 10.** Monte Carlo -simulaatio Tuuli-Sisun mahdollisista nykyarvoista tavoitehinnalla 75 €/ MWh

## 11. TUULIVOIMA-ALAN ALIHANKINTA

Tuulivoiman kotimaisuuden ja myös syöttötariffijärjestelmän puitteissa maksettujen tukien jakautumisen todellinen arviointi on vaikeaa, koska toimitusketjut ovat hyvin monimutkaiset. Muutamat maailmanlaajuiset toimittajat jakavat suurimman osan turbiinivalmistus-, suunnittelu- ja tuotekehitysmarkkinoista. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Vaikka suurimmat tuulivoimaloiden toimittajat ovatkin ulkomaisia yrityksiä, Suomessa on kuitenkin paljon tuulivoimakomponenttien valmistusta ja alihankintaa. Siksi tuulivoimaloissa on enemmän suomalaista tuotantoa kuin yleensä ajatellaan. Suuri osa tuulivoiman teknologiateollisuuden tuotannosta menee vientiin ja osa siitä palaa takaisin rakennettävien tuulivoimaloiden mukana. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Tuulivoimalakaupan arvo on suuri ja siihen sisältyy paljon erilaisia sopimuksia ja teknologiavalintoja, joista muodostuu laaja sopimuskokonaisuus, johon molemmat sopijapuolet voivat vaikuttaa. Ostajan mahdollisuudet vaikuttaa kasvavat sitä suuremmiksi, mitä suurempi on kaupan arvo. Riittävän suurissa hankkeissa on ostajalla mahdollisuus pyytää vaikka suomalaista teknologiaa voimaloihin. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Kotimaisuusasteen nostamisen edellytyksenä on, että näköpiirissä on varma ja pitkäjänteinen poliittinen ympäristö uusiutuvan energian ja tuulivoiman lisäämiseksi. Tuulivoiman kasvattamistavoite ei ole pelkkää energiapolitiikkaa, sillä se vaikuttaa myös teknologiayritysten toimintaympäristöön ja on siten myös talous- ja vientipolitiikkaa. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Uusiutuvan energiantuotannon maailmanlaajuinen kasvu vaatii älykkäiden sähköverkkojen ja -laitteiden kehittämistä. Suomessa on tältä alalta paljon osaamista ja sen tutkimukseen ja kehitykseen kannattaa panostaa. Yleensä tuulivoima työllistää siellä, missä sitä rakennetaan paljon. Suomi on kuitenkin poikkeus, koska täällä on paljon alan osaamista ja vientiä, vaikka kotimarkkinamme ovat edelleen vaatimattomat.

Siksi tukitoimilla pyritään turvaamaan alan kasvussa oleva vienti- ja työllistämispotentiaali. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Suomalaista tuulivoiman komponentti- ja alihankintaliiketoimintaa on esimerkiksi liittyen rakentamiseen ja kuljetuksiin, suunnitteluun, asennuksiin ja huoltoon sekä erilaisten komponenttien, kuten muuntajien, taajuusmuuttajien, generaattoreiden, antureiden, kaapeleiden sekä asennustarvikkeiden valmistukseen. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

## 12. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää, onko tuulivoiman tukeminen syöttötariffijärjestelmällä taloustieteellisesti järkevää tai voisiko järjestelmää jotenkin muuttaa, jotta se olisi taloudellisesti kannattavampaa?

Tutkielmassa lähdettiin liikkeelle ennustamalla nykyisen syöttötariffijärjestelmän puitteissa maksettavien tukien kokonaismäärä. Laskelmat perustuivat Energiaviraston (2015b) ja (2015c) SATU -järjestelmästä saataviin olemassa olevien voimalaitosten tietoihin ajalla 1.1.2011–16.6.2015 sekä Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) ennusteisiin sähkön markkinahinnan keskiarvojen kehittymisestä tulevaisuudessa erilaisilla skenaarioilla arvioituna.

Taulukoiden 3 ja 4 mukaan syöttötariffijärjestelmän puitteissa maksettavia tukia kertyy matalaskenaariossa noin 4,2 miljardia euroa, perusskenaariossa noin 3,4 miljardia euroa ja korkeaskenaariossa noin 1,4 miljardia euroa. Sen jälkeen selvitettiin, minne tämä kustannus päätyy, Suomeen vai ulkomaille? Tässä työssä päädyttiin käyttämään kappaleessa 7.1. esiteltyä kotimaisuusastetta 56,85 %. Sen mukaan Suomeen jäävä osuus syöttötariffista on perusskenaariossa noin 1,9 miljardia euroa. Todennäköisin toteutuma on perusskenaario tai perus- ja matalaskenaarion välimuoto Pöyry Management Consulting Oy:n (2015) mukaan.

Kotimaisen työn osuus maksettavien syöttötariffien Suomeen jäävästä osuudesta on Laasosen (2015) mukaan 76 % mikä tarkoittaisi perusskenaariossa 1,46 miljardia euroa suomalaiselle työvoimalle. Ulkomaille menevä osuus olisi noin 43,15 %, eli matalaskenaarion mukaan ulkomaille päätyisi noin 1,81 miljardia euroa, perusskenaariossa noin 1,46 miljardia euroa ja korkeaskenaariossa 635 miljoonaa euroa.

Tuulivoiman lisäyksellä on kuitenkin paljon myös epäsuoria vaikutuksia, yksi niistä on sähkön tuonnin väheneminen. Mikäli tavoitteisiin päästään ja arviot pitävät paikkaansa, voi Suomesta muodostua tulevaisuudessa sähkön nettoviejamaa. Arvioiden mukaan Suomen sähkön tuonti kääntyisi vienniksi vuonna 2026, mikäli tavoitteisiin päästään.

Vuonna 2030 sähkön viennin arvo olisi laskelmien mukaan noin 261 miljoonaa euroa taulukoiden 7 ja 8 laskelmien mukaan. Tilannetta arvioidaan kokonaan ilman tuulivoimaa taulukossa 6, sen mukaan Suomi pysyisi sähkön nettotuojana jatkossakin. Myös vaihtotaseeseen tuulivoiman tuonnin vähenemisellä ja viennin kasvamisella on positiivinen vaikutus taulukon 10 mukaan.

Tässä tutkielmassa käsiteltiin laajemmin suoria ja selvästi laskettavissa olevia taloudellisia vaikutuksia, mutta käytännössä tuulivoiman vaikutus Suomen kansantalouden kannalta on vielä suurempi. Suomessa on laajasti tuulivoimateollisuuden alihankintaa monelta alalta ja suomalaiset yritykset myyvät komponentteja ulkomaisille tuulivoimala-valmistajille. Suomalaiset komponentit voivat palata rakennettavan tuulivoimalan mukana takaisin Suomeen. Siten tuulivoiman kotimaisuusaste ja työllisyysvaikutus voivat olla todellisuudessa vielä suuremmat kuin suorat laskelmat osoittavat. (Paalatie 2015; Teknologiateollisuus 2014.)

Tutkielmassa luotiin myös katsaus vaihtoehtoiseen energiantuotantomuotoon eli kotimaiseen turvetuotantoon. Vertaus tehtiin tuulivoiman taloudellisten vaikutusten tehokkaamman arvioinnin aikaansaamiseksi. Vertailun mukaan turvetuotannon etuina suhteessa tuulivoimaan ovat edullisuus, kotimaisuus ja laajat käyttöön soveltuvat resurssit. Turvetuotannolla on kuitenkin laajasti ympäristövaikutuksia, minkä vuoksi toiminta on luvanvaraista ja resurssien käyttöönotto hidasta. Tuulivoimaa tuetaan Euroopan ilmastostrategian mukaisesti pääasiassa sen ympäristöystävällisyyden vuoksi. (Flyktman 2012; Leinonen 2010; Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Verovaroista maksettavan syöttötariffijärjestelmän talousvaikutusten arvioinnissa oleellista on myös tavoitehinnan optimaalinen taso. Jotta tavoitteisiin päästäisiin, tuulivoima-projektin on oltava kannattava sijoittajalle ja kuitenkin sen olisi oltava kustannuksiltaan mahdollisimman edullinen valtion budjetille. Sen vuoksi tutkielmassa käytetään Datar-Mathews'in Monte Carlo -simulaatiota, jolla lasketaan esimerkkivoimalaitos-projektille mahdollisia projekti-nykyarvoja eri skenaarioilla ja pyritään etsimään optimaalinen tavoitehintataso. Simulaation mukaan 75 €/ MWh tavoitehintatasolla voimalaitos olisi kannattava sijoittajalle ja se on hieman alhaisempi

kuin nykyinen tavoitehintaa. Tavoitehintaa on tällä hetkellä noin 105,3–83,5 €/ MWh.  
(Finlex 2010; Mathews ym. 2007.)

## LÄHDELUETTELO

Blanco, Maria Isabel (2009). The economics of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 1372–1382 s. [online]. Madrid. [Siteerattu 4.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.researchgate.net/publication/222573903\\_The\\_economics\\_of\\_wind\\_energy](http://www.researchgate.net/publication/222573903_The_economics_of_wind_energy)

Elinkeinoelämän keskusliitto EK ry (2015). Ulkomaankauppa. [online]. Helsinki. [Siteerattu 14.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://ek.fi/mita-temme/talous/perustietoja-suomen-taloudesta/ulkomaankauppa/>

Energiateollisuus ry (2015a). Sähkötillastot. Sähkön tuotanto, tuonti ja vienti. [online]. Helsinki. [Siteerattu 11.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkontuotanto/sahkon-tuotanto-tuonti-ja-vienti>

Energiateollisuus ry (2015b). Vesivoima. [online]. Helsinki. [Siteerattu 27.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/vesivoima>

Energiateollisuus ry (2015c). Älykäs verkko eli Smart Grid. [online]. Helsinki. [Siteerattu 3.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/alykas-verkko>

Energiavirasto (2015a). SATU. Markkinahintojen keskiarvot. [online]. Helsinki. [Siteerattu 30.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://tuotantotuki.emvi.fi/MarketPrice>

Energiavirasto (2015b). SATU. Päätökset. [online]. Helsinki. [Siteerattu 16.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://tuotantotuki.emvi.fi/Decisions>

Energiavirasto (2015c). SATU. Syöttötariffijärjestelmään hyväksytyjen voimalaitoksien tietoja. Voimalaitokset. [online]. Helsinki. [Siteerattu 16.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://tuotantotuki.emvi.fi/Installations>

Energiavirasto (2015d). Tuotantotuki. [online]. Helsinki. [Siteerattu 1.4.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://tuotantotuki.emvi.fi/>

Energiavirasto (2014). Tuotantotuen säädökset [online]. Helsinki. [Siteerattu 9.10.2014]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.energiavirasto.fi/tuotantotuki1>

Euroopan komissio (2013). Energia. Valokeilassa Euroopan unionin politiikka. Kestävää, luotettavaa ja kohtuuhintaista energiaa eurooppalaisille. Euroopan on valmistauduttava muuttamaan olennaisesti tapoja, joilla se tuottaa, kuljettaa ja kuluttaa energiaa. [online]. Luxemburg. [Siteerattu 2.10.2014]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://europa.eu/pol/ener/flipbook/fi/files/energy\\_fi.pdf](http://europa.eu/pol/ener/flipbook/fi/files/energy_fi.pdf). ISBN 978-92-79-24119-2.

European Commission (2015). 2020 Energy Strategy [online]. [Siteerattu 22.1.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2020-energy-strategy>

Finlex (2010). Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. [online]. [Siteerattu 1.4.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101396>

Flyktman, Martti (2012). VTT:n tutkimusraportti. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 25.9.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.turveteollisuusliitto.fi/user\\_files2/turpeen\\_kysynta\\_ja\\_tarjonta\\_2020\\_paivitys\\_2012.pdf](http://www.turveteollisuusliitto.fi/user_files2/turpeen_kysynta_ja_tarjonta_2020_paivitys_2012.pdf)

Halme, Minna; Janne, Hukkinen; Jouko, Korppi-Tommola; Lassi, Linnanen; Matti, Liski; Raimo, Lovio; Peter, Lund; Jyrki, Luukkanen; Oskari, Nokso-Koivisto; Jarmo,

Partanen & Markku, Wilenius (2014). Kasvua ja työllisyyttä uudella energiapolitiikalla. [online]. Helsinki. [Siteerattu 11.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/43024/Kasvua%20ja%20ty%C3%B6llisyytt%C3%A4%20uudella%20energiapolitiikalla.pdf?sequence=1>

Laaksonen, Matti (2015). Vaasan yliopiston kurssimateriaali. Talousmatematiikan perusteet. ORMS1030. [online]. Vaasa. [Siteerattu 30.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://lipas.uwasa.fi/~mla/orms1030/L11.pdf>

Laasonen, Ville (2015). Työ- ja elinkeinoministeriö. Onko tuulivoima kotimaista? Uusiutuvan energian ajankohtaispäivä 13.1.2015. [online]. Helsinki. [Siteerattu 8.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.energiavirasto.fi/-/uusiutuvan-energian-ajankohtaispaiva-kiinnosti?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisarkisto%3Fp\\_pi\\_d%3D101\\_INSTANCE\\_c1ITKRwQcXY6%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-1%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](http://www.energiavirasto.fi/-/uusiutuvan-energian-ajankohtaispaiva-kiinnosti?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisarkisto%3Fp_pi_d%3D101_INSTANCE_c1ITKRwQcXY6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2)

Leinonen, Arvo (2010). VTT:n tiedotteita. Turpeen tuotanto ja käyttö. Yhteenveto selvityksistä. Helsinki. ISBN 978-951-38-7648-7

Lindroos, Tomi J.; Sampo, Soimakallio; Ilkka, Savolainen; Suvi, Monni & Juha, Honkatukia (2012). VTT. Arvioita uusiutuvan energian lisäämisen vaikutuksista Suomen kasvihuonekaasupäästöihin ja kansantalouteen. Kuopio. Kopijyvä Oy. ISBN 978-951-38-7623-4

Mathews, S.; V. Datar & B. Johnson (2007). A practical method for valuing real options: The Boeing approach. *Journal of Applied Corporate Finance*. 19:2. 95–104

Mervento (2015). Liiketoimintaidea. [online]. Vaasa. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.mervento.com/Suomeksi/MERVENTO/Default.aspx>

Motiva (2015). Tuulivoima. [online]. [Siteerattu 7.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.motiva.fi/tuulivoima>

Motiva (2014). Investointituet uusiutuvalle energialle. [online]. [Siteerattu 29.5.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa/uusiutuvan\\_energian\\_tuet/investointituet\\_uusiutuvalle\\_energialle](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/investointituet_uusiutuvalle_energialle)

NWE Sales Oy (2015). NWE Sales Oy:n palvelut. [online]. Nastola. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä:<http://www.nwesales.fi/fin/>

Paalatie, Heidi (2015). Miksi komponenttiteollisuus tarvitsee kattavan kotimarkkinan? Tuulivoima. Puhdasta. Turvallista. Suomalaista. [online]. 2/2015. [Siteerattu 21.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/764-issue022015\\_final\\_NETTIVERSIO-1.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/764-issue022015_final_NETTIVERSIO-1.pdf) ISSN 2342-2300

Pursiheimo, Esa; Tiina, Koljonen; Juha, Honkatukia; Antti, Lehtilä; Miimu, Airaksinen; Martti, Flyktman; Kai, Sipilä & Satu, Helynen (2013). VTT. Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energijärjestelmään ja kansantalouteen. Energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaraportti. Espoo. ISBN 978-951-38-7928-0

Pöyry Management Consulting Oy (2015). Energiateollisuus Ry, Fingrid Oyj, Metsäteollisuus Ry, Suomen Elfi Oy ja Työ- ja elinkeinoministeriö. Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030. [online]. Vantaa. [Siteerattu 15.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.tem.fi/files/42026/Kapasiteetin\\_riittavyys\\_raportti\\_final.pdf](http://www.tem.fi/files/42026/Kapasiteetin_riittavyys_raportti_final.pdf)

Salo, Hannu (2013). Bioenergia ry. Turpeen merkitys kansantalouden kannalta. Turpeen tutkimus ja käyttö -seminaari 16.5.2013, Oulun yliopisto. [online]. Oulu. [Siteerattu 29.9.2015]. Saatavissa World Wide Webistä:

file:///C:/Users/User/Downloads/Salo%2016%205%202013%20Energiaturpeen%20merkitys%20kansantalouden%20kannalta%20karsittu%20(3).pdf

Sathyajith, Mathew (2006). Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics. New York. Springer Berlin Heidelberg. 246 s. ISBN 3-540-30905-5

Siemens osakeyhtiö (2015). Siemens Suomessa ja Baltiassa. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.siemens.fi/fi/siemens\\_osakeyhtio/siemens\\_suomessa\\_ja\\_baltiassa.htm](http://www.siemens.fi/fi/siemens_osakeyhtio/siemens_suomessa_ja_baltiassa.htm)

Suomen Pankki (2015). Kuvaus. [online]. Helsinki. [Siteerattu 14.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/maksutase/pages/kuvaus.aspx>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015a). Investoinnit. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 3.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimatieto.fi/investoinnit>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015b). Käyttö- ja ylläpitokustannukset. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 3.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimatieto.fi/kayttokustannus>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015c). Säättövoiman tarve. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 28.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimatieto.fi/saatovoima>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015d). Teollinen tuulivoima Suomessa. Suomen tuulivoimalaitokset ja -hankkeet. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 27.5.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankelista>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015e). Tuet Suomessa. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 29.5.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.tuulivoimatieto.fi/tuet\\_suomessa](http://www.tuulivoimatieto.fi/tuet_suomessa)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015f). Tuotantokustannukset. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 3.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimatieto.fi/tuotantokustannus>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry (2015g). Tuulivoiman työllisyysvaikutukset. [online]. Jyväskylä. [Siteerattu 29.9.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoiman-vaikutukset/tyollisyysvaikutukset>

Suomen virallinen tilasto (2014). Tilastokeskus. Energian hankinta ja kulutus. [online]. Helsinki. [Siteerattu 11.6.2015]. ISSN=1799-795X. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.stat.fi/til/ehk/2014/04/ehk\\_2014\\_04\\_2015-03-23\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehk/2014/04/ehk_2014_04_2015-03-23_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (2013a). Tilastokeskus. Energian hankinta ja kulutus. [online]. Helsinki. [Siteerattu 11.10.2015]. ISSN=1799-795X. Saatavissa World Wide Webistä: [http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2013/04/ehk\\_2013\\_04\\_2014-03-24\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2013/04/ehk_2013_04_2014-03-24_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (2013b). Sähkön ja lämmön tuotanto. [online]. Helsinki. [Siteerattu 3.8.2015]. ISSN=1798-5072. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.stat.fi/til/salatuo/2012/salatuo\\_2012\\_2013-11-05\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2012/salatuo_2012_2013-11-05_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (2010). Sähkön ja lämmön tuotanto. [online]. Helsinki. [Siteerattu 3.8.2015]. ISSN=1798-5072. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.stat.fi/til/salatuo/2009/salatuo\\_2009\\_2010-09-29\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2009/salatuo_2009_2010-09-29_tie_001_fi.html)

Teknologiateollisuus (2014). Kotimainen tuulivoimateollisuus uskoo kasvuun. Tuulivoiman tiekartta. [online]. Helsinki. [Siteerattu 21.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://teknologiateollisuus.fi/fi/search/content/tiekartta>

Tilastokeskus (2015a). Kauppatase. [online]. Helsinki. [Siteerattu 13.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <http://www.stat.fi/meta/kas/kauppatase.html>

Tilastokeskus (2015b). Kotimainen talousyksikkö. [online]. Helsinki. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://tilastokeskus.fi/meta/kas/kotim\\_tal\\_yksik.html](http://tilastokeskus.fi/meta/kas/kotim_tal_yksik.html)

Tilastokeskus (2015c). Maksutase ja ulkomainen varallisuusasema. [online]. Helsinki. [Siteerattu 16.8.2015]. ISSN=2342-3463. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.stat.fi/til/mata/2015/02/mata\\_2015\\_02\\_2015-04-15\\_tie\\_001\\_fi.html?ad=notify](http://www.stat.fi/til/mata/2015/02/mata_2015_02_2015-04-15_tie_001_fi.html?ad=notify)

Tilastokeskus (2015d). Tilastojen ABC. [online]. Helsinki. [Siteerattu 18.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?page\\_type=sisalto&course\\_id=tkoulu\\_tlkt&lesson\\_id=4&subject\\_id=4](http://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?page_type=sisalto&course_id=tkoulu_tlkt&lesson_id=4&subject_id=4)

Turkia, Ville & Hannele, Holttinen (2014). VTT. Wind energy statistics in Finland 2013. [online]. Espoo. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.vtt.fi/files/projects/windenergystatistics/VTT\\_Wind\\_energy\\_statistics\\_Year\\_report\\_2013\\_public.pdf](http://www.vtt.fi/files/projects/windenergystatistics/VTT_Wind_energy_statistics_Year_report_2013_public.pdf)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2014). Energia- ja ilmastotiekartta 2050 Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. [online]. [Siteerattu 1.4.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [https://www.tem.fi/files/42599/Energia-ja\\_ilmastotiekartta\\_2050.pdf](https://www.tem.fi/files/42599/Energia-ja_ilmastotiekartta_2050.pdf)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2013). Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Taustaraportti. [online]. [Siteerattu 31.3.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen\\_energia-ja\\_ilmastostrategia\\_taustaraportti.pdf](http://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen_energia-ja_ilmastostrategia_taustaraportti.pdf)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2012). Sähkömarkkinaskenaariot vuoteen 2035. Loppuraportti. [online]. [Siteerattu 7.8.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.tem.fi/files/35135/Sahkomarkkinaskenaariot\\_2035\\_10122012\\_Final.pdf](http://www.tem.fi/files/35135/Sahkomarkkinaskenaariot_2035_10122012_Final.pdf)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2009a). Ehdotus tuulivoiman syöttötariffiksi. Syöttötariffityöryhmän väliraportti. 3-45. [online]. Helsinki. [Siteerattu 4.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [https://www.tem.fi/files/24646/Sy\\_tt\\_tariffiryhm\\_n\\_v\\_liraportti\\_liite\\_1.pdf](https://www.tem.fi/files/24646/Sy_tt_tariffiryhm_n_v_liraportti_liite_1.pdf)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2009b). Syöttötariffityöryhmän loppuraportti. Ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi. 2-96. Helsinki. Edita Publishing Oy. ISBN 978-952-227

Työ- ja elinkeinoministeriö (2009c). TEM:n arvio: Sähkökulutuksen kasvutrendi taittumassa. [online]. [Siteerattu 28.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [https://www.tem.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotearkisto/vuosi\\_2009/tem\\_n\\_arvio\\_sahkonkulutuksen\\_kasvutrendi\\_taittumassa.97270.news](https://www.tem.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotearkisto/vuosi_2009/tem_n_arvio_sahkonkulutuksen_kasvutrendi_taittumassa.97270.news)

Valtioneuvoston kanslia (2015). Ratkaisujen Suomi Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Edita Prima. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. ISBN 978-952-287-181-7

Välimäki, Tuomas (2015). Suomen Pankki. Eurojärjestelmä. Vaativa taloustilanne voi edellyttää epätavanomaisia rahapolitiikan keinoja. [online]. Helsinki. [Siteerattu 30.6.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: [http://www.suomenpankki.fi/fi/suomen\\_pankki/ajankohtaista/blogiarkisto/tuomas\\_valimaki/Pages/epatavanomaisia\\_rahapolitiikan\\_keinoja.aspx?hl=nimelliskorot](http://www.suomenpankki.fi/fi/suomen_pankki/ajankohtaista/blogiarkisto/tuomas_valimaki/Pages/epatavanomaisia_rahapolitiikan_keinoja.aspx?hl=nimelliskorot)

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015a). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Alstom Finland Oy. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä:

<https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=848860&kielikoodi=1&tarkiste=995A8E424B9980DCCCE3A4D753C34899C9030145&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015b). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Enercon GmbH. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=2375364&kielikoodi=1&tarkiste=4EADC5478B5A2F09F3F54BEB0EB1A1950F9879DF&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015c). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Gamesa Finland Oy. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=2452978&kielikoodi=1&tarkiste=D38BE39A55A3DD006F4344F3352265827E44032F&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015d). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Lagerwey Development Oy. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=2451845&kielikoodi=1&tarkiste=99EF62E280E77A9751F1B9CF2681CD91EC423826&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015e). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Nordex Energy GmbH. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=2346251&kielikoodi=1&tarkiste=483E27440F771D9EF6BEEA62C6FA113A6CFB83B8&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015f). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Vestas Finland Oy. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=2336099&kielikoodi=1&tarkiste=CB5C3F9BE21237FE052AA87C51F10FF95830CC96&path=1547;1631;1678>

Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä (2015g). YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. WinWinD Oy. [online]. [Siteerattu 7.7.2015]. Saatavissa World Wide Webistä: <https://www.ytj.fi/yritystiedot.aspx?yavain=1362427&kielikoodi=1&tarkiste=EA177B95B55E049042670E6157F140D02A054319&path=1547;1631;1678>