

# **Tuulipuistoliittymän käyttöönottoprosessi sähköverkkoyhtiössä**

Katri Hurskainen

Opinnäytetyö

Joulukuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Hurskainen, Katri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2018
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Tuulipuistoliittymän käyttöönottoprosessi sähköverkkoyhtiössä</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri, Energiatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Nuutinen Marjukka, Hukari Sirpa		
Toimeksiantaja(t) Elenia Oy		
Tiivistelmä <p>Sekä Suomen valtion että maailmanalajuiset toimet edellyttävät fossiilisista polttoaineista luopumista ja uusiutuvan energian määrän lisäämistä ilmastomuutoksen torjumiseksi. Tämän myötä sähköverkkoyhtiö Elenian Oy:n jakeluverkkoon kytkettävän tuulivoiman määrän odotetaan kasvavan merkittävästi. Tästä syystä yhtiössä oli tarve selkeälle prosessikuvaukselle siitä, miten tuulipuistojen käyttöönotto tapahtuu ja mitä vaiheita siihen kuuluu. Ajankohta prosessikuvauksen luomiselle oli otollinen, sillä kuluvan vuoden aikana ei ole otettu käyttöön yhtään uutta tuulipuistoa, mutta käyttöönottoja on tulossa useita seuraavan parin vuoden aikana.</p> <p>Käyttöönottoprosessiin liittyvä tieto oli olemassa, mutta sitä ei oltu kasattu yhteen selkeäksi kokonaisuudeksi. Osa prosessin vaiheista oli kuvattu ja kirjoitettu selkeään muotoon, mutta valtaosa oli muovautunut sovellettaviksi käytännöiksi sen perusteella, miten asiat oli aikaisemmin tehty. Prosessikuvauksen luomiseksi yhtiön sisällä haastateltiin asiantuntijoita, jotka ovat työnkuvansa kautta mukana tuulipuistojen käyttöönottoprosessissa. Haastattelujen ja olemassa olevan taustamateriaalin avulla luotiin prosessikuvaus, joka kattaa tuulipuiston käyttöönottovaiheen, alkaen noin kolmesta kuukaudesta ennen kytkentää ja päättyen tuulipuiston lopullisen käyttöönottoluvan saantiin. Valmis prosessikuvaus nähtiin käyttökelpoisena työkaluna tuulipuistoliittymiä käyttöönotettaessa.</p> <p>Prosessikuvauksen luomisen yhteydessä toimintatapoja tarkasteltiin kehityskohteiden varalta ja mikäli havaittiin, että jonkin osa-alueen voisi tehdä eri tavalla, esitettiin siihen muutostoimenpiteitä. Kehityskohteita löydettiin esimerkiksi dokumenttien tarkastuksissa, aikataulutuksissa ja viestinnässä. Lisäksi tarkennettiin muutamien eri osa-alueiden vastuuta ja työnjakoa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) tuulivoima, tuulipuisto, sähköverkko, prosessikuvaus, käyttöönotto		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Hurskainen, Katri	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Implementation of a wind farm connection in an electricity distribution company</b>		
Degree programme Bachelor of Engineering, Degree Programme in Energy Technology		
Supervisor(s) Nuutinen Marjukka, Hukari Sirpa		
Assigned by Elenia Oy		
Abstract  <p>Finland will invest in renewable energy in the future because the Finnish government and the EU have decided that the using fossil fuels will stop. This is because of the climate change. At the moment, one fifth of Finland's wind power is connected to Elenia's electricity grid. It is safe to assume that the amount of wind power is going to increase. This creates a need for a clear process description about the implementation of a wind farm connections and what the process includes. This point of time was good for creating the process description because this year there had been no new implementations but there would be several in the following year and in the future.</p> <p>Most of the information needed existed but it was not in a literary form. Information was collected by interviewing Elenia's specialists but also by studying laws and the specifications that regulate electricity production. The topics discussed in interviews were related to connecting the substation to the grid, installing the electricity meter to the substation, protections in the electricity grid, invoicing etc. Some important topics, such as EVY and communication connections were left out of the interviews, but they were examined in the literary review.</p> <p>While creating the process description and interviewing the specialists, the intention was to study the process to determine the topics that needed to be developed or changed. The topics needing development were given to the assignor together with ideas on how to develop them.</p> <p>The process description created was seen as a useful tool for the future implementations. It clearly shows what should be done in which stage and who is responsible for them.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) wind power, wind farm, electricity grid, process description, implementation		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>6</b>
1.1	Työn tausta .....	6
1.2	Työn tarkoitus ja tavoite.....	6
1.3	Työn rajaus .....	7
1.4	Tutkimusote ja aineistonkeruutapa .....	8
<b>2</b>	<b>Elenia Oy .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Tuulivoima Suomessa .....</b>	<b>11</b>
3.1	Tuulivoiman perusteet ja käytettävä tekniikka .....	11
3.2	Tuulivoiman tilanne nykypäivänä.....	14
3.3	Tuulivoiman tulevaisuudennäkymät .....	17
3.4	Tuulivoima yhteiskunnassa .....	18
<b>4</b>	<b>Tuulipuistoliittymän perustaminen .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Käyttöönottoprosessin määrittely .....</b>	<b>26</b>
5.1	Käyttöönottoprosessin rajaus .....	26
5.2	Tuulipuistojen suojaukset .....	26
5.2.1	VJV .....	26
5.2.2	Sähköverkon suojaukset ja EVY .....	28
5.3	Tietoliikenne .....	31
5.4	Mittausasiat.....	31
5.5	Kytkentä.....	34
5.6	Sopimus- ja sähköveroasiat.....	35
5.7	Tietojärjestelmissä tehtävät työt .....	36
<b>6</b>	<b>Työn tulokset.....</b>	<b>37</b>
6.1	Haastattelut.....	37

	2
6.2	Prosessikuvaus.....37
6.3	Käyttöönottoprosessin kehityskohteet ja jatkotoimenpiteet.....38
6.3.1	Materiaalien päivitys .....38
6.3.2	VJV-tietojen todentaminen .....40
6.3.3	Käyttöönottopöytäkirjan tarkastus .....41
6.3.4	Viestintä projektin aikana.....42
6.4	Tutkimuksen riskit ja tulosten luotettavuuden arviointi.....43
<b>7</b>	<b>Johtopäätökset ja pohdinta .....44</b>
7.1	Käyttöönottoprosessin kriittiset osa-alueet.....44
7.2	Pohdinta .....45
<b>Lähteet</b>	<b>.....47</b>
<b>Liitteet</b>	<b>.....51</b>
Liite 1.	Kytkenäaloitelomake.....51
Liite 2.	Taajuus- ja jännitealueet, joilla oli 500 kVA:n tuotantolaitoksen on kyettävä toimimaan .....52
Liite 3.	Vakuutus oikeudesta sähkön verottomuuteen.....53
Liite 4.	Tuulipuistoliittymien käyttöönoton prosessikaavio .....54

## Kuviot

Kuvio 1 Tuulipuistoliittymän käsittelyn vaiheet yksinkertaistettuna.....	7
Kuvio 2 Elenia Oy:n toimialue (Elenian verkkoalue kartalla N.d.).....	10
Kuvio 3 Tuulivoimalan pääkomponentit (Tuulivoimateknologia 2018).....	11
Kuvio 4 Nordex-tuulivoimalan konehuoneen rakenne (Tuulivoimaloiden rakenne N.d.).....	13
Kuvio 5 Tuulivoimalan koko verrattuna muihin rakennuksiin (Keski-Pohjanmaalle tuulivoimaa ison ydinvoimalan verran 2013).....	14
Kuvio 6 Vuosittain käyttöönotetut tuulipuistot (Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet 2018.).....	15
Kuvio 7 Vuoteen 2017 mennessä asennettu kapasiteetti (Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet 2018).....	16
Kuvio 8 Valmiit ja rakennusvaiheessa olevat tuulipuistot kartalla (Map of projects. N.d.).....	17
Kuvio 9 Suomen suurjännitteinen sähkönjakeluverkko (Fingridin sähkösiirtoverkko 2018).....	21
Kuvio 10 Esimerkki tuulivoimaosayleiskaavasta (Verhonkulman tuulivoimaosayleiskaava 2017) .....	22
Kuvio 11 Tuulipuiston yksinkertaistettu rakenne .....	24
Kuvio 12 110 kV voimajohtojen osat (Voimajohtojen huomioon ottaminen yleis- ja asemakaavoituksessa sekä maankäytön suunnittelussa N.d.) .....	25
Kuvio 13 Esimerkki tuulipuiston omistus- ja hallintarajasta, voimajohtoliityntä .....	25
Kuvio 14 Esimerkki EVY-toteutuksesta (Kantaverkon ja asiakasliityntöjen relesuojaus 2017).....	30
Kuvio 15 EVY-prosessikaavio .....	30
Kuvio 16 Landis+Gyr E850 -mittalaite (Kantaverkon mittarit N.d.) .....	32
Kuvio 17 Esimerkki mittauspiirikaaviosta (Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje 2012).....	33
Kuvio 18 Tuulipuiston komponentteja Trimble NIS -verkkokartalla.....	36
Kuvio 19 Käyttöönottoprosessin päätaso .....	38
Kuvio 20 Esimerkki kytkentäaloitelomakkeen täyttöohjeesta.....	39

**Taulukot**

Taulukko 1 Voimalaitosten tyyppiluokittelu mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetason perusteella (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 2018).....	27
Taulukko 2 Sähköveroluokat .....	35
Taulukko 3 Voimalaitosten luokittelu teholuokkiin VJV2013:n mukaan (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2013 2013) .....	40

## Sanasto

Liittymä	Paikka, jossa liittymissopimuksen mukaan liittyjällä on oikeus liittyä sähköverkkoon, kuluttaa tai syöttää tehoa
Liittymispiste, omistusraja	Sähköverkon piste, jossa asiakas liittyy sähköverkkoon ja verkon omistajuus vaihtuu asiakkaalta sähköverkon omistajalle
Keskijänniteverkko	1-36 kV:n jännitteellä toimiva sähköverkko
Suurjänniteverkko	110 kV:n jännitteellä toimiva sähköverkko
Tuulipuisto	Usean tuulivoimalan muodostama kokonaisuus, joka tuottaa sähköä
Tuulivoimala	Yksi sähköä tuottava tuuligeneraattori
EVY	Suojauksen siirtolaukaisuyhteys, eroonkytkennän viestiyhteys. Releillä toteutettava suojaus sähköntuotannon liittyessä sähköverkkoon
Käyttöpaikka	Piste, josta mitatun energian perusteella asiakasta laskutetaan
Rajapiste	Piste sähköverkossa, josta sen tuottama ja kuluttama energia mitataan
Nettosähköteho	Voimalaitoksen tuottama sähköteho, josta vähennetään laitoksen omakäyttöteho
Liittymisteho	Suurin mahdollinen liittymän kulutus- tai tuotantoteho
Mitoitusteho	Voimalaitoksen tehon maksimiarvo
VJV	Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset, Fingridin säätelemät ehdot voimalaitoksille



# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Tuulivoiman määrä on viime vuosina kasvanut voimakkaasti niin Suomessa, kuin maailmanlaajuisestikin. Kasvua on odotettavissa myös tulevaisuudessa, sillä sekä Suomen valtion että Euroopan Unionin tavoitteena on vähentää ja lopulta lopettaa fossiilisten polttoaineiden, erityisesti kivihiilen, käyttö vuoteen 2030 mennessä ja korvata se uusiutuvilla energialähteillä. Syynä tähän on ilmastonmuutos ja sen torjuminen, mutta myös se, että tutkimusten mukaan tuulivoimaa pidetään nykymaailmassa edullisimpana sähkön tuotantomuotona. Vuonna 2017 fossiilisilla polttoaineilla tuotettiin Suomessa kulutetusta sähköstä yhteensä 14,6 %, josta kivihiilen osuus oli 9,5 %. Tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa uusiutuvan energian kasvun voidaan olettaa jatkuvan. (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ympäristöstrategiasta vuoteen 2030 2017, 36; Energiavuosi 2017- Sähkö 2018)

Tuulivoiman kasvuodotusten myötä myös sähköverkkoyhtiö Elenia Oy:n jakeluverkkoon kytkettävän tuulivoiman määrän odotetaan kasvavan. Tuulipuiston kytkeminen sähköverkkoon ja käyttöönotto on verkkoyhtiön näkökulmasta pitkä ja monivaiheinen prosessi, johon liittyy useita eri vaiheita, vastuita ja aikamääreitä niin tuulivoimatoimijan kuin verkkoyhtiön puolelta. Tuulipuistoliihtymien käyttöönottoprosessia ei oltu Elenia Oy:ssä aikaisemmin tarkasteltu kokonaisuutena, vaan ainoastaan joitakin osia siitä. Toimintatavat tuulipuistojen liittämässä olivat muovautuneet nykyiseen muotoonsa sen perusteella, miten asioita oli aikaisemmin hoidettu. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun käyttöönottoprosessia tarkasteltiin kokonaisuutena.

## 1.2 Työn tarkoitus ja tavoite

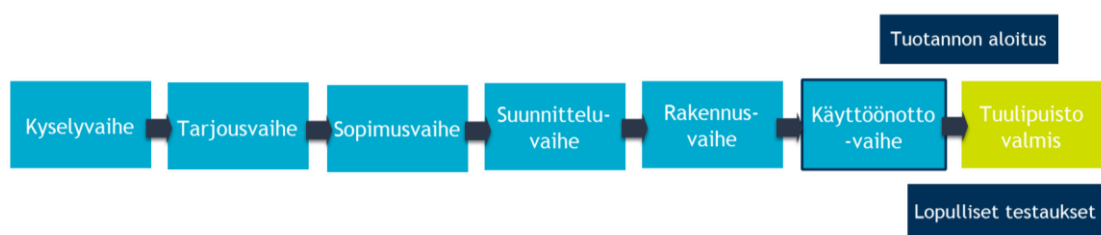
Työn tarkoituksena oli käydä läpi tuulipuistoliihtymien käyttöönottoprosessiin liittyvät vaiheet ja vastuut, määrittellä ja selkeyttää ne sekä aikatauluttaa eri vaiheet toisiinsa nähden. Työn tavoitteena oli luoda läpikäytyjen tietojen perusteella Elenia Oy:lle käyttöönottoprosessista sisäinen prosessikuvaus, jota voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa uusissa käyttöönotoissa. Ideaalilanteessa prosessikuvaus toimii projektista vastaavalle yhteyspäällikölle muistilistana prosessin läpivientiin, mutta myös

muistutuksena prosessissa mukana oleville asiantuntijoille, sekä ohjeena niille ta-  
hoille, jotka eivät tunne tuulivoiman käyttöönottoprosessia. Onnistunutta prosessi-  
kuvausta voitaisiin lisäksi käyttää havainnollistavana apuvälineenä tuulivoimatoimi-  
joiden kanssa.

Prosessikuvauksen luomisen yhteydessä käyttöönottoprosessia tarkasteltiin myös  
kriittisten osa-alueiden ja mahdollisien kehityskohteiden varalta. Mikäli esille nousi  
osa-alueita, joita oli syytä kehittää tai toimintatapoja muuttaa, näihin pohdittiin rat-  
kaisut ja esitettiin niitä toimeksiantajalle. Tavoitteena oli prosessin sujuvoittaminen  
muun muassa siten, että jokainen eri vaihe tulisi järkevästi tehdyksi järkevässä aika-  
rajassa niin, että se huomioi sekä tuulivoimatoimijan että verkkoyhtiön. Kehittämi-  
nen nähtiin työssä tärkeänä osana sen vuoksi, että käyttöönottoprosessia ei oltu ai-  
kaisemmin tarkasteltu tällä tasolla.

### 1.3 Työn rajaus

Tuulipuistoliittymän perustaminen ja käyttöönotto voidaan jakaa karkeasti kuvion 1  
osoittamiin vaiheisiin. Työssä oli tarkoituksena käsitellä kysely-, tarjous-, sopimus-,  
suunnittelu- ja rakennusvaiheet yleisellä tasolla ja paneutua syvällisemmin aikajanan  
loppupäähän eli käyttöönottovaiheeseen ja tuulipuiston valmistumiseen. Näkökulma  
työhön pidettiin verkkoyhtiön puolella.



Kuvio 1 Tuulipuistoliittymän käsittelyn vaiheet yksinkertaistettuna

Työssä oli tarkoituksena käsitellä suuren kokoluokan tuulivoimaa. Pientuulivoimalat  
eli esimerkiksi kotitalouksissa käytettävät pienjänniteverkkoon kytkettävät kaupalli-  
set voimalat rajattiin tämän työn ulkopuolelle. Niiden käyttöönotto on huomattavasti  
yksinkertaisempaa ja nopeampaa, kuin suuren kokoluokan voimaloiden. Lisäksi liittyy-  
minen keski- tai suurjänniteverkkoon, johon suuren mittakaavan tuulivoima lähes

poikkeuksetta liittyy, eroaa merkittävästi pienjänniteverkkoon liittymisestä. Tärkeimpänä erona jännitetason lisäksi voidaan pitää sähköaseman puuttumista. Suurjänniteverkkoon liittyville tuulipuistoille rakennetaan aina oma sähköasema, jonka kautta tuulipuisto liittyy sähköverkkoon. Sähköasemalla voimaloiden tuottama jännite muutetaan niin, että se voidaan syöttää verkkoyhtiön sähköverkkoon. Keskijänniteverkkoon liittyvillä tuulipuistoilla ei aina ole omaa sähköasemaa, vaan niillä voi olla sähköaseman sijaan kytkinasema. Pienjänniteverkkoon liityttäessä liitytään suoraan sähköverkkoon esimerkiksi kiinteistön pääkeskuksen kautta.

Kotitalouskokoista laitteistoa liitettäessä riittää, että liittyjä toimittaa verkkoyhtiölle kirjallisen ilmoituksen ja tarkastuspöytäkirjan laitteistostaan. Näin liittyjä vakuuttaa laitteiston olevan asianmukainen ja täyttävän tarvittavat määräykset ja standardit. Verkkoyhtiö antaa käyttöönottoluvan toimitettujen dokumenttien perusteella. Suuren kokoluokan voimaloilla käyttöönotto on monivaiheinen, tietoja tarvitaan enemmän ja prosessia valvotaan tarkemmin.

#### 1.4 Tutkimusote ja aineistonkeruutapa

Tutkimusotteeltaan opinnäytetyö oli kehittämistutkimuksen ja case-tutkimuksen yhdistelmä, jossa oli piirteitä myös kvalitatiivisesta tutkimuksesta. Perimmäisenä tarkoituksena oli toimeksiantajan toimintatapojen tarkastelu ja niiden kehittäminen eli ymmärtäminen ja muutos. Tutkijan roolina oli ulkopuolinen osallistuja tai havainnoija. (Hirsijärvi, Remes, Sajavaara 2007, 128-137)

Käyttöönottoprosessiin liittyvä tieto oli olemassa, mutta vain pieni osa siitä oli saatavilla kirjallisena. Elenia Oy:n eri tiimien asiantuntijat, jotka ovat tekemisissä tuulivoiman liittämisestä kanssa, olivat avainasemassa tarvittavan tiedon keräämisessä. Tärkeimpänä aineistonkeruutapana toimi asiantuntijoiden haastatteleminen. Prosessikuvauksen laatimista varten haastateltiin seitsemää asiantuntijaa. Haastateltavat asiantuntijat työskentelivät Verkko-omaisuus ja investoinnit-, Mittaustiedon hallinta ja tasepalvelut-, Verkon käyttö-, Tuotteet ja palvelut-, Laskutus ja saatavienhallinta sekä Yritysasiakkaat-tiimeissä. Haastatteluiden lisäksi tietoa kerättiin paljon eri ehdoista, joita ovat laatineet esimerkiksi Fingrid ja Energiavirasto ja joita sähköverkkotoiminnassa noudatetaan, sekä ohjeistuksista ja lakiteksteistä.

Haastattelukysymykset olivat avoimia ja laadittu yksilöllisesti kullekin haastateltavalle asiantuntijalle käsiteltävä aihe huomioiden. Asiantuntijoiden kanssa käytiin syvällisesti läpi kaikki käyttöönoton osa-alueet tietoliikenneyhteyden käyttöönottoa ja EVY:ä lukuun ottamatta, sillä näistä osa-alueista oli luotu prosessikuvauksia ja muistilistoja jo aiemmin. Näitäkin aiheita sivuttiin joissain haastatteluissa, mutta niiden käsittely jätettiin yleiselle tasolle. Valmiiksi luotuja prosessikuvauksia ja niistä saatavia tietoja hyödynnettiin kuitenkin työn tuloksena syntyneen prosessikuvauksen luonnissa. Vaikka näitä osa-alueita ei käsitelty työssä syvällisellä tasolla, ne ovat kuitenkin oleellisia käyttöönoton läpiviennin kannalta.

Haastattelemisen nähtiin parhaana aineistonkeruutapana, sillä vaikka monet yleispätevät ehdot säätelevät sähköntuotannon verkkoonliittämistä, on prosessissa monia yhtiökohtaisia toimintatapoja ja aikarajoja. Haastattelemalla saatiin kattava kuva siitä, miten käyttöönottoprosessi toimii juuri Elenialla. Mikäli prosessikuvaus olisi pohjattu ainoastaan ehtoihin, ohjeisiin ja lakeihin, olisi se paljon suppeampi eikä huomioisi Elenian toimintakulttuuria. Aineiston kerääminen haastattelemalla mahdollisti myös prosessin kehittämisen, kun haastatteluissa asiantuntijoilta saatiin palautetta nykyisistä toimintatavoista sekä ideoita ja kokemuksia siitä, mitä olisi hyvä tehdä toisin ja mikä toimii nykyisellään.

## **2 Elenia Oy**

Elenia Oy on vuonna 2012 perustettu sähköverkkoyhtiö. Sen toimialueena on keskinen Suomi: Kanta- ja Päijät-Häme, Pirkanmaa, Keski-Suomi sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaa (Kuvio 2). Suurin kokonaisuudessaan yhtiön verkkoalueella sijaitseva kaupunki on Hämeenlinna. Muita osittain verkkoalueella sijaitsevia suuria kaupunkeja ovat muun muassa Jyväskylä, Lahti ja Seinäjoki. (Tietoa Eleniasta N.d.)



Kuvio 2 Elenia Oy:n toimialue (Elenian verkkoalue kartalla N.d.)

Elenian sähköverkko oli aikaisemmin Vattenfallin omistuksessa, mutta verkko myytiin yhdessä kaukolämpöliiketoiminnan kanssa vuonna 2011. Välivaiheessa, ennen Elenian perustamista, yhtiö toimi nimellä LNI Verkko. Asiakkaita on tällä hetkellä noin 425000. (Vattenfallin seuraaja on nyt Elenia 2012; Vuosikertomus 2017, 13)

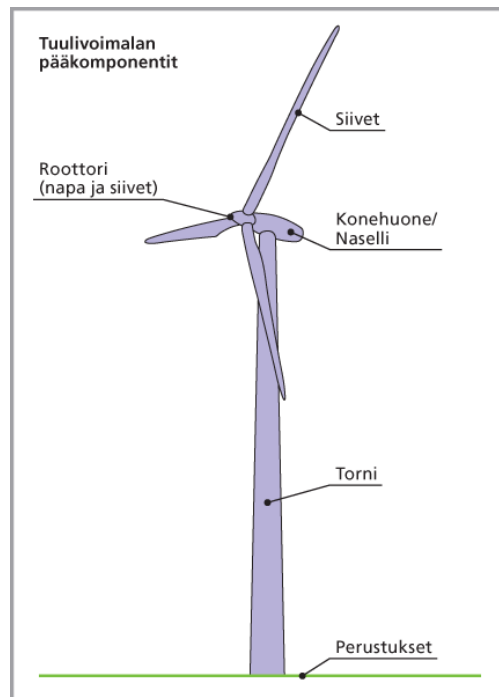
Elenialla on sähköverkkoa noin 70170 km, josta pienjänniteverkkoa on noin 43000 km, keskijänniteverkkoa 25000 km ja suurjänniteverkkoa 1100 km. Vuodesta 2009 alkaen Elenia ei ole rakentanut lainkaan ilmajohtoverkkoa, vaan kaikki uusi ja uudistettava sähköverkko on kaapeloitu maan alle. Vuoden 2017 lopussa sähköverkosta oli kaapeloitu noin 41 %. Yhtiön tavoite on, että vuonna 2028 75 % sähköverkosta on maakaapeloitu. Kaapelointia tehdään, koska sähkömarkkinalaki asettaa vaatimukset sähkön toimitusvarmuudesta ja näiden vaatimusten mukaan sähkökatko ei saa kestää asemakaava-alueella yli kuutta ja asemakaava-alueen ulkopuolella yli 36 tuntia. (Elenia Säätövarma -karttapalvelu. N.d.; Vuosikertomus 2017, 18; Sähkömarkkinalaki 2013)

Elenia Oy on osa Elenia-konsernia. Konserniin kuuluvat sähköverkkoliiketoiminnasta vastaava Elenia Oy, kaukolämpöyhtiö Elenia Lämpö Oy, asiakaspalveluja tuottava Elenia Palvelut Oy sekä rahoitusyhtiö Elenia Finance Oy. Vuonna 2017 Elenia Oy:n liikevaihto oli 261,0 miljoonaa euroa ja investointeja tehtiin 137,5 miljoonalla eurolla. Elenian verkossa siirrettiin energiaa yhteensä 6342 GWh. (Vuosikertomus 2017, 4)

### 3 Tuulivoima Suomessa

#### 3.1 Tuulivoiman perusteet ja käytettävä tekniikka

Tuulivoimalla tarkoitetaan tuulen liike-energian hyödyntämistä sähköenergiana. Liike-energia muutetaan pyörivän roottorin avulla pyörimisenergiaksi, joka puolestaan muutetaan generaattorin avulla sähköksi. Tuulen liike-energia aiheuttaa tuulivoimalan roottorin siipiin eli lapoihin vääntömomentin, joka saa roottorin pyörimään. Mitä suurempi on tuulen nopeus, sitä suurempi on sen aiheuttama vääntömomentti. Tuulivoimalan lavoissa pätee samanlainen nosto- ja vastusvoimailmiö, kuin lentokoneen siivissä: ilmavirtaukset lavan eri puolilla aiheuttavat lapaan nostavaa ja vastustavaa voimaa, joiden seurauksena lentokone nousee ylöspäin. Tuulivoimalan tapauksessa nosto- ja vastusvoiman seurauksena roottorin napaan kiinnitetty lapa pyörii vaak akselinsa ympäri. Kuviossa 3 on esitetty tuulivoimalan näkyvät komponentit. Voimaloiden on tarkoitus kestää käyttöä noin 20 vuotta, jonka jälkeen ne on uusittava. (Korpela 2016, 52,57,67; Letcher 2017, 299)



Kuvio 3 Tuulivoimalan pääkomponentit (Tuulivoimateknologia 2018)

Nykyaikaisissa sähköntuotantoon käytettävissä tuulivoimaloissa on pääasiassa kolme lapa, kuten Kuvio 3 voimalassa. Tämä johtuu roottorin vääntömomentin muutok-

sista yhden pyörähdyskierroksen aikana. Lapaan kohdistuva vääntömomentti on suurimmillaan, kun lapa osoittaa pystysuoraan ylöspäin. Vastaavasti vääntömomentti on pienimmillään, kun lapa on tornivarjossa eli osoittaa kohtisuoraan alaspäin. Mikäli roottorissa on parillinen määrä lapoja symmetrisesti sijoiteltuna, on kaksi lapa aina yhtä aikaa sekä ylä- että ala-asennossa. Tämä aiheuttaa roottoriin sekä koko voimalaan räsitystä, kun vääntömomenttien ero on suurimmillaan. Lisäksi suuri ero vääntömomenteissa aiheuttaa roottorin pyörimiseen epätasaisuutta, mikä yhdessä kovan räsituksen kanssa lisää roottorin ja koko voimalan huolto- ja materiaalikustannuksia. Kovalle räsitukselle altistuvista laitteista on tehtävä kestävämpiä ja niitä on huollettava enemmän. (Korpela 2016, 65-67)

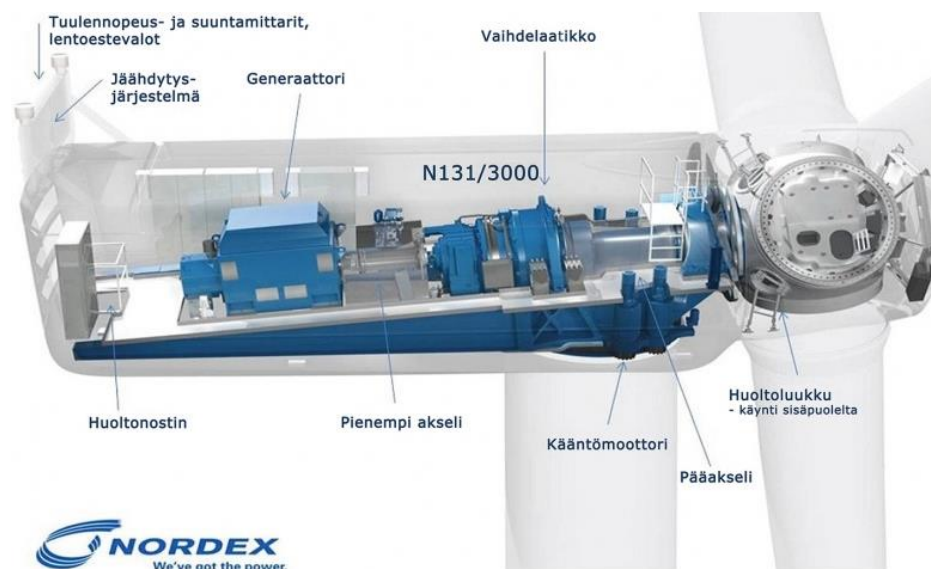
Tuulivoimalan teho riippuu tuulen nopeuden ja voimalan korkeuden lisäksi roottorin pyyhkäisyypinta-alan ja lapojen pinta-alan suhteesta eli pintasuhteesta. Tästä huolimatta parillinen lapamäärä ole järkevä. Mikäli lapojen määrää kasvatetaan, lisääntyvät myös investointi- ja huoltokustannukset. On myös tutkittu, ettei monilapainen tuulivoimala ole niin merkittävästi suurempitehoinen, että se olisi kannattavaa. Stabiilisuus-, tehokkuus- ja kustannussyiden takia nykyaikaiset tuulivoimalat ovat kolmilapaisia. Kolmilapaisessa roottorissa kaksi lapa ei ole koskaan yhtä aikaa ääriasennossaan. (Korpela 2016, 65-67; Nelson 2014, 87)

Tuulivoimala tarvitsee käynnistyäkseen noin 3 m/s tuulennopeuden. Maksimaalinen tuotto saavutetaan, kun tuulen nopeus on generaattorista riippuen noin 12 m/s. Tätä kovemmilla tuulilla voimalan teho ei enää kasva. Nykyaikaisten tuulivoimaloiden lavat on suunniteltu siten, että kovalla tuulella lavan vastusvoima kasvaa niin suureksi, ettei roottori enää pyöri. Kriittinen tuulennopeus on voimalasta riippuen noin 20-25 m/s, jonka jälkeen roottorin pyöriminen hidastuu ja lopulta pysähtyy kokonaan. Ilmatieteen laitoksen mukaan myrskytuulen raja on vähintään 21 m/s kymmenen minuutin keskituulennopeutena. Nämä myrskytuulet kuormittavat roottoria sekä voivat aiheuttaa laiterikkoja ja ovat näin ollen turvallisuusriski. Suomen olosuhteissa myrskypäiviä, eli päiviä, joina myrskytuulen ehto täyttyy, on ollut viime vuosina vaihtelevasti, merialueilla noin 10-25 kappaletta vuosittain, eli noin 3-7 % vuodesta. (Korpela 2016, 88; Letcher 2017, 29; Merialueiden tuulipäivät. N.d.; Nelson 2014, 102)

Tuulivoiman tapauksessa hyötysuhde tarkoittaa generaattorin kykyä muuttaa tuulen liike-energia sähköksi. Betzin lain mukaan tuulivoimalan teoreettinen hyötysuhde voi

olla enintään 59 %. Tämä tarkoittaisi sitä, että 100 % tuulen liike-energiasta muuttuisi sähköksi. Hyötysuhde ei kuitenkaan ole 100 %, sillä tuulivoimala ei toimi täydellisesti. Voimalassa syntyy häviöitä esimerkiksi voimansiirrossa. Modernien tuulivoimaloiden kohdalla hyvä hyötysuhde on noin 35-45 %. (Korpela 2016, 86; Wind Power Fundamentals N.d.; Wind Turbine Power Calculations N.d.)

Tuulivoimalan näkyvät komponentit ovat kuvion 3 mukaisesti torni, konehuone eli naselli sekä kolmilapainen roottori. Konehuoneen toisessa päässä on lisäksi tuulen nopeutta ja suuntaa mittaavat anturit sekä varoitusvalot lentoliikenteelle. Konehuoneen sisällä sijaitsevat muun muassa vaihdelaatikko, generaattori sekä jäähdytyslaitteisto (Kuvio 4). Tornin ja konehuoneen liitoskohdassa on usein moottori ja ratas, jolla roottorin suuntaa voidaan kääntää tuulen suunnan mukaan.

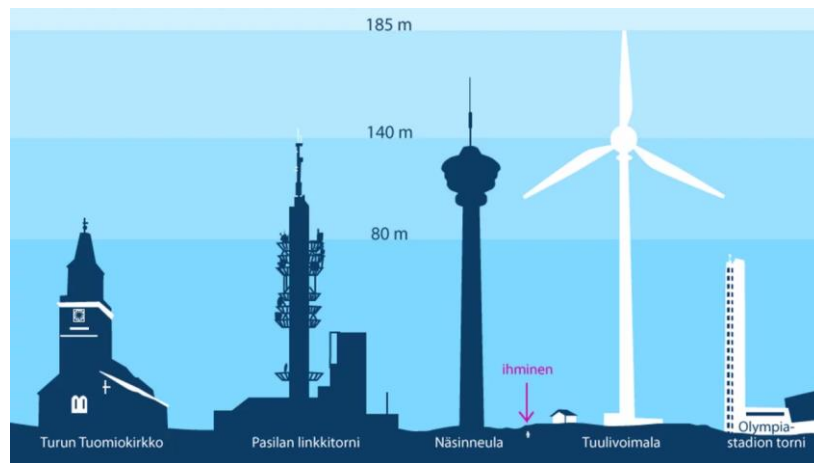


Kuvio 4 Nordex-tuulivoimalan konehuoneen rakenne (Tuulivoimaloiden rakenne N.d.)

Nykyaikaisten tuulivoimaloiden tornit voivat olla napakorkeudeltaan jopa 150 metriä ja lavat 80 metrisiä, jolloin lapojen pyyhkäisykorkeus voi ylittää jopa 230 metriin. Tuulivoimalan koko vaikuttaa oleellisesti sen tuottoon. Mitä korkeammalla ollaan maan pinnasta katsoen, sitä enemmän tuulee ja sitä tasaisempaa tuulisuus on. Vuonna 2000 tuulivoimaloiden keskimääräinen napakorkeus oli noin 80 metriä lapapituuden ollessa noin 15 metriä, joten parissa kymmenessä vuodessa voimaloiden koko on kasvanut huomattavasti. Kuviossa 5 on esitetty tuulivoimalan korkeus verrattuna ihmi-



seen ja joihinkin korkeisiin rakennuksiin. Tuulivoimalan konehuone on noin linja-auton kokoinen. (Tuulivoimateknologia 2018.; TM vieraili Suomen korkeimman tuulivoimalan konehuoneessa 2016)

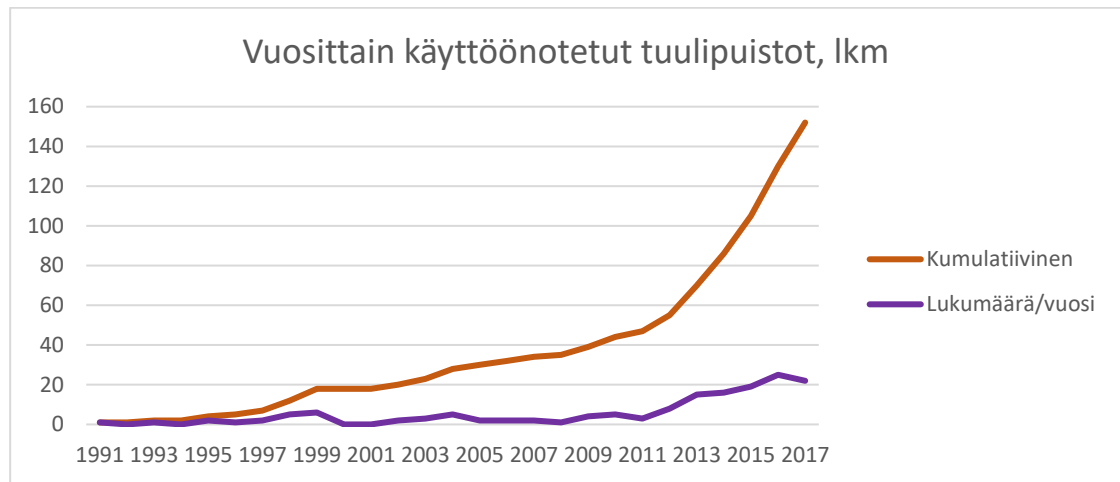


Kuvio 5 Tuulivoimalan koko verrattuna muihin rakennuksiin (Keski-Pohjanmaalle tuulivoimaa ison ydinvoimalan verran 2013)

### 3.2 Tuulivoiman tilanne nykypäivänä

Suomen ensimmäinen sähköverkkoon kytketty tuulipuisto valmistui vuonna 1991 Vaasan Korsnäsissä. Tämän jälkeen sekä tuulipuistojen määrä että yksittäisen voimalan teho ovat nousseet vuosi vuodelta. Korsnäsin ensimmäisen tuulipuiston teho oli vain 0,4 MW, kun nykyisin yksittäisen voimalan teho voi olla yli 4 MW. (Suomen ensimmäinen tuulipuisto puretaan 2017; Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet 2018)

Kuten kuviosta 6 havaitaan, Korsnäsin voimalan rakentamisen jälkeen tuulivoimarakentaminen on muutamin poikkeuksin kiihtynyt kohti 2000-lukua. Vuoteen 2012 saakka vuosittain valmistui 0-8 tuulipuistoa, mutta vuodesta 2013 alkaen määrä on vaihdellut 15 ja 25 puiston välillä. Tuulivoiman kasvun kiihtyminen vuoden 2011 jälkeen selittyy esimerkiksi tuulivoiman tukijärjestelmän eli syöttötariffin käyttöönotolla, mutta myös ilmastotietoisuuden lisääntymisellä. (Syöttötariffi 2017)

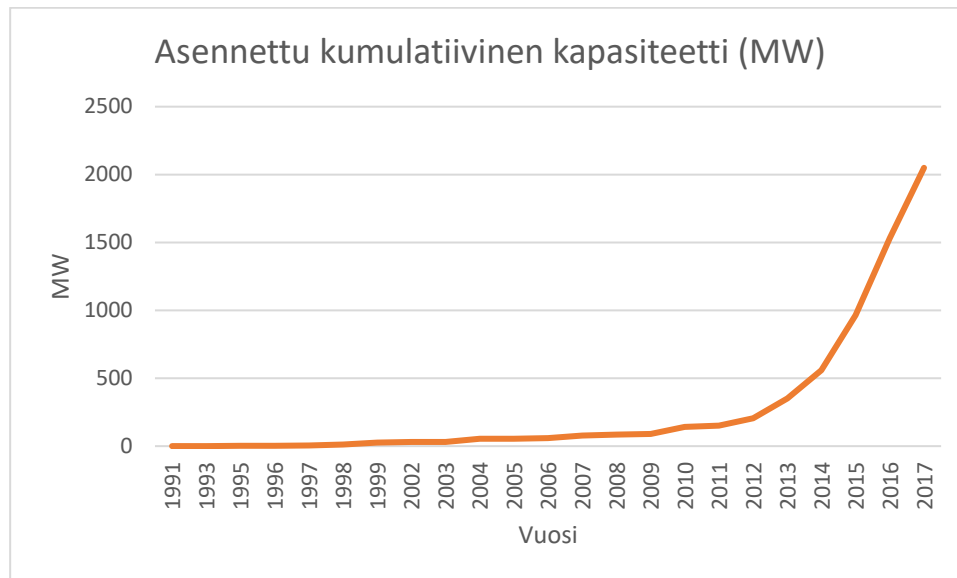


Kuvio 6 Vuosittain käyttöönotetut tuulipuistot (Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet 2018.)

Vuoden 2017 lopussa Suomessa oli yhteensä noin 150 tuulipuistoa, joissa oli yhteensä noin 700 voimalaa. Voimaloiden yhteenlaskettu kapasiteetti oli noin 2044 MW (Kuvio 7). Vuoden aikana nämä voimalat tuottivat sähköä yhteensä noin 4,8 terawattituntia. Kuvio 7 nähdään tuulivoiman kapasiteetin kehittyminen vuodesta 1991 alkaen. Tuotetun sähköenergian ja kapasiteetin perusteella saadaan Suomen tuulivoiman kokonaishuipunkäyttäjäksi vuonna 2017 kaavalla

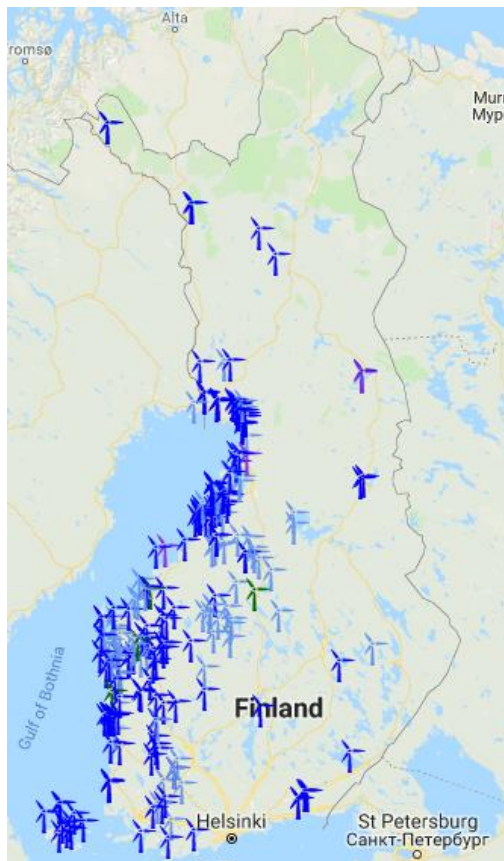
$$\text{Huipunkäyttöaika} = \frac{4,8 \text{ TWh}}{2044 \text{ MW}} \quad (1)$$

noin 2300h. Tässä ei huomioida maa- ja merituulivoiman eroja huipunkäyttöajassa. Tuulivoiman hyvänä huipunkäyttöaikana voidaan yleisesti pitää 2400 tuntia. (Korpela 2016, 86; Tuulivoima Suomessa N.d.; Sähkötase 1970-2017 2018)



Kuvio 7 Vuoteen 2017 mennessä asennettu kapasiteetti (Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet 2018)

Kuviosta 8 havaitaan, että tuulivoimarakentaminen on edelleen keskittynyt rannikolle ja valtaosa tuotannossa olevista puistoista (tummansiniset) ovat Länsi-Suomessa lähellä rannikkoa. Voimaloita on kuitenkin suunnitteilla (vaaleansiniset) ja rakenteilla (violetit) myös sisämaahan. Vuonna 2013 vihittiin käyttöön Suomen ensimmäinen sisämaan tuulipuisto, kymmenen voimalan Varevaara Tervolassa. Tämän jälkeen myös sisämaahan rakennettavien tuulipuistojen määrä on lisääntynyt. (Suomen ensimmäinen sisämaan tuulipuisto vihittiin käyttöön bioenergiakunta Tervolassa 2013)



Kuvio 8 Valmiit ja rakennusvaiheessa olevat tuulipuistot kartalla (Map of projects. N.d.)

42 % Suomen kaikista tuulivoimaloista sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla. Kunnat, joiden alueella tuulivoimaa on eniten, ovat Pohjois-Pohjanmaan Kalajoki ja Raahe. Vuoden 2017 lopussa noin viidesosa koko Suomen tuulivoimasta oli kytketty Elenia Oy:n sähköverkkoon. Tämä tarkoittaa yhteenlaskettuna noin 476 MW:n liittymistehoa ja yhdeksäätoista tuulipuistoa, jotka ovat kooltaan muutamista megawateista useisiin kymmeneen megawatteihin. (Tuulivoima Suomessa 2017, 4; Vuosikertomus 2017, 33)

### 3.3 Tuulivoiman tulevaisuudennäkymät

Tuulivoiman tuotantokapasiteetin voidaan olettaa kasvavan. Kuten luvussa 1.1. todettiin, Suomen ja koko EU:n ilmastopolitiikka velvoittaa luopumaan fossiilisista polttoaineista eli kivihilestä, öljystä ja turpeesta. Samalla uusiutuvaa energiaa lisätään ja kehitetään vaihtoehtoisia energiamuotoja. Suomen hallituksen päätöksen mukaan kivihilen poltto voimalaitoksissa loppuu vuoteen 2029 mennessä, kun se kielletään lailla. Tällöin Suomen sähköntuotantoon jää yksinään kivihilestä johtuen noin 9,5%:n vaje, joka tulee kattaa uusiutuvilla energianlähteillä. Todellisuudessa vaje voi olla

vielä suurempi, kun vanhoja voimalaitoksia poistuu käytöstä samalla, kun energiantarve kasvaa. Suomen energia- ja ilmastostrategian mukainen tavoite on, että vuonna 2030 tuulivoimalla tuotetaan noin 8 TWh:a sähköä. (Energiavuosi 2017 Sähkö 2018; Ministeri Tiilikainen: Kivihiilen kieltö 2029 – kannustepaketti nopeille luopujille 2018)

On tutkittu, että teknologian kehittyessä ja turbiinikoon kasvaessa tuulivoimalan sijainnin merkitys pienenee. Kuvista 8 huomataan, että suunnitteilla olevia tuulipuistoja (vaaleansiniset), on useita kymmeniä rannikkoseutujen lisäksi myös sisämaassa. Sisämaatuulipuistojen määrän voidaan olettaa kasvavan, kun rannikon tuuliolosuhteet eivät ole enää avainasemassa sähkön riittävän tuotannon kannalta, vaan tuulta riittää myös kauempana rannikosta. (Tuulivoiman lisäämiseksi on potentiaalia N.d.; Holttinen, Kiviluoma, Rinne, Rissanen 2018)

Tuulivoiman tuotannossa merkittävässä roolissa ovat olleet yhteiskunnan tuet. Nykytilanteessa tuulisähkön tuottaminen nähdään kuitenkin kannattavana myös ilman yhteiskunnan tukia. Esimerkiksi tuulivoimayhtiö TuuliWatti Oy ilmoitti keväällä 2018, että se aikoo rakentaa Suomeen ensimmäisen tuulipuiston, johon ei haeta tai käytetä lainkaan yhteiskunnan rahallista tukea. Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston tutkimuksen mukaan maalle rakennettava tuulivoima on nykyisistä energiamuodoista kannattavinta sähkön tuotantokustannuksia tarkastellen, kun ei huomioida sähkön varastointiin liittyviä tekijöitä. Tutkimuksessa laskettiin sähkön omakustannushinta annuiteettimenetelmällä ilman liikevoittoa. Tuulivoima saavutti vertailussa kärkipaikan sekä ilman päästökauppaa että päästökaupan huomioinnin kanssa. Tutkimuksen tekijöiden, Aija Kivistön ja Esa Vakkilaisen, mukaan tuulisähkön edullisuuden vaikuttavat erityisesti käytettävän tekniikan kehityksen myötä tuleva turbiinikokojen kasvu ja kustannusten lasku. Tämä voidaankin nähdä yhtenä oleellisena syynä tuulivoiman lisääntymiseen. (Tuulipuisto markkinaehtoisesti 2018; Kivistö, Vakkilainen 2017)

### 3.4 Tuulivoima yhteiskunnassa

Tuulivoima on julkisuudessa kiistelty ja mielipiteitä jakava aihe esimerkiksi sen melu-, maisema- ja ympäristöhaittojen takia. Erityisesti tuulivoimaloiden tuottaman infraäänin vaikutuksista terveyteen on kiistelty. Infraäänellä tarkoitetaan taajuudeltaan sel-

laista ääntä, jota ihmiskorva ei voi kuulla, mutta joka voidaan aistia tärykalvoilla esimerkiksi paineena. On uutisoitu, että tuulipuistojen lähialueiden asukkaat ovat äärimmäisissä tapauksissa joutuneet jopa muuttamaan pois kodeistaan tuulivoiman aiheuttamien terveyshaittojen, kuten huimauksen, huonovointisuuden, uniongelmiensä ja sydänvaivojen takia. (Hongisto 2015, 3; Tuulivoiman tulo naapurin ajoi perheen kodistaan 2015)

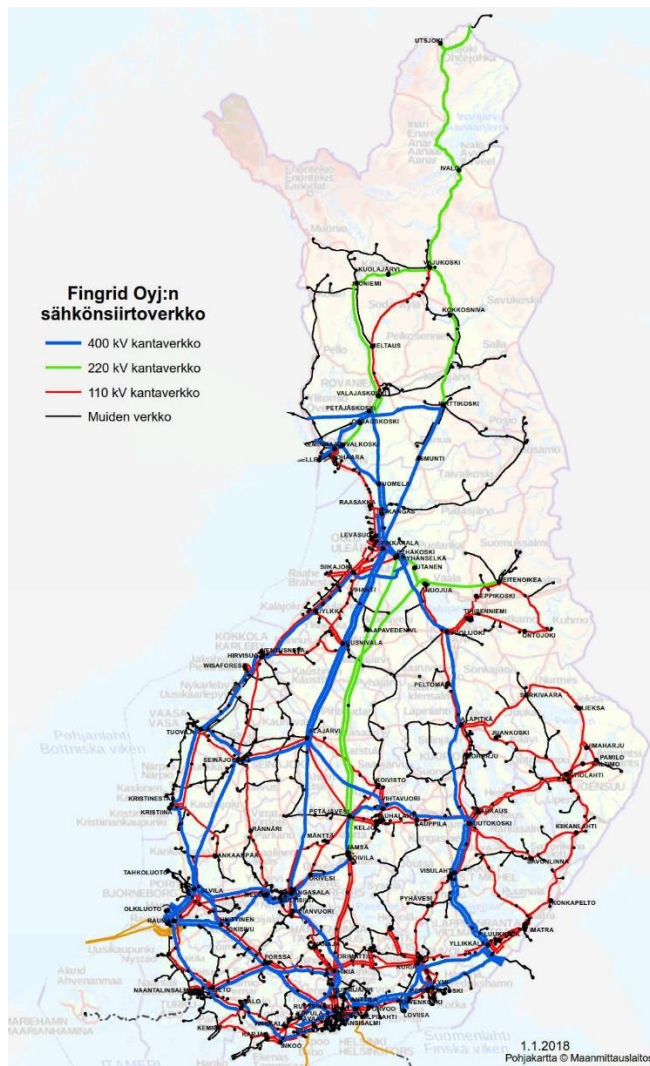
Tuulivoimaloiden melua on tutkittu esimerkiksi työterveyslaitoksen ja Ramboll Finland Oy:n toimesta. Tutkimus ”Tuulivoimamelun häiritsevyys kahdella tuulivoima-alueella”, jossa tutkittiin kahden kilometrin säteellä kahdesta eri tuulivoima-alueesta asuvien henkilöiden kokemuksia osoittaa, että tuulivoimamelun häiritsevyyteen vaikuttaa oleellisesti etäisyys tuulivoimalasta. Suomessa tuulivoimalan tuottama melu saa yöaikaan olla äänenvoimakkuudeltaan enintään 40 desibeliä. Tuulivoimaloiden tuottaman infraäänien vaikutuksia terveyteen ei ole tutkittu, ja esimerkiksi Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksen mukaan paineita jatkotutkimuksiin on. Tutkimuksissa on havaittu, että voimalan etäisyyden lisäksi häiritsevyyteen vaikuttaa henkilön oma asenne tuulivoimaa kohtaan. Mikäli henkilö vastustaa tuulivoimaa, hän voi kokea sen epämiellyttävämpänä kuin henkilö, joka kannattaa tuulivoimaa. (Hongisto, Suokas, Varjo, Yli-Kätkä 2015; Tietoa tuulivoimamelusta N.d.; Tuulivoimaloiden tuottaman äänen vaikutukset terveyteen 2017)

Maisema- ja terveyshaittojen lisäksi tuulivoimaa on vastustettu kalliiden tuotantotukien sekä epävakaa ja säästä riippuvaisen tuotannon takia. Keväällä 2018 julkaistiin uusi uusiutuvan energian tukimalli, jossa kilpailutetaan vuosittain tietty määrä tuotantoa ja sähköntuottajaa, joka pystyy tuottamaan tietyn määrän sähköä halvimalla, pääsee preemiojärjestelmän piiriin. Mikäli sähkön markkinahinta ylittää tietyn rajan, ei preemiota makseta ollenkaan. Aikaisemmin käytössä ollut tukimalli, eli syöttötariffia, on kritisoitu muun muassa sen kalleudesta. Syöttötariffimallissa tuulivoimatuottajalle on maksettu sähkön takuuhinnan 83,5 €/MW ja sähkön markkinahinnan välinen erotus. Sähkön hinta on ollut usean vuoden ajan matalalla, mikä on johtanut suuriin tukiosuuksiin. (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annetun lain muuttamisesta 2018; Tuet tuulivoiman rakentamiselle 2018)

## 4 Tuulipuistoliittymän perustaminen

Tuulipuistoliittymän käsittely verkkoyhtiön näkökulmasta on kuvattu karkeasti kuviossa 1. On kuitenkin huomattava, että todellisuudessa eri vaiheiden rajat eivät ole kuvion tavoin selkeästi ja yksiselitteisesti määriteltävissä, vaan ne voivat olla osittain samanaikaisia toistensa kanssa ja vaihdella aina projektista riippuen. Kuitenkin jokaisessa Elenian verkkoon liittyvässä tuulivoimaprojektissa esiintyvät nämä samat vaiheet jossain muodossa.

Sähkömarkkinalain pykälä 20 määrää, että jakeluverkonhaltijan on pyynnöstä liitettävä sähköverkkoonsa sen toimialueella olevat voimalaitokset, jotka täyttävät tekniset vaatimukset. Lain nojalla verkkoyhtiö ei siis voi kieltäytyä liittämästä esimerkiksi tuulivoimaa verkkoonsa, mikäli laitos on teknisesti oikeanlainen ja sen perustaminen on tehty lakeja ja muita määräyksiä noudattaen. Käytännössä sähköntuotannon liittämiseen vaikuttaa myös verkon kapasiteetti eli onko olemassa olevassa verkossa tilaa uudelle tuotannolle. Mikäli jakeluverkonhaltijan verkossa ei ole tilaa, voidaan tarkastella vaihtoehtoa, jossa laitos liittyy suoraan Fingridin kantaverkkoon. Valtaosa Elenian sähköverkkoon liittyneistä tuulipuistoista on liittynyt 110 kV:n verkkoon, mutta liityntöjä on myös 20 ja 30 kV:n verkoissa. Kuviossa 9 on esitetty Suomen suurjännitteiset voimalinjat, joihin valtaosa Suomen tuulivoimasta on liittynyt. Liittymisen hinnoittelun tulee olla tasapuolista eri toimijoiden kesken, eikä ketään saa suosia tai syrjiä voimalaitosten perustamisessa. Mikäli tuotannon liittäminen vaatii uuden sähköverkon rakentamista, voivat liittymien hinnat nousta useisiin satoihin tuhansiin euroihin. Mikäli liitytään kantaverkkoon, liittymän hinta on vähintään 0,6 miljoonaa euroa ilman arvonlisäveroa. (Sähkömarkkinalaki 2013; Maksut n.d.)

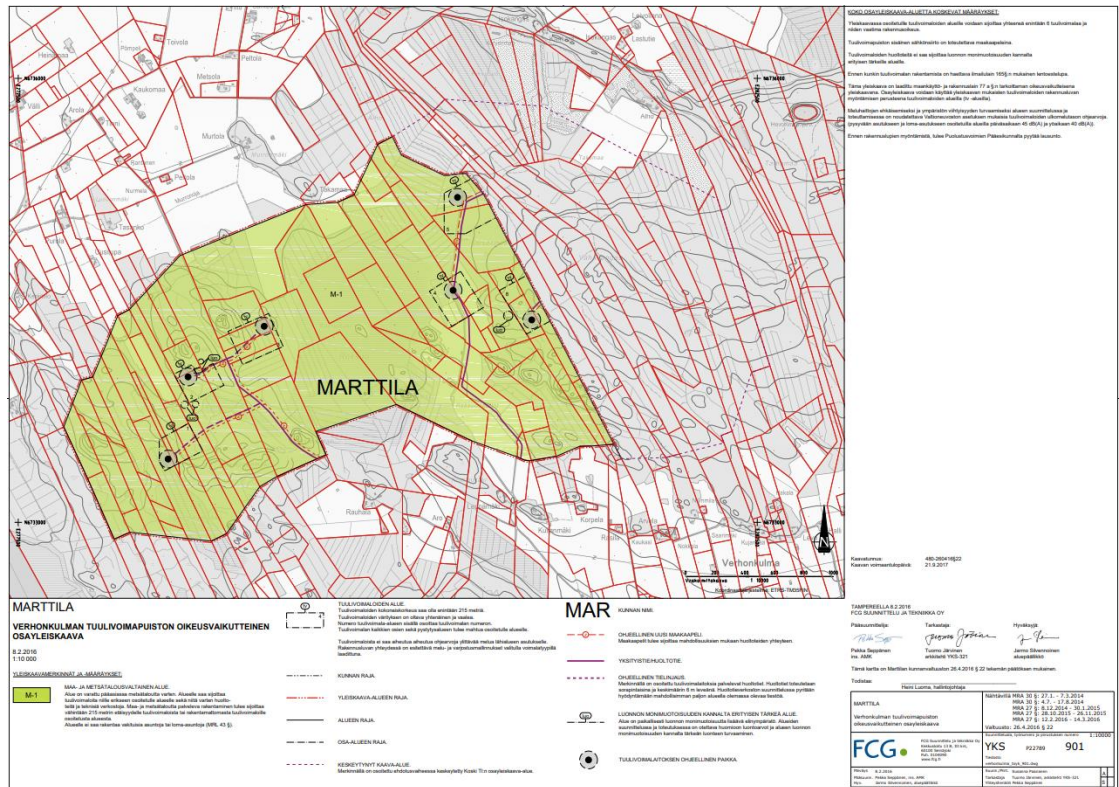


Kuvio 9 Suomen suurjännitteinen sähköjakaiverkko (Fingridin sähkösiirtoverkko 2018)

Tuulipuiston rakentaminen edellyttää joitakin viranomaisen myöntämiä lupia. Tuulipuiston omistajan vastuulla olevia lupia ovat esimerkiksi rakennuslupa, ympäristölupa, vesilupa ja lentoestelupa. Rakennuslupa tarvitaan poikkeuksetta aina, mutta muiden lupien tarve on tapauskohtainen, riippuen tuulipuiston suunnitellusta sijainnista. Mikäli alueelle on jo kaavoitusvaiheessa suunniteltu tuulipuisto, ei muita lupia välttämättä tarvita (Kuvio 10). Kaavoituksessa määritellään voimaloiden, tien, kunnallistekniikan sekä tarvittavien kaapeleiden sijainnit. Ympäristö- tai vesilupa voidaan vaatia, mikäli tuulipuisto rakennetaan veteen, tai sillä on paljon vaikutuksia ympäristöön. Lentoestelupa puolestaan vaaditaan aina, kun rakennelman korkeus ylittää 60 metriä. Verkko-yhtiö tarvitsee niin ikään lupia, mikäli sen on tarpeen rakentaa uutta sähköverkkoa. Uuden sähköverkon rakentamista varten tarvitaan maankäyttölupa



maanomistajalta. Mikäli olemassa olevaa sähköverkkoa joudutaan tuulivoiman liittämisen yhteydessä muokkaamaan, ei tähän tarvita erillisiä lupia, sillä sähköverkon omistaja saa tehdä verkon kunnostustöitä olemassa olevalla johtokadulla ilman erillisten lupien hakemista. Viranomaislupien lisäksi tuulivoimaloiden sijoittelussa on otettava huomioon etäisyys asutukseen sekä tärkeimpiin liikenneväyliin niin, etteivät voimat ja niistä lähtevä ääni tai välke häiritse asutusta tai aiheuta vaaraa liikenteelle. (Lupamenettelyt 2018; Tuulivoimaohje 2012)



Kuvio 10 Esimerkki tuulivoimaosayleiskaavasta (Verhonkulman tuulivoimaosayleiskaava 2017)

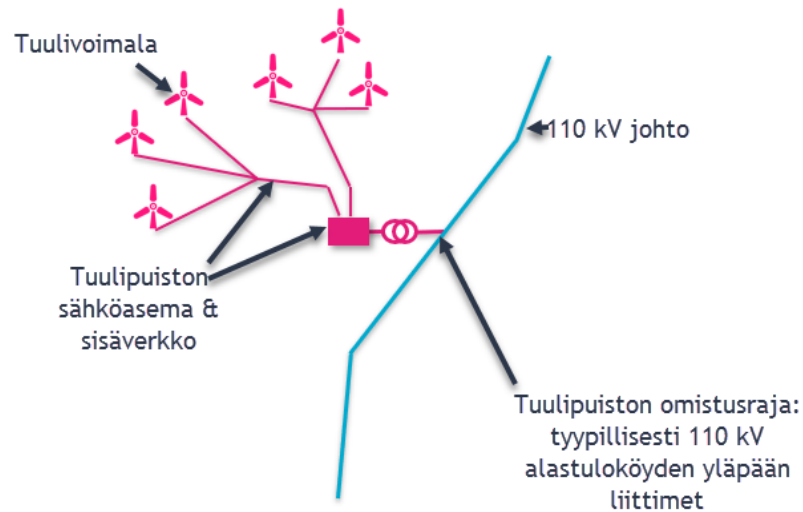
Tuulipuiston perustaminen alkaa kyselyvaiheella, kun tuulivoimatoimija suunnittelee tuulipuiston rakentamista ja tiedustelee verkkoyhtiöltä liittämismahdollisuutta. Tässä vaiheessa verkkoyhtiö tarkastelee sähköverkon kapasiteettia ja muita liittymiseen vaikuttavia asioita, esimerkiksi tarvetta uuden verkon rakentamiseen tai olemassa olevan verkon saneeraussuunnitelmia. Elenia periaatteiden mukaan liittymän hintaa ei tässä vaiheessa tarvitse vielä määrittellä tarkasti, vaan se tehdään liittymätarjouksen yhteydessä. Elenia vastaanottaa vuosittain kymmeniä kyselyjä uusista tuulivoimaliittymistä, joista vain osa toteutuu. Mikäli jokainen liittymistarjous suunniteltaisiin ja laskettaisiin jo tässä vaiheessa tarkasti, tulisi siitä merkittävästi lisää työtä.

Moni kyselyistä myös jää tähän vaiheeseen, koska alustavissa tarkasteluissa liittymää ei voida tarjota esimerkiksi siksi, että tuulipuistolla ei ole lainvoimaista kaavaa tai siksi, että alue on olosuhteiltaan kannattamaton tai mahdoton rakennettavaksi.

Jotta liittymästä voidaan tehdä virallinen tarjous, tulee Elenian määritellä liittymän toimitusaika sekä suunnitella alustavasti tarvittava uusi sähköverkko ja sen suojaukset, tietoliikenneyhteydet ja muut mahdolliset liittämiseen vaikuttavat asiat. Asiakkaalle toimitetaan Elenian sähköverkon suojauksen reunaehdot, joiden mukaan tuulipuiston suojaukset on asetettava. Tuulipuistoliiittymien liittäminen voi vaatia mittavia, jopa muutamien miljoonien investointeja, joten yhtiön johdon tai hallituksen on hyväksyttävä sekä liittymän hinnoittelu että investointi ennen kuin tarjous voidaan toimittaa asiakkaalle. Liittymistarjous on voimassa tietyn määräajan, eikä liittymää voida välttämättä tarjota uudestaan määräajan umpeutumisen jälkeen. Tarjoamiseen vaikuttavat esimerkiksi muut samaan johtoon suunnitellut tuulivoimaprojektit, jotka voivat varata verkon kapasiteettia tekemällä liittymissopimuksen.

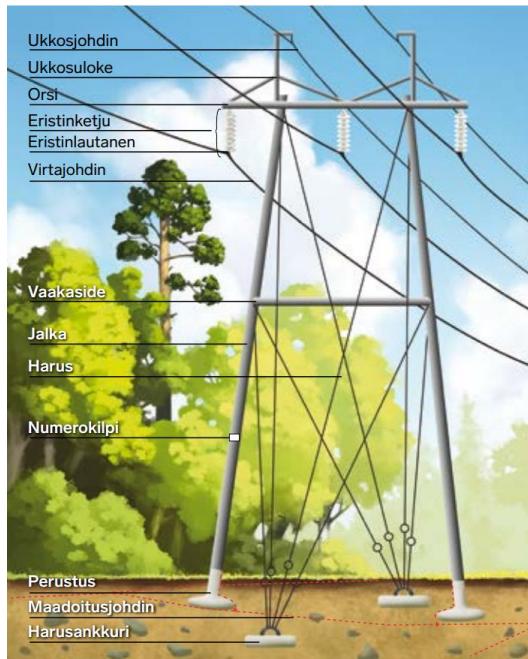
Liittymissopimus tehdään, kun tarjous on hyväksytty ja liittymä tilattu. Liittymissopimuksessa määritellään tuulipuiston liittymiskohta sähköverkkoon, liittymismaksu sekä aikataulu, jonka mukaan se maksetaan, liittymisteho, sovellettavat sopimusehdot sekä tarvittavat tekniset vaatimukset. Elenian puolesta liittymissopimuksen edellytyksenä on, että tuulipuistolla on lainvoimainen kaava. Liittymissopimuksissa voi olla myös muita ehtoja, esimerkiksi aikaraja, johon mennessä puistolle on haettava rakennuslupaa tai johon mennessä puiston on oltava käytössä. Mikäli aikaraja ylittään, sopimus voi raueta.

Rakennusvaiheessa tuulivoimatoimija rakentaa oman aikataulunsa mukaan voimaloita ja muita tuulipuiston osia. Verkkoyhtiö rakentaa tässä vaiheessa tarpeen mukaan omaa sähköverkkoaan. Merkittävät verkon suunnittelu -ja rakennusurakat kilpailutetaan. Rakennusvaihe on pitkä prosessi ja voi kestää rakennettavan uuden sähköverkon määrästä ja jännitetasosta riippuen jopa useita vuosia. Verkkoyhtiö rakentaa sähköverkon liittymissopimuksessa merkittävään liittämiskohtaan eli omistusrajaan asti (kuvio 11).



Kuvio 11 Tuulipuiston yksinkertaistettu rakenne

Useimmiten tuulipuisto liittyy olemassa olevaan verkkoon joko kytkinlaitosliitynnällä tai voimajohtoliitynnällä. Voimajohtoliitynnässä verkkoyhtiön ei tarvitse rakentaa uutta sähköverkkoa, mutta liittämiskohtaan saatetaan joutua rakentamaan esimerkiksi uusia pylviä, joista sähköasema liittyy verkkoon. Kuviossa 12 on kuvattu esimerkki 110 kV voimalinjan pylvästä. Liittämiskohdan jälkeen rakennettavat kohteet ovat tuulivoimatoimijan vastuulla ja omistamia. Näitä ovat esimerkiksi tuulipuiston sähköasema, sisäverkko ja itse tuulivoimalat. Huomattavaa on, että vaikka tuulipuiston sähköasema sijaitsee tavallisesti olemassa olevan voimajohtolinjan läheisyydessä, voivat itse tuulivoimalat sijaita jopa useiden kilometrien päässä sähköasemasta ja liittymispisteestä.



Kuvio 12 110 kV voimajohdon osat (Voimajohtojen huomioon ottaminen yleis- ja asemakaavoituksessa sekä maankäytön suunnittelussa N.d.)

Tuulipuiston omistus- ja hallintarajana toimii suurjänniteverkkoon voimajohtoliityntänä liittyessä useassa tapauksessa 110 kV verkon alastuloköyden yläpäähän liittimet (Kuvio 13). Liittämiskohta sijaitsee useimmiten jonkin suurjänniteverkon pylvään läheisyydessä tai tietyllä pylväsvälillä. Mikäli liitytään keskijänniteverkkoon, on normaali liittämiskohta niin ikään olemassa olevan keskijännitelinjan pylväsvälillä.



Kuvio 13 Esimerkki tuulipuiston omistus- ja hallintarajasta, voimajohtoliityntä

Ajallisesti tuulipuistoliittymän perustaminen voi kestää useita vuosia. Rakennusvaihe vaatii eniten aikaa, sillä ennen käyttöönottovaiheeseen siirtymistä puiston tulee olla rakennettu niin pitkälle, että sähköasemalle voidaan kytkeä sähköt. Sähköjen kytkentä sähköasemalle ei tarkoita sitä, että tuulivoimaloiden tulee olla valmiita, joten joissakin tapauksissa aika sähköjen kytkennästä voimaloiden käynnistämiseen voi olla useita kuukausia. Verkkoyhtiön osalta projektin alkupuoli on kevyempi, mutta käyttöönottovaiheeseen siirryttäessä vastuut ja tehtävien määrä kasvavat.

## 5 Käyttöönottoprosessin määrittely

### 5.1 Käyttöönottoprosessin rajaus

Käyttöönottoprosessi rajattiin tuulipuiston perustamisprosessissa ajallisesti niin, että se kattaa vaiheet alkaen noin kolmea kuukautta ennen sähköliittymän käyttöönottoa päättyen tuulipuiston lopulliseen käyttöönottolupaan. Tällä määrittelyllä käyttöönottoprosessi alkaa tietoliikenneyhteyden koestamisesta, jonka valmistelut on aloitettava viimeistään kolmea kuukautta ennen suunniteltua käyttöönottoa. Tuulipuiston perustamisessa käyttöönottovaihe on ajallisesti lyhyt verrattuna esimerkiksi voimaloiden rakentamiseen, mutta verkkoyhtiön näkökulmasta se on erittäin tärkeä, sillä siinä esimerkiksi varmistutaan voimalaitoksen turvallisesta ja asianmukaisesta toiminnasta, sekä asennetaan tuotantoa ja kulutusta mittaava mittalaite.

### 5.2 Tuulipuistojen suojaukset

#### 5.2.1 VJV

Kaikkien Suomessa toimivien, mitoitusteholtaan vähintään 0,8 kW:n voimalaitosten on noudatettava Fingridin voimalaitosten järjestelmätekniisiä vaatimuksia (VJV). VJV:llä tarkoitetaan kantaverkkoyhtiön asettamia vaatimuksia voimalaitosten toiminnalle ja turvallisuudelle. VJV määrittelee muun muassa sen, miten voimalaitoksen on kestettävä taajuuden ja jännitteen vaihteluita. Voimalaitos ei saa aiheuttaa sähköverkolle tai muille sähkönkäyttäjille häiriöitä tai vaaraa, vaan sen on pystyttävä toimimaan luotettavasti joka tilanteessa. Lisäksi VJV ottaa kantaa siihen, miten laitoksen on kyettävä tuottamaan ja kuluttamaan loistehoa. Voimalaitoksen liittymispisteen

verkonhaltija eli tässä tapauksessa Elenia valvoo VJV:n toteutumista ja toimii tiedonvälittäjänä voimalaitostoimijan eli liittyjän ja Fingridin välillä. Verkkoyhtiön tehtävänä on arvioida, onko voimalaitos vaatimusten mukainen ja ilmoittaa tämä tulos liittyjälle. (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 2018)

VJV2018 luokittelee voimalaitokset tyyppiluokkiin A-D sen mukaan, minkä suuruinen niiden mitoitusteho on. Taulukko 1 nähdään Fingridin luokitteluperusteet eri tyyppiluokille. Luokittelu tehdään voimalaitoksen liittymispisteen jännitetaso ja mitoitustehon perusteella.

Taulukko 1 Voimalaitosten tyyppiluokittelu mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetaso perusteella (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 2018)

Tyyppi-luokka	Liittymispisteen jännitetaso	Ehto	Voimalaitoksen mitoitusteho $P_{max}$
Tyyppi A	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 0,8 kW mutta alle 1 MW ( $0,8 \text{ kW} \leq P_{max} \leq 1 \text{ MW}$ )
Tyyppi B	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 1 MW mutta alle 10 MW ( $1 \text{ kW} \leq P_{max} \leq 10 \text{ MW}$ )
Tyyppi C	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 10 MW mutta alle 30 MW ( $10 \text{ kW} \leq P_{max} \leq 30 \text{ MW}$ )
Tyyppi D	Liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV	tai (+)	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 30 MW ( $P_{max} \geq 30 \text{ MW}$ )

Elenian verkkoon liittyneet suuret tuulipuistot ovat pääasiassa tyyppiluokissa C ja D, mutta muutamia puistoja on myös tyyppiluokassa B. Eri voimalaitosluokkien järjestelmäteknisten vaatimusten todentaminen eroaa paikoin toisistaan. Tyyppiluokan D voimalaitoksilla todentamiseen vaaditaan eniten tietoja, kun taas luokan A voimalaitoksilla todentaminen on huomattavasti kevyempi prosessi. Luokkaan A voivat kuulua esimerkiksi kotitalouksissa käytettävät aurinkopaneelijärjestelmät ja pientuulivoimalat. Voimalaitosten on läpäistävä hyväksytysti VJV-tietojen todennus ja testaukset, jotta ne voidaan ottaa lopullisesti käyttöön tuottamaan sähköä. VJV-tietojen todennus on tuulipuiston liittämiskohdan verkkoyhtiön, eli tässä tapauksessa Elenian, vastuulla. Verkkoyhtiö tarkistaa tiedot ja toimittaa ne hyväksynnän jälkeen Fingridille. (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 2018)

Kun tuulipuisto on otettu väliaikaisesti käyttöön, eli sähköasemalle on kytketty sähköt ja sähköntuotanto aloitettu, tulee laitteisto testata VJV:n 2. vaiheen mukaisesti. VJV-teisteistä tulee ilmoittaa Elenialle kytkentäaloitelomakkeella (Liite 1) vähintään viittä arkipäivää ennen testien ajankohtaa. Elenialla ei ole roolia testauksessa, mutta käyttökeskuksessa ja Fingridillä on oltava tieto testeistä, sillä ne aiheuttavat verkkoon jännitteenvaihteluita. Usein Elenian asiantuntijat haluavat kuitenkin olla mukana testauksissa. Normaalissa kytkentätilanteessa testeillä ei pitäisi olla vaikutusta jakelu- tai kantaverkkoon, mutta mikäli kytkentätilanteessa on poikkeuksia, voidaan testejä lykätä. VJV-testit on suoritettava 9 kuukauden kuluessa puiston käyttöönotosta ja testien tulokset on raportoitava 2. vaiheen mukaan viimeistään 12 kuukauden kuluessa puiston käyttöönotosta eli sitä, kun se on alkanut syöttämään tehoa sähköverkkoon. (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018 2018)

Testeissä tuulivoimaloita ajetaan eri tehoalueilla sekä testataan niiden kykyä tuottaa ja kuluttaa loistehoa. Testejä ei voida suorittaa koska tahansa, sillä niihin tarvitaan sopivat tuuliolot, eli vähintään voimaloiden käynnistymiseen tarvittava tuulennopeus. Tästä syystä kytkentäaloitelomaketta testejä varten ei voida toimittaa Elenian käyttökeskukseen kuukautta ennen, kuten kytkennän tapauksessa.

Kun VJV:n 2. vaiheen mukaiset testit on suoritettu hyväksytysti, tallennetaan voimalaitoksen kaikki tiedot Elenian tiedostoihin sekä Fingridin extranettiin. Tiedot on toimitettava viimeistään kolmen kuukauden kuluessa käyttöönototestien hyväksytystä suorittamisesta. Toimitetut tiedot ovat voimassa toistaiseksi. Mikäli voimalaitosta uusitaan, esimerkiksi saneerauksen yhteydessä niin, että sen mitoitus-teho kasvaa tai tiedot muuten muuttuvat, on se ilmoitettava liittymispisteen verkonhaltijalle. Verkko-yhtiö ilmoittaa muutoksesta valvontaviranomaiselle, eli tässä tapauksessa Energiasivastolle, jolla on oikeus päättää, vaaditaanko voimalaitokselta uudestaan VJV-prosessin läpikäynti vai ovatko aiemmin toimitetut tiedot edelleen riittävät.

### 5.2.2 Sähköverkon suojaukset ja EVY

Sähköverkkoon kytketyt tuulivoimalat, kuten kaikki muukin sähköntuotanto, on suojattava asianmukaisella tavalla, jotta ne eivät aiheuta vaaraa tai haittoja muille sähkönkäyttäjille, sähköverkolle tai itselleen. Tuulipuiston suojausten on oltava sellaisia,

että ne toimivat selektiivisesti sähköverkon suojausten kanssa, eli vian sattuessa suojaukset toimivat järjestyksessä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että jos yksittäisessä voimalassa sattuu vika, ensimmäisenä reagoivat voimalan suojaukset, sen jälkeen tuulipuiston sähköaseman suojaukset, sen jälkeen Elenian sähköaseman suojaukset ja viimeisenä kantaverkon suojaukset. Voimalaitoksen tuotantoon vaikuttavat rajat ovat tiukkoja, sillä niillä varmistetaan voimalaitoksen ja sähköverkon oikeanlainen ja ennen kaikkea turvallinen toiminta. Voimalaitoksille on määritetty rajat, joiden sisällä niiden tulee pystyä toimimaan normaaleissa olosuhteissa (Liite 2). Voimalaitos ei esimerkiksi saa toimia sallittua enempää 50 Hz:stä eli Suomen sähköverkon normaali-taajuudesta poikkeavalla taajuudella tai jännitetasolla, joka on 90-105 % puiston liittymisjännitteestä. Suojausvaatimukset säätelevät myös muun muassa sen, miten nopeasti laitoksen on tarvittaessa kyettävä irtoamaan verkosta vikaantumisen sattuessa. (Tekninen liite 2 ohjeeseen Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon – nimellisteholtaan yli 100 kVA laitoksen liittäminen 2016)

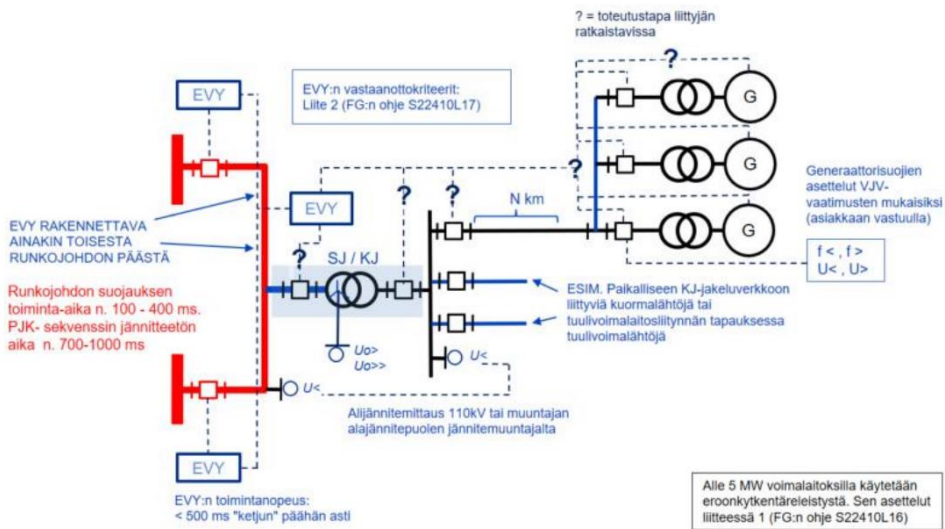
Tuulipuiston suojausten laatimisesta, toteuttamisesta ja ylläpidosta vastaa tuulivoimatoimija. Elenia vastaa oman sähköverkkonsa suojauksista. Elenia toimittaa tuulivoimatoimijalle reunaehdot, joiden rajoissa tuulipuiston suojausten on oltava. Suojauksia voidaan suunnitella yhdessä, mutta tuulipuiston osalta ne ovat tuulivoimatoimijan vastuulla eikä Elenia ota niihin kantaa muuten, kuin varmistamalla, että ne ovat annettujen rajojen sisällä.

Elenian suojausasiantuntijat suunnittelevat tarvittavat muutokset sähköverkkoon sekä tarkistavat tuulipuiston suojaukset, jotta ne ovat asianmukaisia. Tuulivoimatoimijan on toimitettava puiston päämuuntajien tiedot sekä alajännitepuolen suojaustiedot Elenialle vähintään 3 kuukautta ennen liittymän aiottua käyttöönottoa. Suojausten toiminta on testattava ennen käyttöönottoa ja tästä on tehtävä tarkastuspöytäkirja, jonka perusteella puistolle annetaan käyttöönottolupa. Mikäli suojauksia ei ole testattu asianmukaisesti tai ne eivät toimi, voidaan käyttöönottoluvan antamista lykätä. Elenia ei ota kantaa koestuksiin tai siihen, miten ne on toteutettu, vaan vaaditaan ainoastaan asianmukainen pöytäkirja tarkistettavaksi.

Elenia vaatii tuulipuistolta lisäsuojauksia eli EVY:ä, mikäli sen mitoitus-teho on vähintään 5 MW:a. EVY:llä tarkoitetaan langatonta, releillä toteutettavaa lisäsuojausyhteyttä, jonka verkkoyhtiö toteuttaa. EVY-yhteyden toteuttaminen perustuu Fingridin

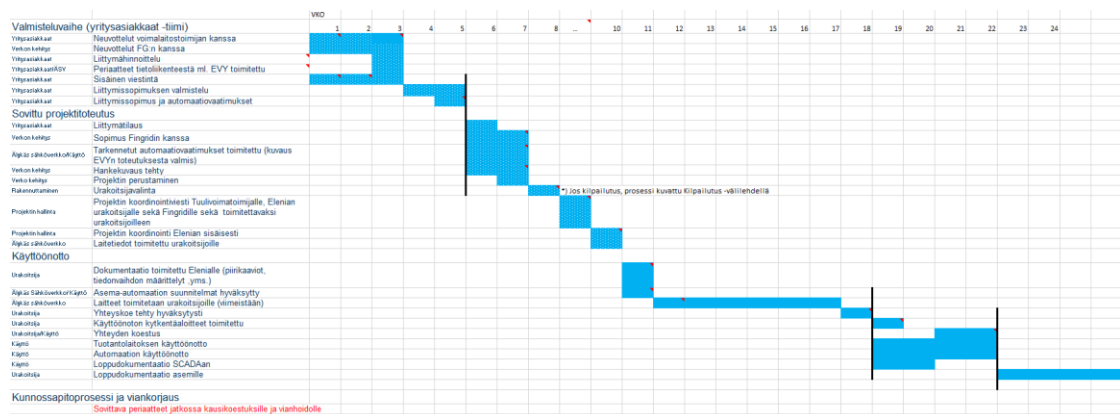


vaatimukseen. Yhteyden rakentaminen on Elenian vastuulla ja sen rakentamiseen kilpailutetaan urakoitsija. Mikäli EVY vaaditaan, tuulivoimatoimija velvoitetaan järjestämään tuulipuiston sähköasemalta tarvittavat tilat, joihin EVY-laitteet voidaan sijoittaa. EVY toteutetaan Elenian toimittamilla laitteilla. Tekniikka on langaton, ja vastaanotto- ja laukaisuehto on toteutettava erillisellä asiakkaan suojareleellä. Kuviossa 14 on esitetty yksi vaihtoehto EVY-yhteyden toteuttamisesta.



Kuvio 14 Esimerkki EVY-toteutuksesta (Kantaverkon ja asiakasliityntöjen relesuojauk 2017)

EVY:n tarve selvitetään liittymän tarjousvaiheessa ja itse EVY-prosessi alkaa jo puiston suunnitteluvaiheessa ja sen tulisi olla valmiina, kun liittymä otetaan käyttöön. Elenian EVY-prosessista on jo aikaisemmin laadittu kuvion 15 mukainen taulukko, johon on eritelty prosessin vaiheet ja kustakin vaiheesta vastaava taho. Prosessi koostuu valmistelu- toteutus ja käyttöönottovaiheista, joiden sisällä jokainen toimenpide on eritelty, aikataulutettu ja vastuutettu jollekin tiimille Elenian sisällä.



Kuvio 15 EVY-prosessikaavio

### 5.3 Tietoliikenne

Tietoliikenteellä tarkoitetaan reaaliaikaista tiedonkulkua tuulipuiston valvomosta Elenian käyttökeskuksen valvomoon. Valvomojen välillä on FEN-verkko, jonka kautta tiedonvaihto tapahtuu. Elenia vaatii sähköntuottajalta tietoliikenneyhteyttä, mikäli voimalaitoksen mitoitusteho ylittää 0,5 MW:a. Tiedonvaihdon tarkoituksena on verkkoyhtiön näkökulmasta verkon tilan valvominen eli se, että laitos toimii oikein, ei aiheuta ongelmia jakeluverkon jännitteelle tai taajuudelle sekä se, että näitä asioita voidaan valvoa reaaliaikaisesti. Reaaliaikatiedot toimitetaan edelleen Fingridille. (Reaaliaikainen tiedonvaihto 2016)

Tietoliikenneyhteydet tulee koestaa ennen tuulipuiston käyttöönottoa. Yhteyksien on oltava toiminnassa, kun puisto otetaan käyttöön. Tietoliikenteen testauksien suunnittelu on aloitettava vähintään 3 kuukautta ennen käyttöönottoa. Tarvittavat signaalilistat ja suunnitelmat tulee toimittaa Elenialle vähintään neljää viikkoa ennen käyttöönottotestejä. Itse käyttöönottotestit tulee suorittaa sovittuna ajankohtana ennen sähköaseman käyttöönottoa. Testien aikataulu tulee olla sovittuna vähintään kahta viikkoa ennen testien ajankohtaa.

Tiedonvaihdossa verkkoyhtiö saa tuulipuiston valvomosta muun muassa suojausien havahtumis- ja laukaisutiedot sekä tiedot pätö- ja loistehomittauksista ja kytkinlaitteiden asennosta. Mikäli tuulipuistolta on vaadittu EVY:ä, tietoliikenteellä saadaan tieto myös EVY-yhteyden tilasta.

### 5.4 Mittausasiat

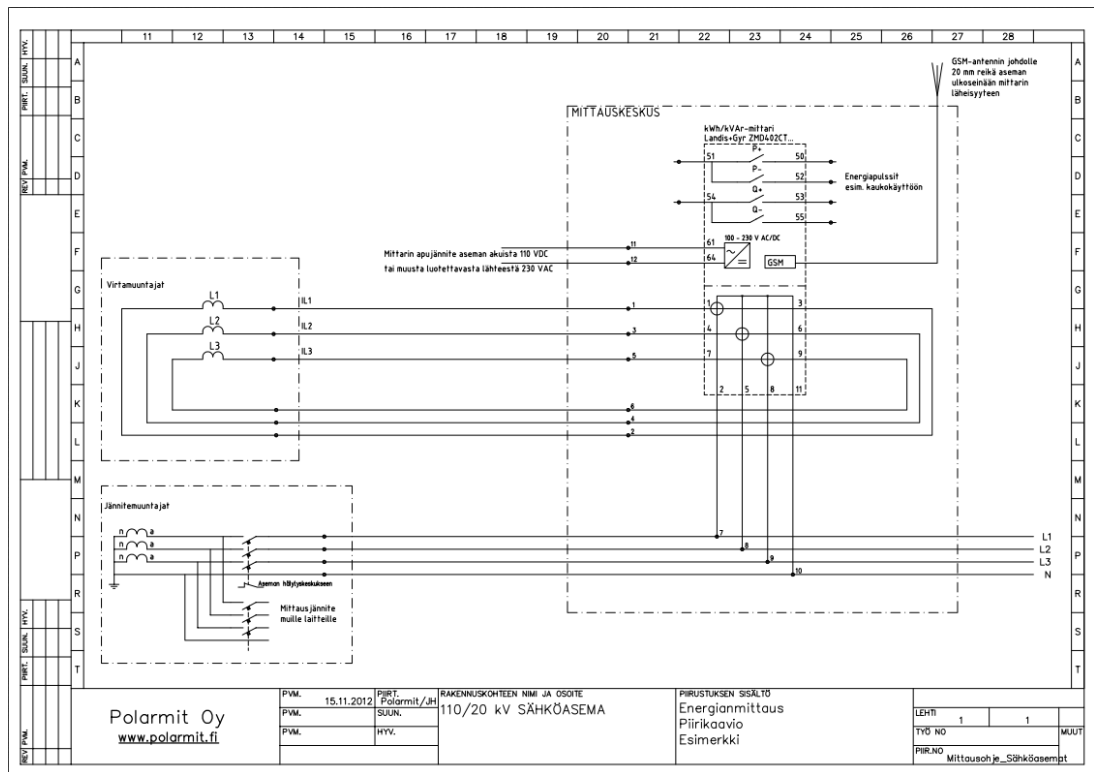
Mittaroinnilla tarkoitetaan sähkön kulutusta ja tuotantoa mittaavan mittalaitteen asennusta. Tuulipuiston sähköasemalle asennetaan Elenian toimesta yksi päämittari, jolla mitataan laitoksen kuluttama ja tuottama pätö- ja loisteho. Päämittarin lisäksi usein myös jokaiselle yksittäiselle tuulivoimalalle asennetaan oma takamittari, joka mittaa yhden voimalan tuottamaa ja kuluttamaa tehoa. Tuulipuiston takamittarit ovat myös Elenian omistuksessa ja mittausvastuulla. Mittalaitteen fyysinen paikka on usein tuulipuiston sähköaseman sisällä ja se on verkkoyhtiön omaisuutta.

Mittarointi on tilattava verkkoyhtiöltä vähintään kuukautta ennen toivottua asennusajankohtaa ja tilauksen tekeminen on asiakkaan vastuulla. Mikäli tilausta ei toimiteta annetussa aikataulussa, ei mittarin asennusta voida luvata toivottuun ajankohtaan mennessä. Tuulipuiston mittarointia varten tarvitaan kyseiseen kohteeseen valittu ja ohjelmoitu mittari, joita ei ole varastossa, vaan ne tilataan aina tapauskohtaisesti suoraan valmistajalta. Kuviossa 16 on esitetty esimerkki yhdestä mahdollisesta mittalaitteesta.



Kuvio 16 Landis+Gyr E850 -mittalaite (Kantaverkon mittarit N.d.)

Ennen mittarointia jo puiston suunnitteluvaiheessa tai heti kun mahdollista, tuulivoimatoimijan tulee toimittaa mittauskaaviot ja -kuvat sekä mittausvirtapiirien taakkalaskelmat Elenialle tarkastettavaksi (Kuvio 17). Tiedot käydään asiantuntijan toimesta läpi ja mikäli mittausjärjestelyissä ja -kytkennöissä on jotain korjattavaa, tulee toimijan tehdä tarvittavat muutokset.



Kuvio 17 Esimerkki mittauspiirikaaviosta (Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje 2012)

Normaalissa kulutuskohteen mittaroinnissa asennustyö tilataan EnerimCIS-tietojärjestelmän kautta Elenian alueelliselta urakoitsijakumppanilta. Tuulipuistojen tapauksessa mittarointia ei vielä toistaiseksi tilata EnerimCISin kautta, vaan mittaus tietojasi-antuntija toimittaa tilauksen suoraan mittauksiin erikoistuneelle sähköurakoitsijalle, joka hoitaa päämittarin ja mahdollisten takamittarien asennuksen sekä mittauksien tarkastuksen.

Tuulipuiston päämittarin on oltava paikoillaan siinä vaiheessa, kun puiston sähköasemalle kytketään sähkö. Voimalakohtaisia takamittauksia voidaan asentaa tämän jälkeen aina tarvittaessa sen mukaan, kun uusia turbiineja otetaan käyttöön. Mittalaitteen kytkennät tarkastetaan noin parin viikon jälkeen, jotta voidaan varmistua, että laite ja kytkennät toimivat oikein. Edellytyksenä tarkastukselle on riittävä kuorma mittarilla. Mittalaitteille tilataan toinen tarkastuskäynti, kun VJV-testit on suoritettu. Tällä pyritään varmistumaan siitä, että testauksissa ei ole muutettu mittauskytkentöjä eivätkä testit ole vaikuttaneet mittalaitteen toimintaan. Tarkastuskäynneillä varmistetaan, että kaikki toimii oikein eikä väärin toimimisen mahdollisuutta ole. Mit-

tauksen toimivuus on ehdottoman tärkeää, sillä tuulivoimatoimijan tuottaman sähkön määrä mitataan verkkoyhtiön mittarilla ja mittarilukemien perusteella tuulivoimatoimijalle maksetaan tuotetusta sähköstä.

Mittauksia varten tuulipuistolle on luotava käyttöpaikka- ja rajapistetunnukset. Käyttöpaikkanumerot tarvitaan jo mittarin tilausvaiheessa, sillä käyttöpaikkanumero tulee näkyville mittalaitteen kanteen tai etupaneeliin. Käyttöpaikkatunnusten luomisesta vastaavat Elenian laskutusasiantuntijat, sillä ne ovat oleellisia juuri laskutuksen kannalta. Rajapistetunnukset tarvitaan siinä vaiheessa, kun mittalaite on paikoillaan ja se mittaa energiaa. Rajapistetunnusten luonti on mittaustietoasiantuntijan vastuulla ja uudet rajapistetunnukset tulee ilmoittaa eSettille. ESett Oy on Suomen, Ruotsin ja Norjan kantaverkkoyhtiöiden omistava palveluyhtiö, jonka tehtävänä on hoitaa pohjoismaisten sähkömarkkinoiden taseselvitykset sekä laskuttaa tasepoikkeamat ja -selvityspalvelut sähköntuottajien tasevastaavilta. (Pohjoismaisen taseselvityksen käsikirja 2015)

## 5.5 KytKentä

Mitään tuotantoa ei saa liittää sähköverkkoon ilman verkonhaltijan myöntämää lupaa. Jotta tuulipuisto voidaan kytkeä, on tuulivoimatoimijan toimitettava kytkentäaloitelomake (Liite 1) Elenialle sovituksessa aikataulussa. Lomakkeella on selvitettävä perustiedot kytkennästä, vastuuhenkilöt ja ajankohta. Lomake on toimitettava Elenialle määrättyyn sähköpostiosoitteeseen viimeistään 28 vuorokautta ennen aiottua kytkentäajankohtaa, mikäli liitytään suurjänniteverkkoon. Aikaraja perustuu Fingridin vaatimukseen, sillä kantaverkkoyhtiö tarvitsee tiedon uudesta voimalaitoksesta vähintään 3 viikkoa etukäteen. Mikäli puisto liitetään keskijänniteverkkoon, riittää kytkentäaloite viittä arkipäivää ennen. Kytkennän yhteydessä johtoon, johon liitytään, on mahdollisesti tehtävä sähkönjakelun keskeytys. Suurjänniteverkon tapauksessa keskeytys tarvitaan aina, mutta keskijänniteverkon tapauksessa se ei aina ole välttämätön. Suunnitelluista keskeytyksistä on aina tiedotettava asiakkaita, joita keskeytys koskee. Elenian käyttökeskus pyrkii nykyään aikatauluttamaan kaikki vuoden aikana tulevat suurjänniteverkon keskeytykset jo alkuvuodesta, jotta kaikki toimisi niiden suhteen mahdollisimman mutkattomasti.

Elenian käyttökeskuksen ja käytön suunnittelun asiantuntijat suunnittelevat tarvittavat toimenpiteet, joilla laitos voidaan liittää sähköverkkoon. Jotta käyttöönotto voidaan tehdä, tulee puiston suojausasettelujen ja tarkastuspöytäkirjan, jossa käy ilmi suojausten ja muiden laitteiden toimivuus, olla ehdottomasti tarkastettu ja hyväksytty. Suurjänniteverkon kytkennät suunnittelee käytön suunnittelu, kun taas keskijänniteverkon kytkennät voivat mennä käytönvalvojan kautta.

## 5.6 Sopimus- ja sähköveroasiat

Ennen liittymän käyttöönottoa verkkoyhtiön ja tuulivoimatoimijan tulee allekirjoittaa verkkopalvelusopimus, jossa määritellään muun muassa laskutus-, mittaus-, verkkopalvelun laatu- ja vahingonkorvausasiat. Sopimus tehdään aina kirjallisena. Verkkopalvelusopimuksen soveltaminen alkaa sen kuukauden alusta, kun se on allekirjoitettu. Tämän vuoksi sopimus pyritään tekemään viimeistään noin kuukautta ennen käyttöönottoa niin, ettei sen soveltaminen ala takautuvasti allekirjoitushetkestä katsoen.

Jakeluverkkoyhtiö perii sen verkosta siirretystä sähköstä sähköveroa, jonka se tilittää valtiolle. Sähkön verotus on jaettu kolmeen eri veroluokkaan (

Taulukko 2). Normaali sähkönkulutus, esimerkiksi kotitaloudet ja liiketoiminta kuuluvat veroluokkaan 1. Mikäli sähkö käytetään valmistavassa teollisuudessa, kaivostuominnassa tai ammattimaisessa kasviuoneviljelyssä, voi sähkönkäyttäjä hakea siirtoa veroluokkaan 2, jossa sähkövero on matalampi kuin veroluokassa 1. Sähkön tuottajat ovat oikeutettuja sähköveroluokkaan 0 eli heidän ei tarvitse maksaa veroa sähköstä, jonka ne syöttävät sähköverkkoon. Myös voimalaitoksen tarvitsema omakäyttösähkö on verotonta. Voimalaitos voi ottaa omakäyttösähkön joko sähköverkosta, tai käyttää itse tuottamaansa sähköä. (Energiaverotusohje 2016)

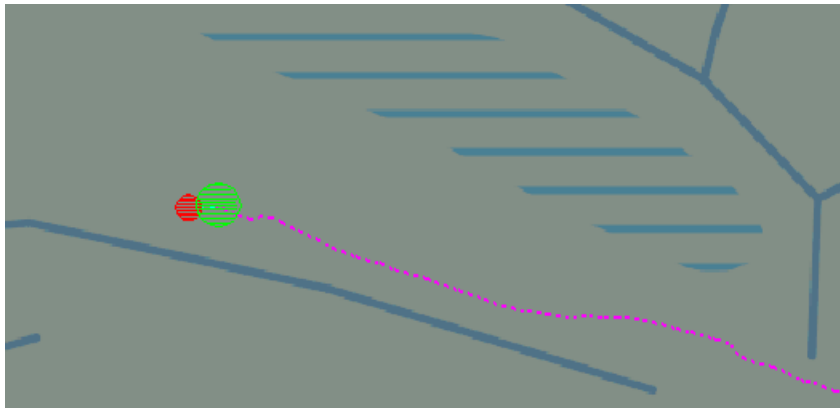
Taulukko 2 Sähköveroluokat

Veroluokka	Energiavero Snt/kWh	Huoltovarmuusmaksu Snt/kWh	Yhteensä €
I	2,24	0,013	2,253
II	0,69	0,013	0,703
0	0	0	0

Kun voimalaitos alkaa tuottamaan sähköä, tuulivoimatoimija voi hakea muutosta veroluokasta 1 veroluokkaan 0. Tällöin tuulivoimatoimijan tulee täyttää verkkoyhtiön vakuutuslomake (Liite 3). Muutosta veroluokkaan 0 voi hakea aikaisintaan silloin, kun tuotantolaitos on käynnistynyt ja tuottaa sähköä.

## 5.7 Tietojärjestelmissä tehtävät työt

Tuulipuisto ja sen eri komponentit on dokumentoitava verkkoyhtiön järjestelmiin ennen käyttöönottoa. Esimerkiksi komponentit ja liittymiskohta on piirrettävä kartalle verkkotietojärjestelmä Trimble NIS:iin (kuvio 18) ennen, kuin puiston sähköasemalle kytketään sähköt. Lisäksi käyttöönotettava sähköverkko on dokumentoitava käytönvalvontaohjelma Scadaan.



Kuvio 18 Tuulipuiston komponentteja Trimble NIS -verkkokartalla

Kuviossa 18 on esitetty esimerkki Trimble NIS -verkkokartalle piirretystä tuulipuistosta. Kuviossa pinkki viiva esittää sähköasemalta voimaloille johtavaa keskijännite-  
linjaa, vihreä pallo muuntamo ja punainen pallo kuvaa itse liittymää. Tuulivoimatoimijalta tarvitaan myös tuulipuiston sähköverkon nimi, joka on muotoa XXX0000.

Tuulivoimatoimijoita laskutetaan verkkopalvelusta kuukausittain alkaen siitä, kun mittalaite on asennettu paikoilleen. Lasku muodostuu hieman eri tavalla puiston liittymispisteen jännitetasosta riippuen. Pääsääntö on, että voimalaitokselta laskutetaan kuukausittainen perusmaksu sekä anto- ja ottoenergiaan perustuva maksu.

(Maksut N.d.)

Ennen tuulipuiston valmistumista sen nettosähköteho on ilmoitettava Fingridille. Lisäksi koko tuulivoimaprojektin ajan tulee huolehtia siitä, että projektin keskeisimpien

yhteyshenkilöiden tiedot ovat verkkoyhtiöllä saatavilla. Erityisen tärkeitä ajantasaiset yhteystiedot ovat käytönvalvonnalle mahdollisia sähköverkon poikkeus- ja häiriötilanteita varten.

Ennen tuulipuiston mittarointia eSettille on ilmoitettava tuulipuiston rajapisteet sekä tasevastaava. Yleensä tiedot toimitetaan Elenialta tuulipuiston käytönvalvonnasta vastaavalle taholle, esimerkiksi Empowerille, joka ilmoittaa tiedot eSettille.

## 6 Työn tulokset

### 6.1 Haastattelut

Työssä haastateltiin seitsemää asiantuntijaa. Määrä on lukumäärällisesti ja koko toimekiantajan henkilöstömäärään verrattuna pieni, mutta kyseiset haastateltavat olivat kukin oman osa-alueensa ammattilaisia ja asiantuntijoita, jotka ovat olleet talossa jo useiden vuosien ajan. Useamman asiantuntijan haastatteleminen ei olisi ollut ajankäytöllisesti tai aineistonkeruumielessä järkevää. Haastateltaviksi valikoituivat ne henkilöt, jotka ovat tarkasteltujen osa-alueiden kannalta oleellisimpia.

Haastatellut asiantuntijat näkivät valitun aiheen tärkeänä ja he ymmärsivät, miksi prosessikuvauksen laadinta ja kehittäminen on tärkeää. Tämä motivoi heitä keskustelemaan ja pohtimaan haastattelukysymyksiä syvällisemmin. Asiantuntijat olivat halukkaita keskustelemaan ja tekemään yhteistyötä.

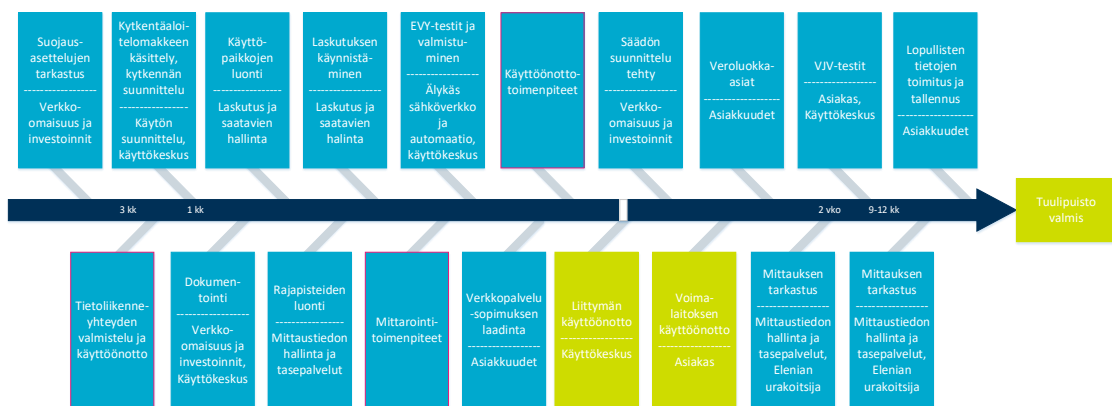
### 6.2 Prosessikuvaus

Asiantuntijahaastatteluiden ja lähdeaineiston perusteella luotiin prosessikuvaus tuulipuistoliihtymien käyttöönotosta. Haastatteluissa käsiteltiin kaikki muut osa-alueet paitsi EVY-prosessi ja tietoliikenteen käyttöönotto. Näistäkin osa-alueista luotiin olemassa olevan tiedon perusteella prosessikaaviot, jotka liitettiin työn tuloksena luotuun prosessikuvaukseen.

Prosessikaavio laadittiin niin, että päätasolle kuvattiin prosessi kokonaisuutena ja tämän jälkeen lisäkaaviota selventämään niitä prosessin osa-alueita, jotka nähtiin koko-



naisuuden kannalta niin laajoina, että ne oli esitettävä yksityiskohtaisemmin. Kaavioita selvennettiin tarvittaessa lisätietoteksteillä. Kuviosta 19 nähdään käyttöönottoprosessin päätaso, josta luotiin osaprosessien kuvauksia. Kaavio värikoodattiin niin, että siniset laatikot ovat toimenpiteitä ja vihreät laatikot prosessin osien valmistumisia, esimerkiksi sähköliittymän käyttöönotto eli sähköjen kytkentä sähköasemalle, voimalaitoksen käyttöönotto eli voimaloiden käynnistäminen ja sähköntuotannon aloittaminen sekä viimeinen vihreä laatikko eli puiston lopullista käyttöönottolupaa seuraava valmistuminen.



Kuvio 19 Käyttöönottoprosessin päätaso

Prosessikuvauksista ja selitysteksteistä luotiin yhtenäinen PowerPoint -diaesitys, joka oli työn lopputulos toimeksiantajalle. Lopputulos on nähtävillä liitteessä 4. Prosessin eri tasot piirrettiin Microsoft Visio -ohjelmalla. Piirretyt kuvat sekä kasattu PowerPoint-esitys tallennettiin toimeksiantajan verkkolevylle, josta niitä voidaan tarvittaessa käyttää ja muokata, mikäli prosessiin tulee muutoksia tulevaisuudessa.

## 6.3 Käyttöönottoprosessin kehityskohteet ja jatkotoimenpiteet

### 6.3.1 Materiaalien päivitys

Asiantuntijahaastatteluissa huomattiin, että jotkut tuulivoimaprosessissa tarvittavat ohjeistukset ja materiaalit kaipaavat päivittämistä. Esimerkiksi verkkoyhtiön ohjeistus "Tuulivoimahankkeiden tekninen määrittely" vuodelta 2014 tarvitsee päivitystä joiltain osin, muun muassa ajantasaisen VJV-tiedon osalta. Tätä päivitystä on jo valmisteltu ja uuden ohjeen on tarkoitus valmistua ja astua voimaan loppuvuoden 2018 aikana.

Elenia on käyttänyt mittarointiohjeena Polarmit Oy:n 110/20 kV:n sähköasemien mittarointiohjetta. Mittausasiantuntijan haastattelussa tuli esille vaihtoehto, että Elenia loisi oman mittarointiohjeen tai sisällyttäisi Polarmitin ohjeen sisällön tekniseen ohjeeseen sen päivityksen yhteydessä. Mikäli mittausasioita ei sisällytetä tekniseen ohjeeseen, tulee kuitenkin varmistua siitä, etteivät nämä kaksi dokumenttia ole ristiriidassa keskenään.

Kytkentäaloitelomake, jolla tuulivoimatoimija tilaa sähköjen kytkennän, on päivitetty vuonna 2017, mutta asiantuntijan kanssa keskustellessa todettiin, että ohjeet lomakkeen täyttämiseen voisivat olla paremmat. Nykytilanteessa lomakkeelle on annettu täyttöohjeita (Kuvio 20), mutta tarkempien lisäohjeiden kirjoittaminen nähtiin tarpeelliseksi. Helposti täytettävä lomake palvelisi paremmin niin tuulivoimatoimijaa kuin Elenian käyttökeskusta, sillä mikäli lomake on puutteellisesti täytetty, joutuvat Elenian käyttökeskuksen asiantuntijat pyytämään tuulivoimatoimijalta lisätietoja.



### Kytkentäpyyntö

Tutustuhan aloitelomakkeen lopussa oleviin ohjeisiin ennen aloitteen täyttämistä.

Kytkentäpyynnön tila	<input type="text" value="Aloite"/>
Kunta	<input type="text"/>
Työn alkamisaika	<input type="text"/>
Työn päättymisaika	<input type="text"/>
Työn kuvaus	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Mitä tehdään ja missä, muita tarvittavia työhön liittyviä tietoja.</p> </div>

Kuvio 20 Esimerkki kytkentäaloitelomakkeen täyttöohjeesta

Palautuneista kytkentäaloitelomakkeista on havaittu se, että mikäli lomakkeen on täyttänyt uusi toimija, on siinä ollut useammin puutteita. Lisäksi keskusteluun nousi lomakkeen toimitusaikataulu ja 28 tai 5 vuorokauden aikaraja. Haastatellun asiantuntijan mielestä aikaraja etenkin 110 kV:n verkkoon liityttäessä voisi olla pitempi, mutta tässä on huomioitava myös asiakkaan kannalta se, kuinka kauan ennen kytkentää tuulivoimatoimijalla on realistisesti mahdollista toimittaa kytkentäaloitelomake.

### 6.3.2 VJV-tietojen todentaminen

Uudet VJV2018 -ehdot lisäävät verkkoyhtiön vastuuta todentamisprosessissa verrattuna aikaisempaan, eli VJV2013 versioon (Taulukko 3). VJV2018:ssa tyyppiluokkien rajat ovat matalammat kuin teholuokkien aikaisemmassa versiossa (Taulukko 1). Tämä todennäköisesti johtaisi siihen, että raskaampia VJV-prosesseja olisi tulevaisuudessa tulossa nykyistä enemmän, esimerkiksi suurien aurinkosähkölaitteistojen yleistyessä. Nykytilanteessa verkkoyhtiön asiantuntijat ovat tarkastaneet hyväksyneet tarvittavat tiedot. Asiantuntijahaastattelussa tuli esille vaihtoehto, jossa tulevaisuudessa VJV-todentamisprosessi ostettaisiin talon ulkopuolelta konsultilta.

Taulukko 3 Voimalaitosten luokittelu teholuokkiin VJV2013:n mukaan (Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset VJV2013 2013)

Teholuokka	Voimalaitoksen mitoitusteho $P_{max}$
Teholuokka 1	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 0,5 MW mutta alle 10 MW. ( $0,5 \text{ MW} \leq P_{max} < 10 \text{ MW}$ )
Teholuokka 2	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 10 MW mutta alle 25 MW. ( $10 \text{ MW} \leq P_{max} < 25 \text{ MW}$ )
Teholuokka 3	Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 25 MW mutta alle 100 MW. ( $25 \text{ MW} \leq P_{max} < 100 \text{ MW}$ )
Teholuokka 4	1) Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 100 MW ( $P_{max} \geq 100 \text{ MW}$ ) tai 2) Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 10 MW ja laitos liittyy Lapissa Valajaskosken ja Pirttikosken 220 kV:n sähköasemien Isoniemen ja Kokkosnivan johtolähtöjen takana sijaitsevaan sähköverkkoon.

Mikäli haluaa käyttää ulkopuolista konsulttia, tulee siinä kohdalla pohtia muun muassa sitä, koskisiko ulkopuolelta ostettava VJV-tietojen tarkistus esimerkiksi ainoastaan tuulivoimakohteita, kaikkia verkkoon kytkettäviä tuotantolaitoksia, joilta vaaditaan VJV-prosessin läpikäynti vai tietyn tyyppiluokan voimalaitoksia. Tässä kohtaa olisi hyvä myös arvioida, montako VJV-prosessia tulevaisuudessa tulee käydä läpi niin tuulivoiman, kuin esimerkiksi kasvavien aurinkoenergiajärjestelmien osalta.

Päätöstä ulkopuolisen konsultin käytöstä ei voida tehdä yksin näiden haastattelujen perusteella. Toimeksiantajalle esitettiin, että tästä aiheesta keskusteltaisiin tarvittavien asiantuntijoiden kanssa.

### 6.3.3 Käyttöönottopöytäkirjan tarkastus

Jotta tuulipuistolle voidaan antaa käyttöönottolupa, tulee tuulivoimatoimijan toimittaa verkkoyhtiölle käyttöönottotarkastuspöytäkirja hyväksyttäväksi. Nykytilanteessa käyttöönottotarkastuspöytäkirjan hyväksymisen hoitavat Verkko-omaisuus ja investoinnit -tiimin asiantuntijat. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja voidaan usein toimittaa verkkoyhtiölle erittäin myöhään, pahimmassa tapauksessa jopa muutamia tunteja ennen suunniteltua käyttöönottoa. Tämä johtuu siitä, että usein käyttöönottotarkastuksen tekevät tuulivoimayhtiön sähköalan asiantuntijat, jotka ovat mukana itse käyttöönotossa. He tulevat usein ulkomailta, joten pitkä aikaväli käyttöönottotarkastuksen ja käyttöönoton välillä tarkoittaa suuria kustannuksia, kun asiantuntijat ovat toimettomina. Pöytäkirjan nopea ja ennakoimattomissa oleva toimitus luo mahdollisuuden siihen, että verkkoyhtiössä pöytäkirjan hyväksyvät asiantuntijat eivät välttämättä ole tavoitettavissa, esimerkiksi loman tai sairauden takia.

Asiantuntijahaastatteluissa nousi esille vaihtoehto, jossa käyttökeskuksen vuorossa oleva käytönvalvoja voisi hyväksyä pöytäkirjan ja antaa käyttöönottoluvan. Käyttökeskuksessa on aina henkilöstöä paikalla, joten teoriassa pöytäkirja voitaisiin hyväksyä koska tahansa. Tämä nähtiin kuitenkin käyttökeskuksen osalta ongelmallisena usean syyn vuoksi. Kaikilla käytönvalvojilla ei välttämättä ole tarvittavaa kokemusta ja sen kautta tullutta osaamista pöytäkirjan hyväksymiseen. Lisäksi käyttökeskustoiminta voi olla paikoitellen niin hektistä, ettei aikaa pöytäkirjan hyväksymiseen ole.

Asiantuntijan kanssa keskustellessa keksittiin, että käyttökeskushenkilöstölle luotaisiin avuksi tarkastuslista tai mallipöytäkirja, jonka mukaan uusia tarkastuspöytäkirjoja voitaisiin hyväksyä. Käyttökeskushenkilöstöä haastatellessa puolestaan tuli esille se, että käyttökeskuksella on oltava hyväksymistä varten tarkkaan tiedossa se, mitä hyväksytään, minkä standardin mukaan ja mitä ehdottomasti pöytäkirjassa on oltava. Jatkotoimenpiteenä toimeksiantajalle esitettiin, että käytönvalvonnasta vastaava esimies, joku käytönvalvojista, nykyisen tarkastuspöytäkirjan hyväksyvät asiantuntijat sekä projektin yleiskoordinoinnista vastaava yhteyspäällikkö varaisivat palaveriajan,

jossa asia keskusteltaisiin kaikkien asianosaisten kanssa läpi ja mietittäisiin sopivaa ratkaisua.

#### 6.3.4 Viestintä projektin aikana

Sujuva ja tarkoituksenmukainen viestintä on avainasemassa missä tahansa projektissa, ja se nähtiin tärkeänä osana myös tuulivoimaprojektin etenemisen kannalta. Käyttöönoton eri vaiheita hoitavat eri tahot, joiden on tiedettävä, mitä projektissa missäkin vaiheessa tapahtuu, joten heidän on kyettävä kommunikoimaan sekä toistensa, että asiakkaan kanssa selkeästi ja tehokkaasti.

Normaalitilanteessa projektipäällikkönä toimiva yhteyspäällikkö on pääasiallinen yhteyshenkilö asiakkaan suuntaan. Kuitenkin on tarkoitus, että mikäli asiakkaan kanssa on tarpeen käydä yksityiskohtaisemmin läpi jotain tiettyä osa-aluetta, esimerkiksi suojauksien laatimista tai tietoliikenneyhteyden avaamista, voi Elenian kyseinen asiantuntija olla suoraan yhteydessä asiakkaaseen ilman yhteyspäällikköä välikätenä.

Fingrid on oleellisena osana mukana tuulivoimaprojekteissa. Yhteydenpidon kantaverkkoyhtiön kanssa hoitaa pääasiassa yhteyspäällikkö, mutta myös tarvittaessa esimerkiksi käyttökeskus. Fingridille tulee ilmoittaa perustiedot tuotantolaitoksista, milloin ne otetaan käyttöön, sekä VJV-tiedot ja testien tulokset.

Asiantuntijahaastatteluissa huomattiin, että esimerkiksi VJV-testeistä ei ole aina kulkenut tietoa mittaustietoasiantuntijalle, jotta hän voisi tilata toisen mittauksen tarkastuskäynnin urakoitsijalta. VJV-testeistä on ilmoitettava käyttökeskukseen vähintään 5 vuorokautta ennen ajankohtaa, joten käyttökeskuksen tulisi ilmoittaa tämä ajankohta myös tarvittaville asiantuntijoille.

Käyttöönottovaiheessa toimenpiteitä on käynnissä monella eri osa-alueella yhtä aikaa, joten haastatellut kokivat erittäin tärkeänä sen, että he ovat tietoisia meneillään olevista toimenpiteistä. Tällaisten projektien kohdalla yhtiön sisäinen sähköpostiliikenne saattaa kasvaa merkittävästi ja tästä kannettiin sen puolesta huolta, ettei oleellinen tieto huku sähköpostitulvaan. Yhdessä haastattelussa nousi esille yhteyspäällikön rooli projektipäällikkönä ja -koordinaattorina, joka pitäisi kaikki projektin

osapuolet riittävässä määrin tietoisena asioiden kulusta. Tämän lisäksi tuli esille vaihtoehto, että tuulivoimaprojektien ajantasainen tilanne käytäisiin pääpiirteissään läpi aina yhtiön sisäisissä, aiheeseen liittyvissä palavereissa.

Viestintään liittyen toimeksiantajalle ei esitetty konkreettisia parannusehdotuksia, mutta viestinnän tärkeyttä korostettiin ja löydetyt epäkohdat, esimerkiksi VJV-testeistä tiedottaminen, tuotiin esille.

#### 6.4 Tutkimuksen riskit ja tulosten luotettavuuden arviointi

Haastatteluissa riskinä oli, että haastateltavat olisivat vastanneet kysymyksiin oma etunsa edellä niin, että saadut tulokset olisivat tämän takia vääristyneet. Tulosten luotettavuutta testattiin jo haastatteluvaiheessa käsittelemällä joitain teemoja usean eri asiantuntijan kanssa. Vastaukset yhteisiin kysymyksiin olivat yhteneväisiä tai lähes yhteneväisiä, joten voidaan ajatella haastatteluista saatujen tietojen olevan luotettavia. Kaikilla asiantuntijoilla oli samankaltainen näkemys käyttöönottoprosessin kulusta.

Haastatteluja ei nauhoitettu ja litteroitu, vaan vastaukset kysymyksiin ja pääpointit keskusteluista kirjoitettiin sanallisesti ylös haastattelun edetessä. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska nauhoitus koettiin hankalana ja toisaalta vaivaannuttavana haastateltujen kannalta. Jokaisesta haastattelutilanteesta kirjoitettiin muistio, johon koottiin esille tulleet asiat ja pääpointit. Nauhoitusta ei siksikään valittu, koska kaikki haastatellut asiantuntijat ovat pääsääntöisesti paikalla toimeksiantajan tiloissa, joten heiltä pystyi tarvittaessa helposti kysymään tarkennuksia.

Haastattelujen ja muun aineistonkeräämisen aikana ei päässyt syntymään virheellisiä päätelmiä, sillä koko opinnäytetyön ajan joka viikko pidettiin viikkopalaveri, jossa käytiin läpi viikon aikana esille tulleet asiat ja kysymykset. Paikalla olivat työn ohjaaja, tekijä, sekä Elenian Yritysasiakkaat-tiimin esimies.

## 7 Johtopäätökset ja pohdinta

### 7.1 Käyttöönottoprosessin kriittiset osa-alueet

Käyttöönottoprosessiin perehtyessä huomattiin, että jokainen vaihe käyttöönotossa on oleellinen ja jokaisen vaiheen on toimittava. Mikäli jokin osa-alue ei toimi, se voi vaikuttaa joko suoraan johonkin toiseen vaiheeseen tai välillisesti muualle. Mittalaitteen asennus vaikuttaa esimerkiksi puiston käyttöönottoon ja laskutukseen, käyttöönottoon vaadittava keskeytys voi vaikuttaa useisiin samalla johdolla oleviin asiakaisiin ja laskutuksen häiriöt tuulivoimatoimijaan. Lisäksi kaikki vaiheet ja niiden toimivuus ja erityisesti toimimattomuus voivat vaikuttaa negatiivisesti kuvaan Elenian luotettavuudesta.

Verkkoyhtiön näkökulmasta erityisen kriittisiä vaiheita ovat käyttöönottokokeiden suorittaminen sekä mittalaitteen asennus ja tarkastukset. Mikäli voimalaitos ei toimi oikein, se voi aiheuttaa suuria vahinkoja itselleen tai muulle sähköverkolle ja sitä kautta asiakkaisiin. VJV, EVY sekä sähköverkon omat suojaukset vaaditaan, jotta voidaan olla ehdottoman varmoja voimalaitoksen oikeanlaisesta toiminnasta. Pahimmillaan voimalaitoksen virheellinen toiminta voi johtaa jopa henkilövahinkoihin. Ikävät seuraukset ovat mahdollisia, jos voimalaitos esimerkiksi jää syöttämään jännitettä verkkoon, vaikka sen olisi pitänyt pudota verkosta vian seurauksena.

Kuten luvussa 5.4 mainittiin, verkkoyhtiön asentama mittalaite on se, jonka perusteella tuulivoimatuottajalle maksetaan tuotetusta sähköstä. Siksi onkin ensiarvoisen tärkeää, että mittari toimii oikein ja mittauskytkennät ovat asianmukaiset. Oikea toiminta pyritään varmistamaan mittauspiirikaavioiden tarkastuksilla ennen mittalaitteen asennusta sekä mittauksen tarkastuskäynneillä.

Ajantasaiset yhteystiedot ovat koko tuulivoimaproessin ja erityisesti käyttöönoton kannalta ensiarvoisen tärkeitä. Prosessi ei saa missään olosuhteissa viivästyä sen takia, etteivät Elenian asiantuntijat saa yhteyttä tuulivoimatoimijaan tai päinvastoin. Käyttöönottovaiheessa useita vaiheita on käynnissä samanaikaisesti ja joskus muutoksia voi tulla lyhyellä varoitusajalla. On siis hyvin tärkeää, että yhteydenpito Elenian sisällä sekä ulospäin toimii tehokkaasti.

## 7.2 Pohdinta

Prosessikuvauksen luonnin aikana huomattiin, että kukin projektin eri osa-alueesta vastaava asiantuntija tuntee hyvin omat vastuunsa, muttei välttämättä muita osa-alueita. Tästä johtuen työn tuloksena syntynyt prosessikuvaus nähtiin hyvin tarpeellisenä ja käyttökelpoisena. Prosessikuvaus toimii työkaluna projektin koordinoinnista vastaavalle yhteyspäällikölle, mutta samalla myös tarvittavana ohjeena niille henkilöille, jotka eivät ole työtehtävissään tekemisissä tuulivoiman kanssa. Se selventää eri vaiheiden järjestyksen ja aikataulut, joten sitä voi tarvittaessa hyödyntää myös viestinnässä asiakkaan kanssa. Taso, jolla asioita käsiteltiin, nähtiin sopivana, ei liian suppeana eikä toisaalta liian yksityiskohtaisena. Valmista prosessikuvausta päästiin hyödyntämään asiakkaan kanssa marraskuun lopussa. Palaverissa asiakkaan kanssa esiteltiin osia prosessikuvauksesta.

Käyttökeskusasiantuntijaa haastatellessa kävi ilmi, että vuoden aikana tulevat 110 kV:n keskeytykset pyritään aikatauluttamaan jo alkuvuodesta. Tämä on toimintatapa hyvä, mutta tuulivoima voi joskus aiheuttaa haasteita, jos tarkkaa käyttöönottopäivää ei ole tiedossa.

Elenia on Suomen mittakaavassa iso toimija tuulivoimakentällä, joten Elenialle luotu prosessikuvaus voi tarvittaessa olla ohjeena muille, pienemmille sähköverkkoyhtiöille, joilla on vähemmän kokemusta tuulivoimaprojekteista. Valmiiseen prosessikuvaukseen ei liity Elenian puolelta salassapitotarpeita. Jotkut prosessikuvauksessa esiintyvät kohdat eivät ole yhtiösidonnaisia, vaan aikarajat niihin tulevat esimerkiksi viranomaisilta, Fingridiltä tai eSettiltä.

Tuulivoimalaitoksen rakentaminen ja liittäminen sähköverkkoon on pisimmillään jopa usean vuoden projekti. Käyttöönottoja on nykypäivänä koko Suomen tasolla parhaimmillaan noin parikymmentä vuodessa, joten ne eivät ole Elenian osalta jokapäiväisiä tai edes -kuukausittaisia. Lisäksi jokainen projekti on täysin omanlaisensa, joten prosessin liian tarkka määrittely ei ole tarkoituksenmukaista. Jos käyttöönotot olisivat päivittäisiä, niin silloin prosessin voisi määritellä vielä tarkemmin ja tiukemmin, koska silloin käyttöönoton olisi ehdottomasti edettävä sujuvasti ja ilman minkäänlaisia haasteita tai ongelmia. Vaikka käyttöönotot ovatkin melko harvinaisia, tarvitaan



prosessiin silti suuntaviivat, joiden mukaan toimitaan, sekä riittävästi valvontaa. Pitkän keston ja harvinaisuuden lisäksi tuulivoimaprosessi on myös todella laaja, joten jokaisen pienen yksityiskohdan määrittely olisi tarpeetonta.

Tämä prosessikuvaus luotiin erityisesti tuulivoimaa silmällä pitäen, mutta samankaltainen käyttöönottoprosessi voi toimia myös muille voimalaitoksille. Mikään yksittäinen prosessin vaihe ei ole sidottu pelkästään tuulivoimaan, vaan niitä voidaan hyödyntää myös muilla voimalaitoksilla. Nykypäivänä valtaosa uusista voimalaitoksista on tuulivoimaa, mutta on mahdollista, että verkkoon kytketään esimerkiksi biopolttoaineilla toimivia laitoksia, suuria aurinkovoimalaitoksia tai jopa vesivoimaa.

Mikäli prosessikuvauksen laatimista halutaan tulevaisuudessa jatkaa ja nyt laadittua runkoa syventää, voisivat esimerkiksi sähköverkon suojaukset sekä tietoliikenne- ja automaatioasiat olla sellaisia osa-alueita, joita voisi tarkastella syvällisemmin. Tämä tosin vaatisi syvempää osaamista sähkö- ja automaatiotekniikasta.

## Lähteet

Elenia Säätöpalvelu -karttapalvelu. N.d. Elenia Oy:n verkkosivusto. Viitattu 10.9.2018.  
<http://www.elenia.fi/sahko/saavarma>

Elenian verkkokartta. N.d. Elenia Oy:n verkkosivusto. Viitattu 10.9.2018.  
<http://www.elenia.fi/file/karttahaloo3pienijpg>

Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje. 2012. Ohje Polarmit Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 16.11.2018.  
[http://www.polarmit.fi/assets/site/files/apua\\_sahkomittauksiin/Mittausohje\\_Sahkoasemat\\_2012.pdf](http://www.polarmit.fi/assets/site/files/apua_sahkomittauksiin/Mittausohje_Sahkoasemat_2012.pdf)

Energiaverotusohje 2016. 2016. Verohaollinnon ohje energiaverotuksesta. Viitattu 26.10.2018. [https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56228/energiaverotusohje\\_201/#2-s%C3%A4hk%C3%B6n-verotus](https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56228/energiaverotusohje_201/#2-s%C3%A4hk%C3%B6n-verotus)

Energiavuosi 2017 Sähkö. 2018. Energiateollisuus ry:n katsaus vuoden sähköntuotantoon- ja kulutukseen. Viitattu 10.9.2018.  
[https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi\\_2017\\_-\\_Sahko.pptx](https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi_2017_-_Sahko.pptx)

Fingridin sähkösiirtoverkko. 2018. Kartta kantaverkosta Fingridin verkkosivustolla. Viitattu 15.11.2018. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/suomen-sahkojarjestelma/fingridin-sahkosiirtoverkko/>

Hirsijärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. uud. p. Helsinki: Tammi.

Holtinen, H., Kiviluoma, J., Rinne, E., Rissanen, S. 2018. Effects of turbine technology and land use on wind power resource potential. Artikkelinä Nature Energy -lehdessä. Viitattu 20.9.2018. [https://www.nature.com/articles/s41560-018-0137-9.epdf?author\\_access\\_token=PbvbOhkxLiSaiTFpTksNPNRgNOjAjWel9jnR3ZoTv0OEOh1HCXz\\_0EU2p2dmsFPVhWjYl8sNNaCVdKg3e2kuXYDkD4XVwgV45aGrVrLXVX\\_4sMaxYh4hMNnpa63tQpA-zNN31D6TX7kDMM8PPFreBQ%3D%3D](https://www.nature.com/articles/s41560-018-0137-9.epdf?author_access_token=PbvbOhkxLiSaiTFpTksNPNRgNOjAjWel9jnR3ZoTv0OEOh1HCXz_0EU2p2dmsFPVhWjYl8sNNaCVdKg3e2kuXYDkD4XVwgV45aGrVrLXVX_4sMaxYh4hMNnpa63tQpA-zNN31D6TX7kDMM8PPFreBQ%3D%3D)

Hongisto, V. 2014. Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset. Viitattu 20.9.2018.  
[http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/116854/Tuulivoimalamelun\\_terveysvaikutukset.pdf?sequence=1](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/116854/Tuulivoimalamelun_terveysvaikutukset.pdf?sequence=1)

Hongisto, V., Suokas, M., Varjo, J., Yli-Kätkä V. 2015. Tuulivoimalamelun häiritsevyys kahdella tuulivoima-alueella. Viitattu 20.9.2018.  
[http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/794-Hongisto\\_ym\\_2015\\_Ymparisto\\_ja\\_Terveys.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/794-Hongisto_ym_2015_Ymparisto_ja_Terveys.pdf)

Kantaverkon ja asiakasliityntöjen relesuojaus. 2017. Fingridin laatima ohje liityntöjen relesuojauksista. Viitattu 17.10.2018.  
[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/sahkomarkkinainformatio/kantaverkon-ja-asiakasliityntojen-relesuojausohje\\_final.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/sahkomarkkinainformatio/kantaverkon-ja-asiakasliityntojen-relesuojausohje_final.pdf)

Kantaverkon mittarit. N.d. Tuote Landis+Gyrin verkkosivustolla. Viitattu 16.11.2018.  
<https://www.landisgyr.fi/product/landisgyr-zxq-e850/>

- Keski-Pohjanmaalle tuulivoimaa ison ydinvoimalan verran. 2013. Viitattu 20.9.2018. Uutinen YLE:n verkkosivustolla. Viitattu 20.9.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-6841639>
- Kivistö, A., Vakkilainen, E. 2017. Sähkön tuotantokustannusvertailu. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 19.9.2018. [http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/143861/S%c3%a4hk%c3%b6n%20tuotantokustannusvertailu\\_ok.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/143861/S%c3%a4hk%c3%b6n%20tuotantokustannusvertailu_ok.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Korpela, A. 2016. Tuulivoiman perusteet. Tampere: Tammertekniikka.
- Laki uusiutuville energialähteillä tuotetun sähkön tuotantuesta annetun lain muuttamisesta. 2018. Finlex. Viitattu 9.11.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180441>
- Letcher, T. 2017. Wind Energy Engineering – A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines. Elsevier.
- Lupamenettelyt. 2018. Artikkelit Motivan verkkosivustolla. Viitattu 20.9.2018. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/tuulivoima/lupamenettelyt](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/lupamenettelyt)
- Maksut. N.d. Taulukko kantaverkkopalvelumaksuista Fingrid Oyj:n verkkosivustolla. Viitattu 23.10.2018. <https://www.fingrid.fi/palvelut/sahkonsiirto/maksut/#kantaverkkopalvelumaksut>
- Map of projects. N.d. Etha Wind Oy:n kartta Suomen tuulivoimaprojekteista. Viitattu 11.9.2018. <https://ethawind.com/map/>
- Merialueiden tuulipäivät. N.d. Ilmatieteen laitoksen tilastotietoa tuulesta. Viitattu 9.11.2018. <https://ilmatieteenlaitos.fi/tuulitilastot>
- Ministeri Tiilikainen: Kivihiilen kieltäminen 2029 – kannustepaketti nopeille luopujille. 2018. Tiedote Valtioneuvoston verkkosivustolla. Viitattu 23.10.2018. [https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/1410877/ministeri-tiilikainen-kivihiilen-kielto-2029-kannustepaketti-nopeille-luopujille](https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/1410877/ministeri-tiilikainen-kivihiilen-kielto-2029-kannustepaketti-nopeille-luopujille)
- Nelson, V. 2014. Wind energy. 2. painos. Boca Raton: CRC Press
- Pohjoismaisen taseselvityksen käsikirja. 2015. eSettin ohjekirjan epävirallinen suomennos. Viitattu 29.11.2018. <https://docplayer.fi/12934801-Pohjoismaisen-taseselvityksen-kasikirja-ohjeet-ja-saannot-markkinaosapuolille-7-lokakuuta-2015.html>
- Reaaliaikainen tiedonvaihto. 2016. Fingrid Oyj:n ohje. Viitattu 22.10.2018. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/kantaverkkosopimus-2012---2015/liite-2-tiedonvaihto-sovellusohje.pdf>
- Suomeen 1991-2017 rakennetut hankkeet. 2018. Suomen tuulivoimayhdistys ry:n tilasto rakennetuista tuulivoimahankkeista. Viitattu 11.9.2018. [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/1173-Wind\\_power\\_projects\\_in\\_production\\_1999-2017.xlsx](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/1173-Wind_power_projects_in_production_1999-2017.xlsx)
- Suomen ensimmäinen sisämaan tuulipuisto vihittiin käyttöön bioenergiakunta Tervolassa. 2013. Tiedote TuuliWatti Oy:n verkkosivuilla. Viitattu 11.9.2018. <http://www.tuuliwatti.fi/tiedotteet/suomen-ensimmainen-sisamaan-tuulipuisto-vihittiin-kayttoon-bioenergiakunta-tervo>

Suomen ensimmäinen tuulipuisto puretaan. 2017. Tiedote Vaasan Sähkö Oy:n verkkosivuilla. Viitattu 24.9.2018. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/suomen-ensimmainen-tuulipuisto-puretaan?publisherId=58661976&releaseld=62835576>

Syöttötariffi. 2017. Artikkelit Motivan verkkosivustolla. 12.11.2018. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa/uusiutuvan\\_energian\\_tuet/syottotariffi](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/syottotariffi)

Sähkömarkkinalaki. 2013. Finlex-tietokanta. Viitattu 21.9.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Sähkötase 1970-2017. 2018. Energiateollisuus ry:n sähkötilasto vuodelta 2017. Viitattu 8.11.2018. [https://energia.fi/files/1207/Sahkotase\\_1970-2017.xlsx](https://energia.fi/files/1207/Sahkotase_1970-2017.xlsx)

Tekninen liite 2 ohjeeseen Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon – nimellisteholtaan yli 100 kVA laitoksen liittäminen. 2016. Liite Energiateollisuus Oy:n vaatimukseen tuotantolaitosten liittämisestä. Viitattu 16.10.2018. [https://energia.fi/files/1252/tekninen\\_liite\\_2\\_-\\_yli\\_100\\_kVA\\_paivitetty\\_20160427.pdf](https://energia.fi/files/1252/tekninen_liite_2_-_yli_100_kVA_paivitetty_20160427.pdf)

Tietoa Eleniasta. N.d. Elenian verkkosivusto. Viitattu 9.11.2018. [http://www.elenia.fi/yritys/elenia\\_info](http://www.elenia.fi/yritys/elenia_info)

Tietoa tuulivoimamelusta. N.d. WindSoMe-hankkeen verkkosivusto. Viitattu 20.9.2018. <http://windsome.uwasa.fi/wordpress/index.php/tietoa-tuulivoimamelusta/>

TM vieraili Suomen korkeimman tuulivoimalan konehuoneessa. 2016. Artikkelit Tekniikan Maailman verkkosivuilla. Viitattu 20.9.2018. <https://tekniikanmaailma.fi/tm-vieraili-suomen-korkeimman-tuulivoimalan-konehuoneessa/>

Tuulipuisto markkinaehtoisesti. 2018. Artikkelit Energiauutiset-verkkosivustolla. Viitattu 12.11.2018. <https://www.energiauutiset.fi/uutiset/tuulipuisto-markkinaehtoisesti.html>

Tuulivoima Suomessa. 2017. Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n katsaus vuoden 2017 tuulivoimatilastoihin. Viitattu 10.9.2018. [http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/1092-STY\\_-\\_Vuosiraportti\\_2017\\_-\\_20180216\\_FI\\_FINAL.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/1092-STY_-_Vuosiraportti_2017_-_20180216_FI_FINAL.pdf)

Tuulivoimaloiden rakenne. N.d. Kuvio Tuulivoimayhdistys ry:n verkkosivustolla. Viitattu 21.9.2018. <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatekniikka/tuulivoimaloiden-rakenne>

Tuulivoimaloiden tuottaman äänen vaikutukset terveyteen. 2017. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Viitattu 26.9.2018. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80067/TEMrap\\_28\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80067/TEMrap_28_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tuulivoimalan tulo naapuriin ajoi perheen kodistaan. 2015. Uutinen YLEn verkkosivustolla. Viitattu 20.9.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-8377937>

Tuulivoiman lisäämiseksi on potentiaalia. N.d. Artikkelit Energiateollisuus ry:n verkkosivustolla. Viitattu 21.9.2018. [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-  
alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/tuulivoima](https://energia.fi/perustietoa_energia-<br/>alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/tuulivoima)

Tuulivoimaohje. 2012. Liikenneviraston ohje tuulivoimaloiden sijoitteluun. Viitattu 9.11.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-  
08\\_tuulivoimalaohje\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-<br/>08_tuulivoimalaohje_web.pdf)

Tuulivoimateknologia. 2018. Artikkelit Motivan verkkosivustolla. Viitattu 21.9.2018. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/tuulivoima/tuulivoima\\_suomessa/  
tuulivoimateknologia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoima_suomessa/<br/>tuulivoimateknologia)

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ympäristöstrategiasta vuoteen 2030. 2017. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. Viitattu 10.9.2018. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_v  
erkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_v<br/>erkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vattenfallin seuraaja on nyt Elenia. 2012. Artikkelit Helsingin Sanomissa. Viitattu 21.9.2018. <https://www.hs.fi/talous/art-2000002529464.html>

Verhonkulman tuulivoimaosayleiskaava. 2017. Kaava Marttilan kunnan verkkosivuilla. Viitattu 16.11.2018. [http://www.marttila.fi/fi/wp-  
content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=3710](http://www.marttila.fi/fi/wp-<br/>content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=3710)

Voimajohtojen huomioon ottaminen yleis- ja asemakaavoituksessa sekä maankäytön suunnittelussa. N.d. Fingrid Oyj:n ohje. Viitattu 11.16.2018. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid\\_kaavaohje\\_2016-  
id-20288.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_kaavaohje_2016-<br/>id-20288.pdf)

Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2013. 2013. Fingrid Oyj:n ehdot voimalaitoksille. Viitattu 12.11.2018. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-  
tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-  
vaatimukset-vjv2013.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-<br/>tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-<br/>vaatimukset-vjv2013.pdf)

Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018. 2018. Fingrid Oyj:n luonnos ehdoista voimalaitoksille. Viitattu 16.10.2018. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-  
sahkonsiirto/vjv2018-luonnos.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-<br/>sahkonsiirto/vjv2018-luonnos.pdf)

Vuosikertomus 2017. 2017. Elenia Oy:n vuosikertomus. Viitattu 10.9.2018. [http://www.elenia.com/sites/Inicom/files/attachments/Elenian%20Vuosikertomus%  
202017.pdf](http://www.elenia.com/sites/Inicom/files/attachments/Elenian%20Vuosikertomus%<br/>202017.pdf)

Wind Power Fundamentals. N.d. Luentomateriaaleja Massachusetts Institute of Technologyn verkkosivuilla. Viitattu 12.11.2018. [http://web.mit.edu/windenergy/windweek/Presentations/Wind%20Energy%20101.p  
df](http://web.mit.edu/windenergy/windweek/Presentations/Wind%20Energy%20101.p<br/>df)

Wind Turbine Power Calculations. N.d. Luentomateriaaleja The Royal Academy of Engineeringin verkkosivuilla. Viitattu 12.11.2018. <https://www.raeng.org.uk/publications/other/23-wind-turbine>

# Liitteet

## Liite 1. KytKentäaloitelomake



### KytKentäpyyntö

Tutustuhan aloitelomakkeen lopussa oleviin ohjeisiin ennen aloitteen täyttämistä.

KytKentäpyynnön tila	<input type="text" value="Aloite"/>
Kunta	<input type="text"/>
Työn alkamisaika	<input type="text"/>
Työn päättymisaika	<input type="text"/>
Työn kuvaus	<input type="text"/>
Lisätiedot	<input type="text"/>
Tietoliikenteen koestuspäivä	<input type="text"/>
Tietoliikenteen yhteyshenkilö	<input type="text"/>
Käytönjohtajan tiedot	<input type="text"/>
Työn tilaaja ja puhelinnumero	<input type="text"/>
Turvallisuustoimien valvoja ja puhelinnumero	<input type="text"/>
Työstä vastaava työn aikana ja puhelinnumero	<input type="text"/>
Työryhmän jäsenet	<input type="text"/>
Liitteet	<input type="checkbox"/> Pääkaavio <input type="checkbox"/> Signaalilista
Käytöstä vastaava	Elenia Oy Käyttökeskus, <input type="text"/>
Keskeytys- / Jt-valmisteluluvan myöntäjä	<input type="text"/>
Valmistelulupa myönnetty	<input type="text"/>
Jällekytkennät poistaa	<input type="text"/>

### Ohjeet aloitteen täyttämiseksi

#### Tilausaika

5 työpäivää  
28 työpäivää

kun kyseessä on VJV-testi  
kun kyseessä liittynyt suurjännitteiseen jakeluverkkoon, työhön liittyy suurjännitteisen jakeluverkon kytKentäjä tai kyseessä on EVY:n käyttöönotto/ testaus

#### KytKentäaloitteen käsittely ja kytKentäsuunnittelu

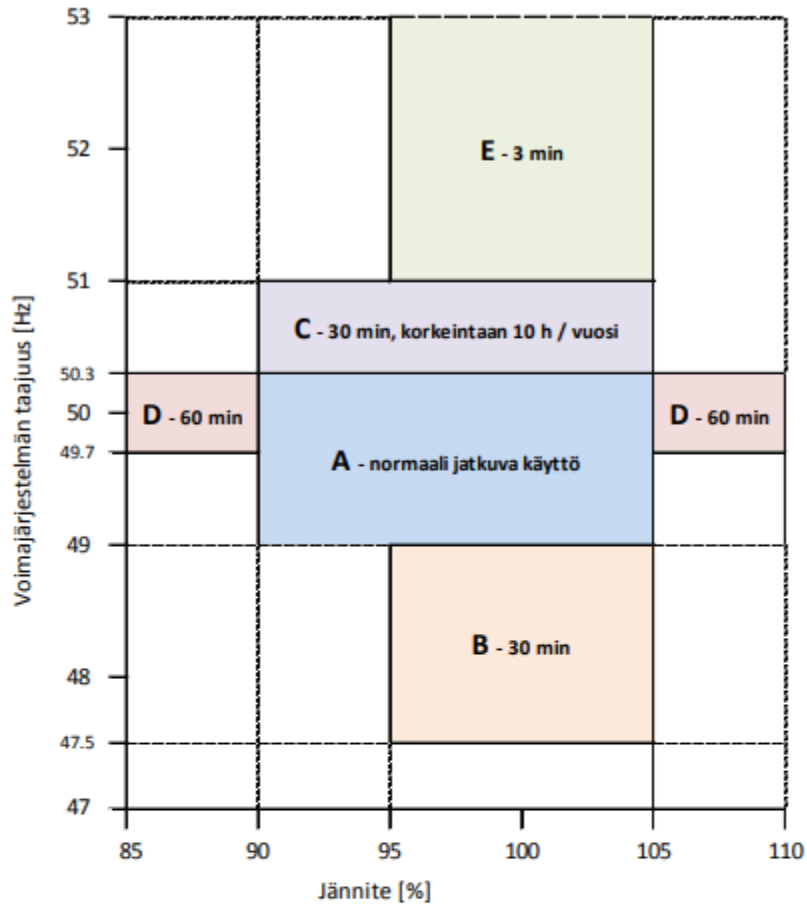
Elenian käytönsuunnittelu: vastaanottaa kytKentäaloitteet ja varmistaa työn alustavan toteutettavuuden

Elenian käyttökeskus: vastaa suurjännitteisen jakeluverkon kytKentäsuunnittelusta ja kytKentäjien toteuttamisesta

KytKentäaloitteen siirtämisestä käyttökeskuksen vastuulle/hylkäämisestä ilmoitetaan työn tilaajalle sähköpostitse.

**HUOM.** Rivien kommentteissa on ohjeita tietojen täyttämiseksi

Liite 2. Taajuus- ja jännitealueet, joilla oli 500 kVA:n tuotantolaitoksen on kyettävä toimimaan



**A:** Normaali jatkuva käyttö - voimajärjestelmän jännitteestä ja/tai taajuudesta johtuvaa pätötehon tai loistehon tuotantokäynnin alentumista ei sallita

**B:** 30 min yhtäjaksoinen käyttö - tehonalenema sallittu siten, että suurin sallittu alenema 49 Hz'n tasolla on 0% ja 47.5 Hz'n tasolla 15% (välille jäävällä taajuusalueella sallittu alenema määräytyy lineaarisesti rajataajuuksilla sallittujen alenemien perusteella)

**C:** 30 min yhtäjaksoinen käyttö yhteensä korkeintaan 10 tunnin ajan vuosittain - 10% tehonalenema sallitaan mikäli se ei aseta rajoituksia jatkaa toimintaa täydellä teholla taajuuden palaututtua alle 50.3 Hz'n tason

**D:** 60 minuutin yhtäjaksoinen käyttö - tehon sallitaan alenevan enintään 10 % täydestä tehosta

**E:** 3 minuutin yhtäjaksoinen käyttö - voimakas tehonalenema sallittu

Yllä mainittujen toiminta-alueiden ulkopuolella käyttöä tulee jatkaa teknologian sallimissa rajoissa, välitön irtikytkäminen ei ole sallittua

(Tekninen liite 2 ohjeeseen Sähkötuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon – nimellisteholtaan yli 100 kVA laitoksen liittäminen 2016)

## Vakuutus oikeudesta sähkön verottomuuteen

Vakuutan, että alla mainitulla sähkönkäyttöpaikalla harjoitetaan sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta annetun lain 1260/96 7 § määrittelemää sähkön verottomuuteen oikeutettua toimintaa tässä vakuutuksessa ilmoitetulla tavalla.

### Liittymän tiedot

Käyttöpaikan numero \*

Käyttöpaikan katunosoite \*

Postinumero \*

Postitoimipaikka \*

### Yrityksen tiedot

Asiakasnumero \*

Asiakkaan nimi \*

Y-tunnus \*

Yhteyshenkilö \*

Y-tunnus \*

Puhelinnumero \*

Sähkön verottomuuden peruste \*

- Sähköverkkovalvallinen verkkohaltija  
 Sähköntuottajan käyttöpaikka  
 Sähköisen raideliikenteen välitön käyttö

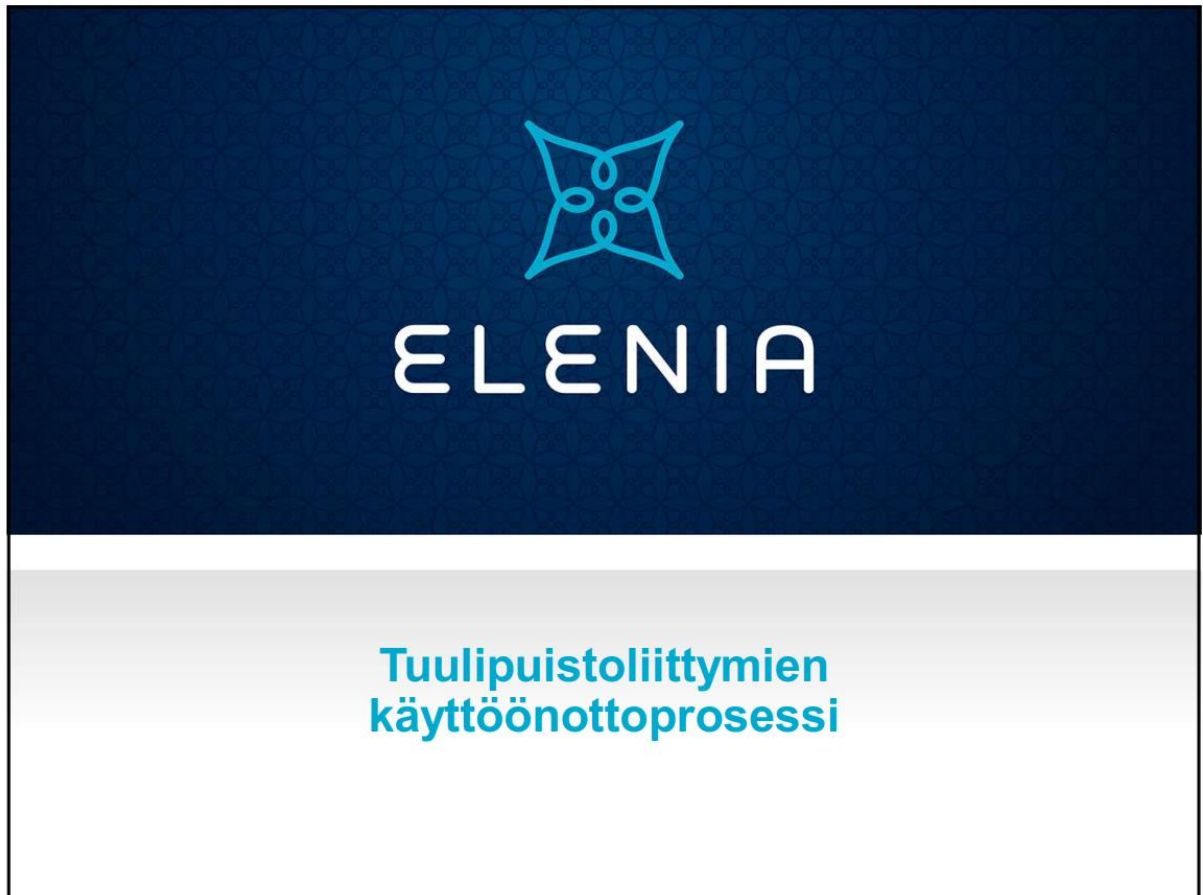
Verotuksen oikaisun haku takautuvasti

- En haae verotuksen oikaisua takautuvasti  
 Haen verotuksen oikaisua takautuvasti

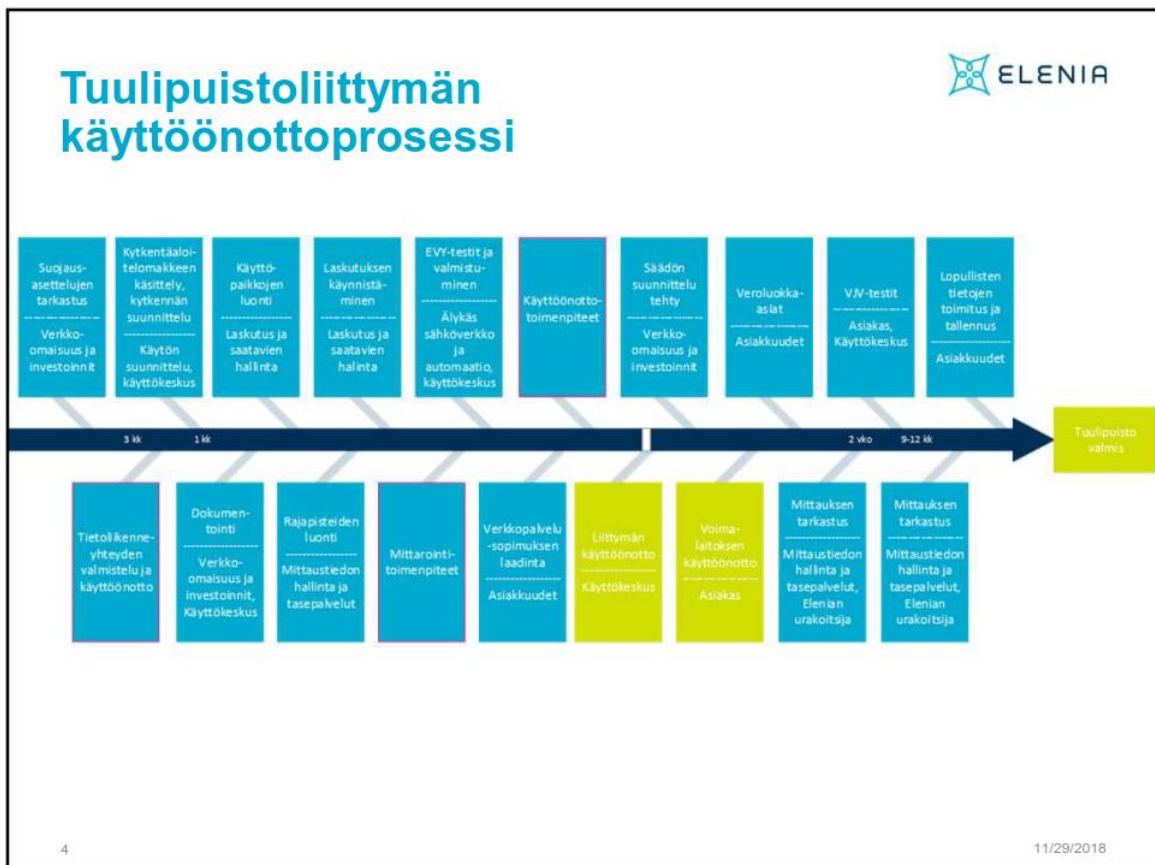
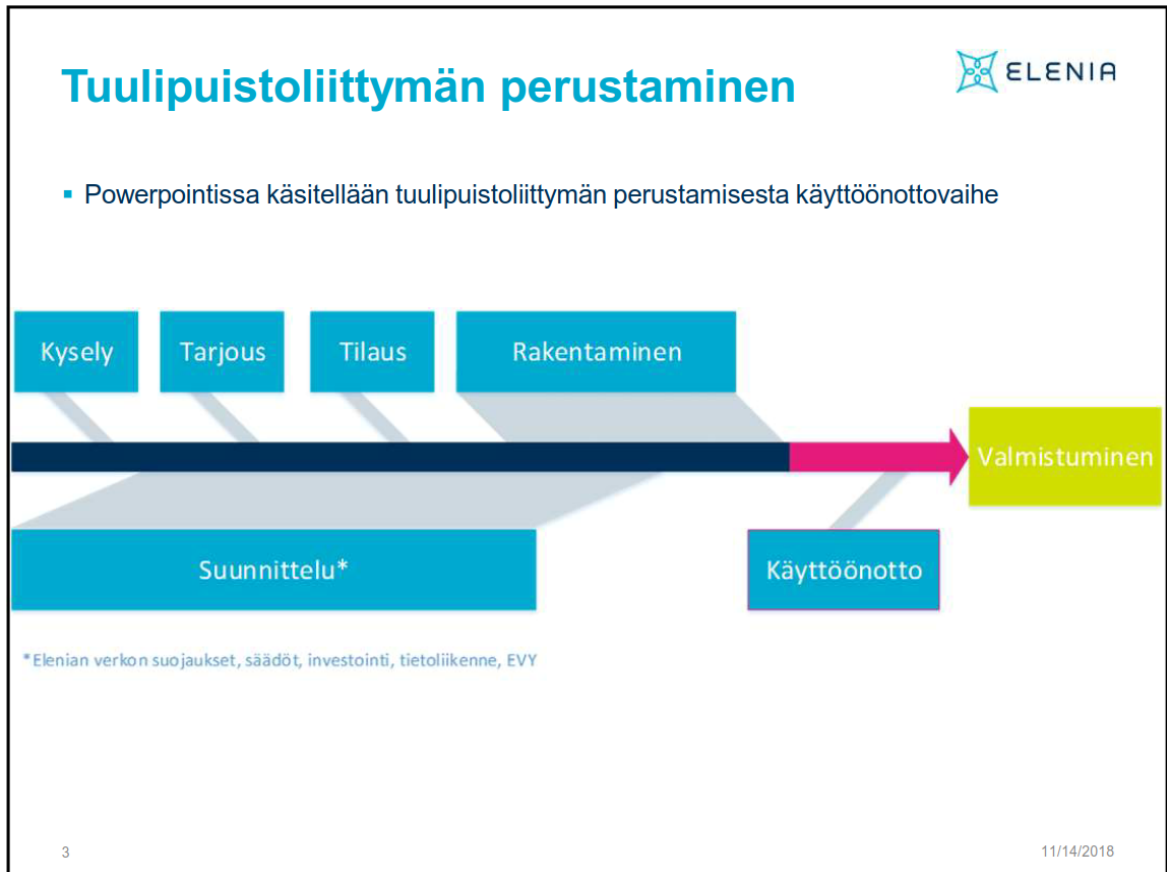
### Liite 3. Vakuutus oikeudesta sähkön verottomuuteen

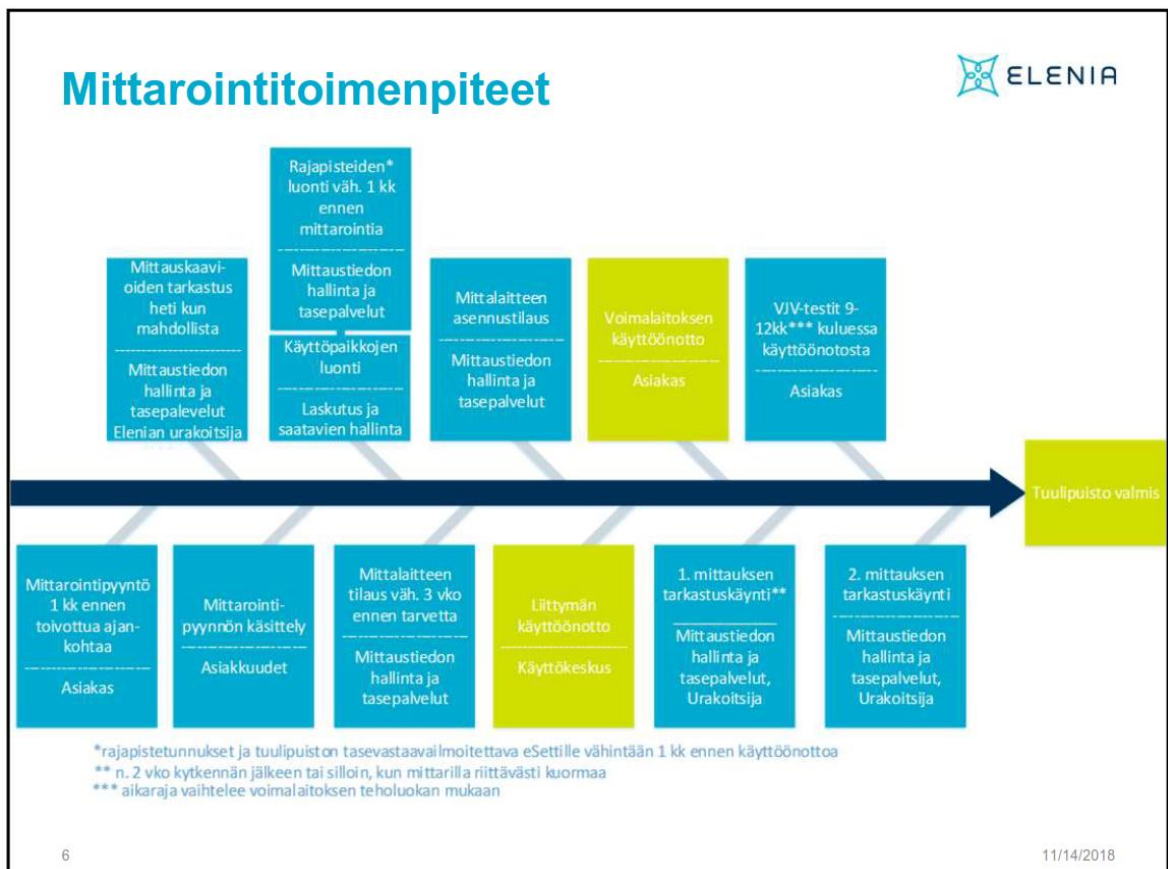
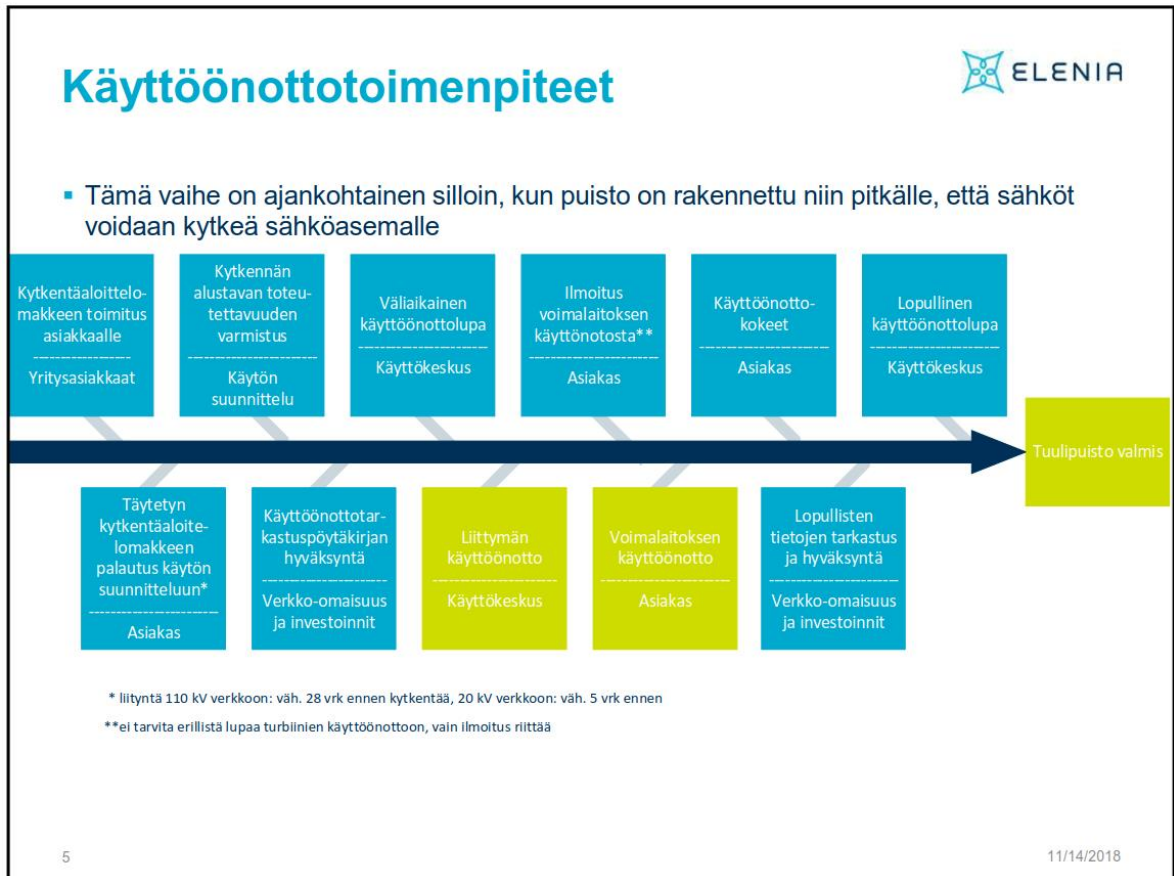


## Liite 4. Tuulipuistoliihtymien käyttöönotton prosessikaavio



<h2>Sisältö</h2>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <a href="#">Tuulipuiston perustaminen</a></li><li>▪ <a href="#">Tuulipuistoliihtymän käyttöönottoprosessi</a></li><li>▪ <a href="#">Käyttöönottotoimenpiteet</a></li><li>▪ <a href="#">Mittarointitoimenpiteet</a></li><li>▪ <a href="#">VJV-prosessi</a></li><li>▪ <a href="#">Tietoliikenneyhteyden valmistelu ja käyttöönotto</a></li><li>▪ <a href="#">EVY</a></li></ul>	
<p>2</p>	<p>11/29/2018</p>





## VJV-prosessi



### VJV2018

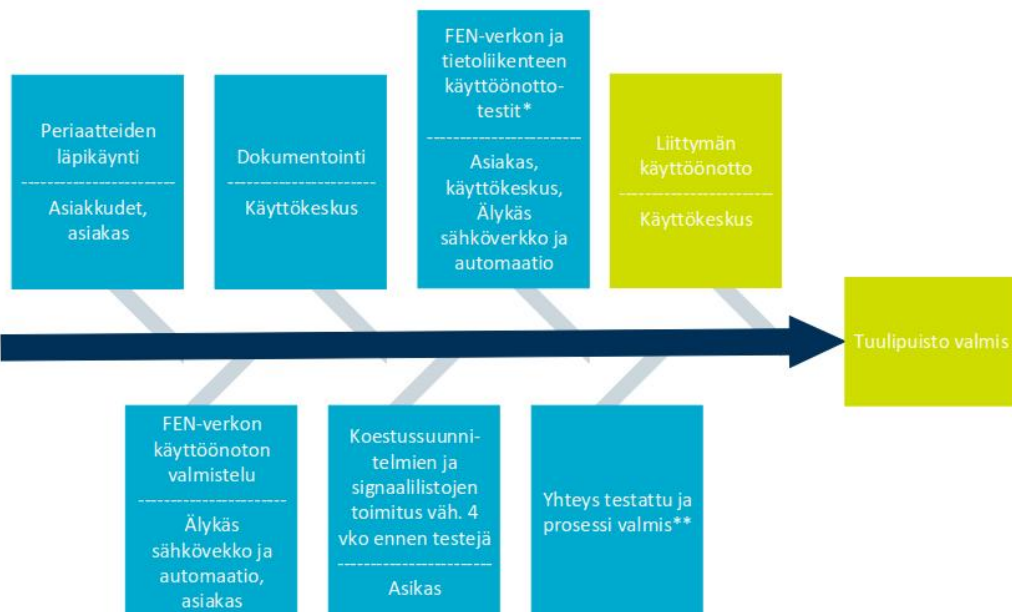


\* testauksesta ilmoitettava verkkoyhtiölle kytkentäaloitelomakkeella vähintään 5 vrk ennen

7

11/14/2018

## Tietoliikenneyhteyden valmistelu ja käyttöönotto



\*ajankohta oltava sovittuna väh. 2 vko ennen testien ajankohtaa

\*\* oltava ehdottomasti testattu ennen sähköjen kytkentää

8

# EVY



- Täydellinen prosessikaavio W-levyllä

