

A large, modern wind turbine stands prominently in a vast, flat landscape covered in snow. The sun is low on the horizon, casting a warm, golden glow across the sky and the snow. The turbine's long shadow is cast across the snow. In the background, there are some small buildings and a line of trees.

Prizztech

Kuva: Lagerwey Oy

Maatuulivoimarakentamisen liiketoimintamahdollisuudet

Raportti

Jarmo Viitala, Prizztech Oy
Jouko Putkonen, Prizztech Oy

Sisältö

1. Raportin tausta	4
2. Raportin tavoite, rajaus ja toteutustapa	5
3. Tarkastelun perustiedot	6
4. Valitut tuulivoimapaistot ja niiden kuvaus.....	9
4.1 Torkkolan tuulivoimapaisto, nimellisteho 53 MW, EPV Tuulivoima Oy	10
4.2 Mustaisnevan tuulivoimapaisto, nimellisteho 23 MW, YARD ENERGY Group B.V.	11
4.3 Kirkkokallion tuulivoimapaisto, nimellisteho 21,6 MW, Taaleri Oyj	12
4.4 Peittoon tuulivoimapaisto, nimellisteho 54 MW, TuuliWatti Oy	13
5. Toimitusketjut ja niiden toiminta sekä rakentamisen onnistuminen eri näkökohdista	14
5.1 Torkkolan tuulivoimapaisto, EPV Tuulivoima Oy	15
5.2 Mustaisnevan Tuulivoimapaisto, YARD ENERGY Group B.V.	16
5.3 Kirkkokallion Tuulivoimapaisto, Taaleritehdas Oy	17
5.4 Peittoon tuulivoimapaisto, Tuuliwatti Oy	18
6. Havainnot ja johtopäätökset haastatteluista	19
6.1 Havainnot	19
6.2 Johtopäätökset.....	19
7. Teknologiankehityksen ja trendien vaikutus pystytysliiketoimintaan, logistiikkaan ja voimalan kustannusrakenteeseen	20
7.1 Trendejä	20
7.2 Liiketoimintamahdollisuudet suomalaiselle teollisuudelle	21
8. Tiivistelmä	22

Maatuulivoimarakentamisen liiketoimintamahdollisuudet

Tekijät: Jarmo Viitala, Prizztech Oy
Jouko Putkonen, Prizztech Oy

Työryhmässä: Jarkko Vuorela, Prizztech Oy
Marko Lehtimäki, Prizztech Oy

1. Raportin tausta

Kansainvälisen arvion mukaan (Global Wind Energy Outlook) tuulivoiman työpaikkojen määrä kehittyy tämän hetkisestä 0,7 milj. henkilöstä 1,2 milj. henkilöön vuonna 2020 ja 1,7 milj. henkilöön vuonna 2030.

EWEA:n (European Wind Energy Association) arvio on tällä hetkellä, että maatuulivoima työllistää koko valmistusketjussa 15 henkilöä per MW ja 0,4 henkilöä per MW korjaus- ja huoltotoiminnoissa. Tuottavuuskehityksen myötä vastaavat luvut ovat 12 henkilöä per MW ja 0,33 henkilöä per MW vuonna 2030.

Suomessa tuulivoimatuotannon rakentaminen on teollisessa mittakaavassa käynnistynyt muutaman viime vuoden aikana. Suomen ilmasto- ja energiastrategiassa (2013) on asetettu tavoitteeksi tuulivoimalla tuotetun sähkön osuuden nostaminen yhdeksään terawattituntiin vuoteen 2025 mennessä.

Tällä hetkellä Suomessa maalle suunniteltujen tuulivoimaloiden yhteenlaskettu tuulivoimateho on n. 8800 MW. Tämä tarkoittaa esim. 3 MW tuulivoimaloita yli 2900 kpl. Nykyiseen syöttötariffiin oikeutettujen tuulivoimaloiden teho on rajoitettu 2500 MVA:n ja näiden tulee olla käytössä vuoden 2018 loppuun mennessä. Voimalamäärän toteuttamiseksi tuulivoimalavalmistajat tarvitsevat yhteistyöyrityksiä ja osaaajia myös Suomesta. Vuoden 2015 aikana Suomeen rakennettiin 124 uutta tuulivoimalaa, joiden yhteiskapasiteetti on 379 MW. Yhden rakennetun megawatin hinta oli noin miljoona euroa, joten Suomen tuulivoimainvestoinnit olivat noin 380 miljoonaa euroa vuonna 2015.

Tuulivoimapuistojen rakentaminen on keskittynyt hyvien tuuliolosuhteiden vuoksi Suomen länsirannikolle ja esimerkiksi Satakuntaan ja sen lähialueille on suunnitelmassa rakentaa useita satoja tuulivoimalaitoksia parin seuraavan vuoden aikana.

Tuulivoima työllistää maailmanlaajuisesti noin 0,7 milj. henkilöä. Suomessa lähes 3000 henkilöä työskentelee tuulivoimaan liittyvissä tehtävissä. Heistä noin 95 % on komponentti- ja laitevalmistuksessa. Suomessa tuulivoimaan liittyvissä palvelutoiminnoissa on 4,5 % henkilöistä kun EU:ssa vastaava luku on 40 %. Siinä vaiheessa, kun Suomen tuulivoimapuistot lähivuosina siirtyvät takuuajan jälkeiseen aikaan, niin palvelu-, huolto- ja kunnossapitotoimintoihin liittyvien henkilöiden määrä kasvaa Suomessa kohti EU:n vastaavaa lukua.

Nykyisin kaikki tuulivoimalat ja lähes kaikki tuulivoimaloiden pääkomponentit tulevat ulkomailta, sillä kotimaista tuulivoimalavalmistajaa ei Suomessa ole. Tämä on johtanut matalaan tuulivoimarakentamisen kotimaisuusasteeseen. Kotimaiset tuulivoimayhtiöt ja tuulivoimasijoittajat sekä alan yleinen hyväksyttävyys edellyttävät kuitenkin kotimaisuusasteen selkeää nostoa. Lisäksi tämänhetkisen suuren voimalamäärän toteuttamiseksi tuulivoimalavalmistajat tarvitsevat yhteistyöyrityksiä ja osaaajia myös Suomesta.

Pystytysliiketoiminta on kotimaisuusasteen kannalta houkutteleva, sillä suomalaisilla yrityksillä on tähän osuuteen paikallisuuden ja logistiikan tuoma kilpailuetu.

Suomessa toimii merkittäviä yrityksiä, joilla on tietotaitoa ja kokemusta tuulivoimapuistojen suunnittelusta ja rakentamisesta. Rannikolle on lisäksi sijoittuneena useita toimivia satamia, joita tarvitaan rakentamiseen liittyvän logistiikan hallinnassa. Tuulivoiman pystytysvaihe, siihen liittyvät pääkomponentit sekä logistiikka tuovat hyvän liiketoimintamahdollisuuden suomalaiselle teollisuudelle.

Tuulivoiman kasvua on Suomessa vauhditettu aktiivisesti energiapolitiisin keinoin.

Valtion tuella on ollut merkittävä rooli sekä tuulivoiman teknologisessa että teollisessa kehitystyössä ja tuulivoimapuistojen rakentamisessa.

Suomessa uusiutuvaan energiaan ja siten myös tuulivoimaan liittyvät tukijärjestelmät ovat muuttumassa. Nykyinen syöttötariffijärjestelmä on jo täynnä ja sen vuoksi tulevat tuulivoimaprojektit rakennetaan uuden tukijärjestelmän mukaisesti. Työ- ja elinkeinoministeriön nimeämä työryhmä laatii ehdotuksensa uudeksi tukijärjestelmän malliksi 29.4.2016 mennessä. Tuulivoima tulee olemaan tärkeä osa Suomen energia- ja ilmastostrategian vuoden 2030 tavoitteiden saavuttamisessa.

2. Raportin tavoite, rajausta ja toteutustapa

Tämän selvityksen tavoitteena oli tunnistaa Suomeen juuri rakennettujen ja rakennusvaiheessa olevien tuulivoimapuistojen rakentamis- ja pystytysvaiheeseen liittyvät tyypilliset toimitustavat, toimitusketjut ja pystytysliiketoiminnan kehityskohteet. Selvityksen havaintojen avulla pyritään kohottamaan tuulivoiman kotimaisuusastetta ja muodostamaan kotimaisia yritysryhmiä pystytysliiketoimintaan.

Tuulivoimapuistojen rakentaminen on keskittynyt hyvien tuuliolosuhteiden vuoksi Suomen länsirannikolle. Tässä raportissa kuvataan neljän erilaisen maatuulivoimapuiston rakentamisen toteutus ja sen eri osa-alueet. Valintakriteereinä olivat mm. puiston koko, rakennuttaja, tuulivoimalavalmistaja ja sen myötä erilaiset rakennusratkaisut. Myös tuulivoimapuistojen erilainen sijainti oli mielenkiinnon kohteena samoin kuin se, että tuulivoimapuistot on toteutettu parin viime vuoden aikana tai että rakentaminen on vielä meneillään.

Tuulivoimapuistojen tarkastelu toteutettiin haastattelemalla valittujen tuulivoimapuistojen rakennusvaiheisiin osallistuneiden yritysten avainhenkilöitä ennakkoon suunnitellun kysymyslistan avulla. Kysymysten pääpaino kohdistui tuulivoimapuiston rakentamisen toimitusketjuun, onnistumisiin, mahdollisiin haasteisiin ja parannusehdotuksiin. Haastattelujen perusteella laadittiin puistokohtaisia ja toimitusketjukohtaisia yhteenvetoja ja havaintoja Suomessa tapahtuvasta tuulivoimarakentamisesta.

Raportti toteutettiin osana Windtek – hanketta, jonka rahoittajina toimivat Satakuntaliitto EAKR-rahoituksella sekä Pori, Harjavalta, Ulvila, Pomarkku ja Kokemäki.

Porissa 1.3.2016
Prizztech Oy



3. Tarkastelun perustiedot

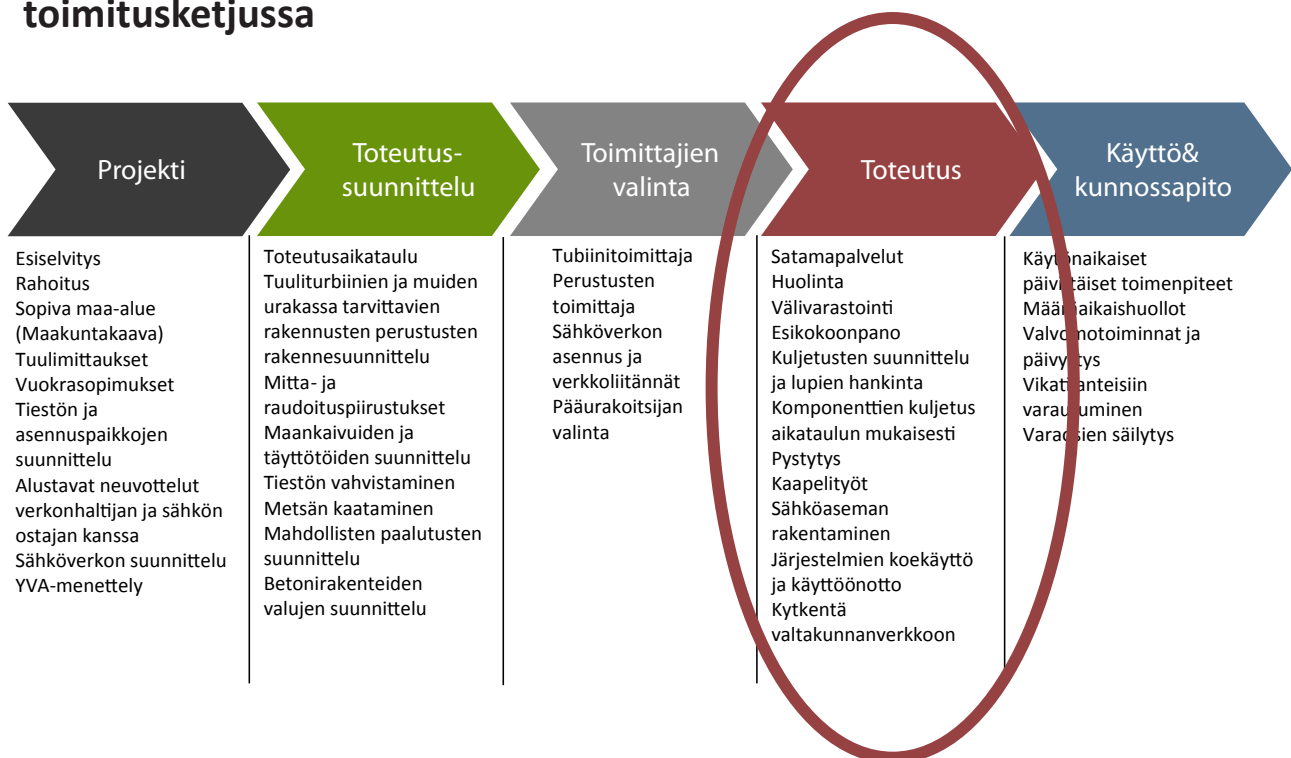
Raportissa tarkastellaan neljän erilaisen Länsi-Suomeen rakennetun tuulivoimapuiston toimitusketjun eri osia alueita alkaen satamasta ja päätyen käyttöönottoon sekä tuleviin huoltokäytäntöihin. Erityisesti mielenkiinnon kohteena olivat toimituksiin liittyvät mahdolliset pullonkaulat sekä erilaiset projektien toteutustavat ja tuulivoimaloiden rakenteiden eroavaisuudet.

Tarkasteluun valittiin Torkkolan tuulivoimapuisto Vaasassa, Mustaisnevan tuulivoimapuisto Kauhajoella, Kirkkokallion tuulivoimapuisto Honkajoella ja Peittoon tuulivoimapuisto Porissa. Tuulivoimapuistot valittiin kohdassa 2 mainitulla tavalla.

Raporttia varten haastateltiin seuraavia henkilöitä:

- Anssi Koski, rakennuttamispäällikkö EPV Tuulivoima Oy, Torkkolan tuulivoimapuisto
- Wim Robbertsen, Director Projects & Service Lagerwey, Hollanti, Mustaisnevan tuulivoimapuisto
- Olli Hagqvist, tuotantopäällikkö, tuulienergia Taaleri Oy, Kirkkokallion tuulivoimapuisto
- Antti Kettunen, tuulivoimapäällikkö Tuuliwatti Oy, Peittoon tuulivoimapuisto
- Jaakko Ala-Reinikka, Program Manager Empower Oy, Peittoon tuulivoimapuisto

Tarkastelun rajausta tuulivoimapuiston toimitusketjussa



Kuva 1. Toimitusketjukyselyyn valittiin 14 eri asiaa, joista kysyttiin kultakin haastatellulta henkilöltä kommentit sekä arvio onnistumisesta. Valitut asiat ovat: Satama ja satamapalvelut, väliavarastointi, esikokoonpano, kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta, työmaan ifrarakentaminen, perustukset, pystytys, kaapelityöt, sähköaseman rakentaminen, järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto, huolto sekä viimeisenä kohtana kytkeä valtakunnanverkkoon.

Kyselyn avulla haluttiin selvittää koko toimitusketjun toimintaa ja löytää sieltä mahdolliset ongelmakohdat.

Kyselyssä selvitettiin myös eri tuulivoimapuistojen kotimaisuusastetta rakentamisen aikana ja myös koko elinkaaren ajalta.

Toimitusketjujen rakenne voi olla hyvinkin erilainen riippuen investoijan, tuulivoimalatoimittajan ja rahoittajan rooleista. Seuraavissa kuvissa kuvataan symboleilla toimitusprosessin eteneminen



Sähköyhtiö on investoija, joka rakentaa tai rakennuttaa tuulivoimapuiston ja myy tuottamansa sähkön valtakunnanverkkoon



Aliurakoitsijat vastaavat omista aliurakoistaan, esim. maanrakennustyöt, kaapelointi ja yleisen infran rakentaminen



Tuulivoimalavalmistaja valmistaa tuulivoimalan konehuoneen apulaitteineen sekä toimittaa roottorin ja tuulivoimalan tornirakenteet



Perustusurakoitsija vastaa tuulivoimalan perustustöistä suoraan joko tuulivoimalatoimittajalle tai investoijalle.



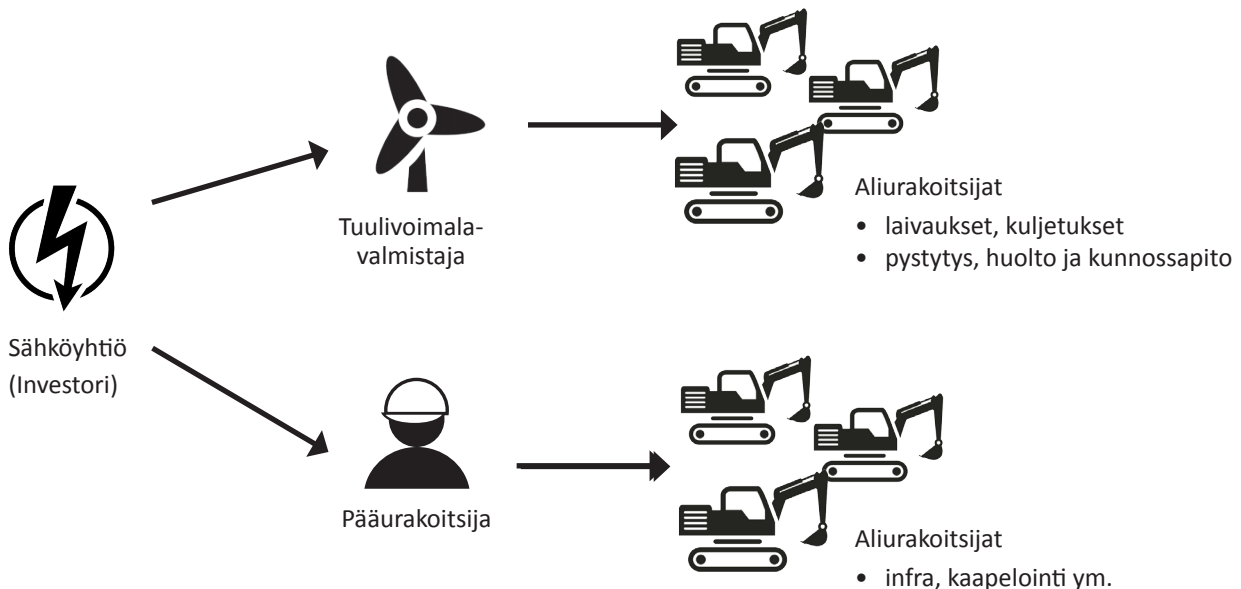
Pääurakoitsija vastaa projektin toteutamisesta tai osasta siitä ja sopii tarvittavat aliurakat aliurakoitsijoiden kanssa



Rahoittaja rahoittaa investoijan tuulivoimaprojektin

Kuva 2. Raportissa käytetyt symbolit eri toimijoille.

Esimerkki toimintamallista:



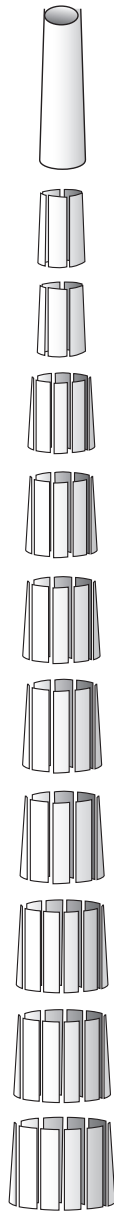
Kuva 3. Sähköyhtiö solmii yleensä kaksi sopimusta, yhden tuulivoimalatoimittajan kanssa ja toisen pääurakoitsijan kanssa. Pääurakoitsija tai tuulivoimalavalmistaja solmivat kaikki loput tarvittavat alihankintasopimukset.

Tornien rakenne

Torkkola



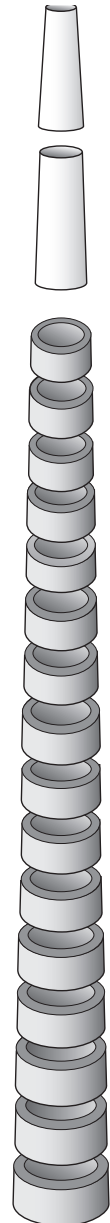
Mustaisneva



Kirkkokallio



Peitto



Kuva 4. Tarkastelluissa tuulivoimapuistoissa tuulivoimaloiden tornit ovat rakenteeltaan ja rakennustavaltaan erilaisia. Piirroksessa on esitetty tornien rakenteet periaatekuvina.

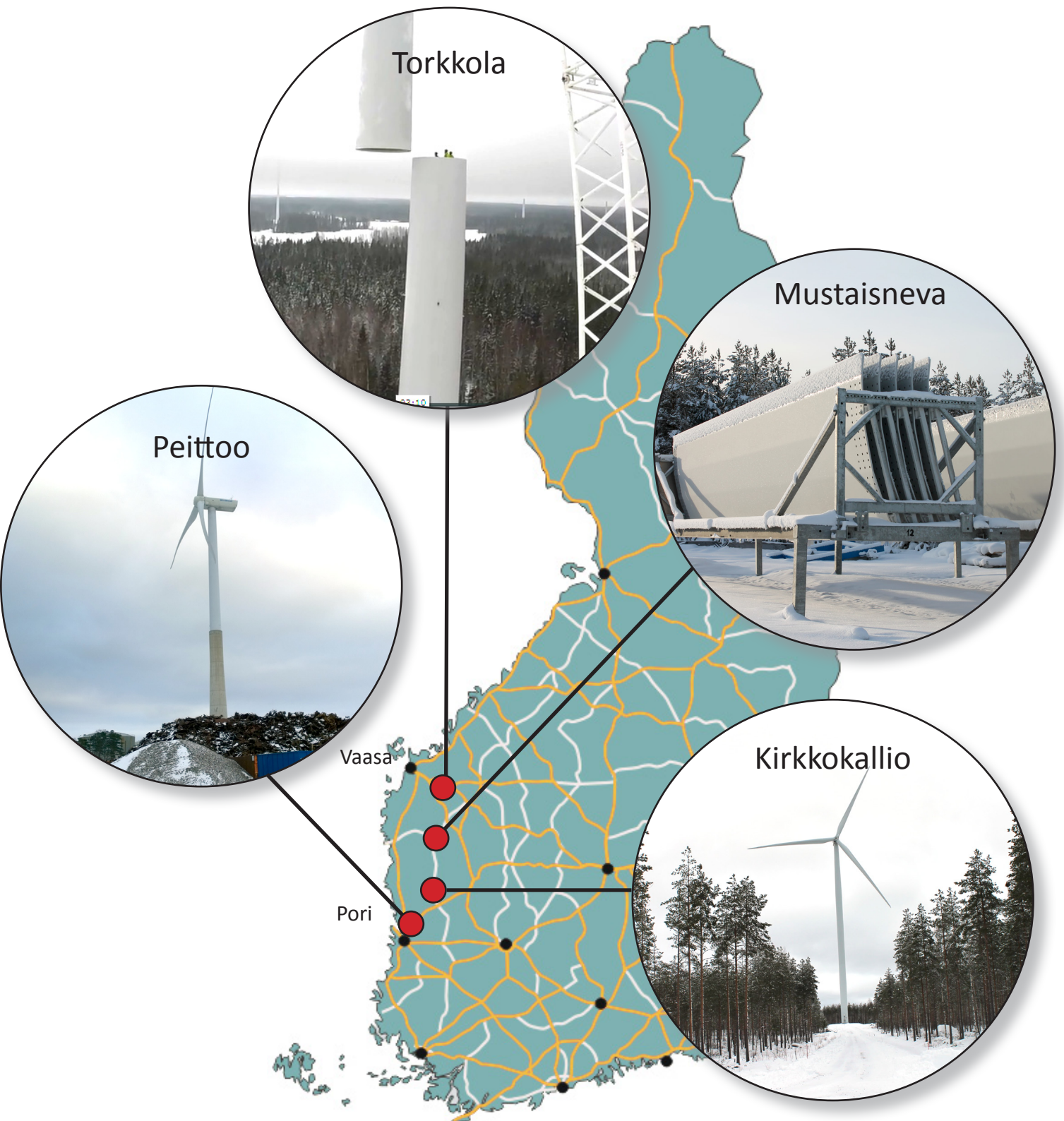
Torkkolassa käytetty torni on teräsrakenteinen, mutta alimmat osat on jaettu kolmeen lohkoon kuljetuksen helpottamiseksi. Lohkot liitetään yhteen pulttaamalla työmaalla.

Mustaisnevan tornien rakenne poikkeaa huomattavasti kaikista muista rakenteista. Torni koostuu 12 m pitkistä taivutetuista teräslevyistä putken muotoiseksi käyttäen pulttiliitoksia. Kolme alinta lieriötä koostuu kymmenestä levystä, seuraavat viisi kahdeksasta levystä ja kaksi seuraavaa viidestä levystä. Ylimmäiseksi tulee valmis lieriö.

Kirkkokallion tornirakenne muodostuu useasta teräslieriöstä, jotka pultataan yhteen nostovaiheessa. Tornintekijä toimittaa lieriöt valmiina kappaleina tornitehtaalta pystytyspaikalle.

Peittoossa käytettiin ns. hybridirakennetta, jossa tornin alaosa koostuu betonirenkaista ja kaksi ylimmäistä n. 20 metrin osaa ovat teräslieriöitä.

4. Valitut tuulivoimapaistot ja niiden kuvaus



Kuva 5. Tarkasteluun valittiin neljä eri toteutustavalla rakennettua tuulivoimapaistoa, joista jokaisessa oli omat erityispiirteensä. Valittujen tuulivoimapaistojen toteuttajina oli sekä suomalaisia että ulkomaalaisia toimijoita. Näin saatiin hyvä näkemys alan nykykäytännöistä ja uusista liiketoimintamahdollisuuksista.

4.1 Torkkolan tuulivoimapuisto nimellisteho 53 MW, EPV Tuulivoima Oy

Torkkolan tuulivoimapuiston rakensi EPV Energia Oy:n tytäryhtiö EPV Tuulivoima Oy.

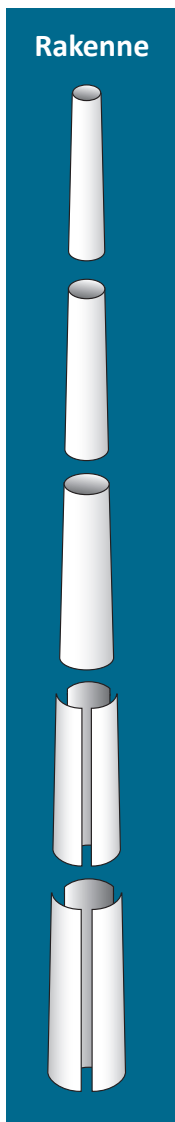
Tuulivoimalat toimitti tanskalainen Vestas avaimet käteen -periaatteella sisältäen kuljetukset ja tuulivoimaloiden pystytykset. EPV Tuulivoima Oy toteutti projektin pääasiassa omalla organisaatiollaan. Voimalatoimittaja Vestas teki useita sopimuksia eri alihankkijoiden kanssa.

Tuulivoimapuistossa on 16 kpl Vestaksen valmistamaa tuulivoimalaa à 3,3 MW. Tuulivoimalan napakorkeus on 137 metriä, roottorin halkaisija 126 metriä ja lapojen pyyhkäisyala on n. 1,3 hehtaaria. Torni on teräs-

rakenteinen. Tornin alemmat osat toimitetaan lohkoina kuljetuksen helpottamiseksi. Kokoonpano tapahtuu asennuspaikalla.

Tuulivoima-alue sijoittuu n. 25 km Vaasan kaupungista itään Kyrönjoen eteläpuolelle Torkkolan kylän alueelle. Investointi oli suuruudeltaan noin 100 miljoonaa euroa.

Rakentaminen alkoi alkukevällä 2014 ja tuulivoimapuisto vihittiin käyttöön toukokuussa 2015. Tuulivoimapuisto on yksi Suomen energiatehokkaimmista.

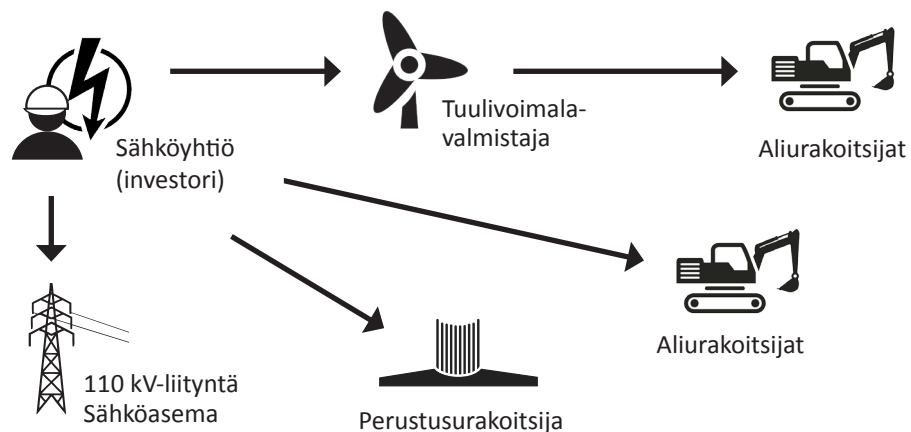




Torkkolan tuulivoimapuisto

- 16 kpl Vestas 3,3 MW
- Napakorkeus 137 m
- Roottorin halkaisija 126 m
- Pyyhkäisyala 1,3 ha
- Torni on teräsrakenteinen

Toimintamalli



4.2 Mustaisnevan tuulivoimapuisto

nimellisteho 23 MW, YARD ENERGY Group B.V.

Tuulivoimapuistoa rakentaa Lagerwey Development Oy, joka on hollantilaisen tuulivoimalavalmistaja Lagerweyn ja Kaskisten tuulivoima Oy:n yhdessä omistama yritys. Tuulivoimapuiston operointi, huolto ja kunnossapito kuuluvat Lagerweylle koko sen elinkaaren ajan.

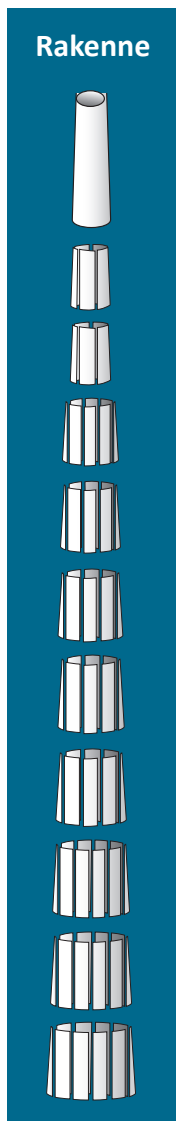
Lagerwey toimittaa tuulivoimalat avaimet käteen -periaatteella ja vastaa kuljetuksista, tuulivoimaloiden pystytyksistä sekä projektin johtamisesta ja valvonnasta. Pääurakoitsija Lagerwey teki useita sopimuksia suomalaisten eri yritysten kanssa mm. maanrakennus-, kaapelointi- ja väljännitetöistä. Terästornien kokoonpanon tekee JL Metals Oy (Kuortane) johtuen tornin perinteisestä poikkeavasta rakenteesta. Se kootaan taivute-

tuista 12 m pitkistä teräslevyistä pulttiliitoksilla putken muotoon.

Tuulivoimapuistossa on 9 kpl hollantilaisen Lagerweyn valmistamaa tuulivoimalaa à 2,5 MW. Tuulivoimalan napakorkeus on 120 metriä, roottorin halkaisija 100 metriä ja lapojen pyyhkäisyypinta-ala on n. 0,9 hehtaaria.

Tuulivoima-alue sijoittuu Kauhajoen kuntaan Mustaisnevan alueelle.

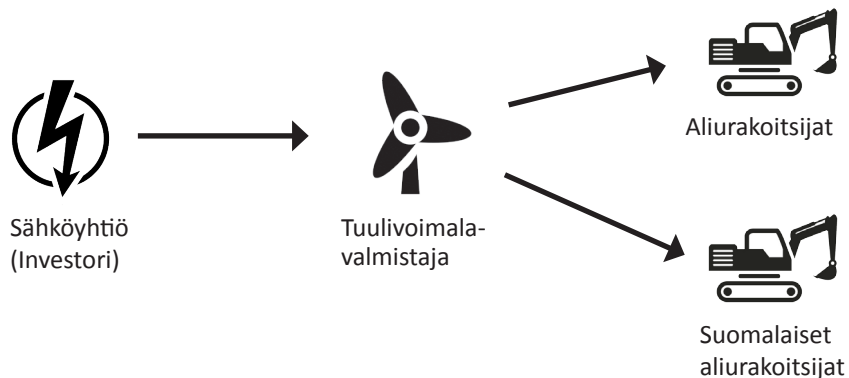
Rakentaminen alkoi vuonna 2015 ja tuulivoimapuisto otetaan käyttöön vuoden 2016 aikana.



Mustaisnevan tuulivoimapuisto

- 9 kpl Lagerwey 2,5 MW
- Napakorkeus 120 m
- Roottorin halkaisija 100 m
- Pyyhkäisyypinta-ala 0,9 ha
- Torni on teräsrakenteinen ja kootaan taivutetuista teräslevyistä pulteilla

Toimintamalli



4.3 Kirkkokallion tuulivoimapuisto nimellisteholtaan 21,6 MW, Taaleri Oyj

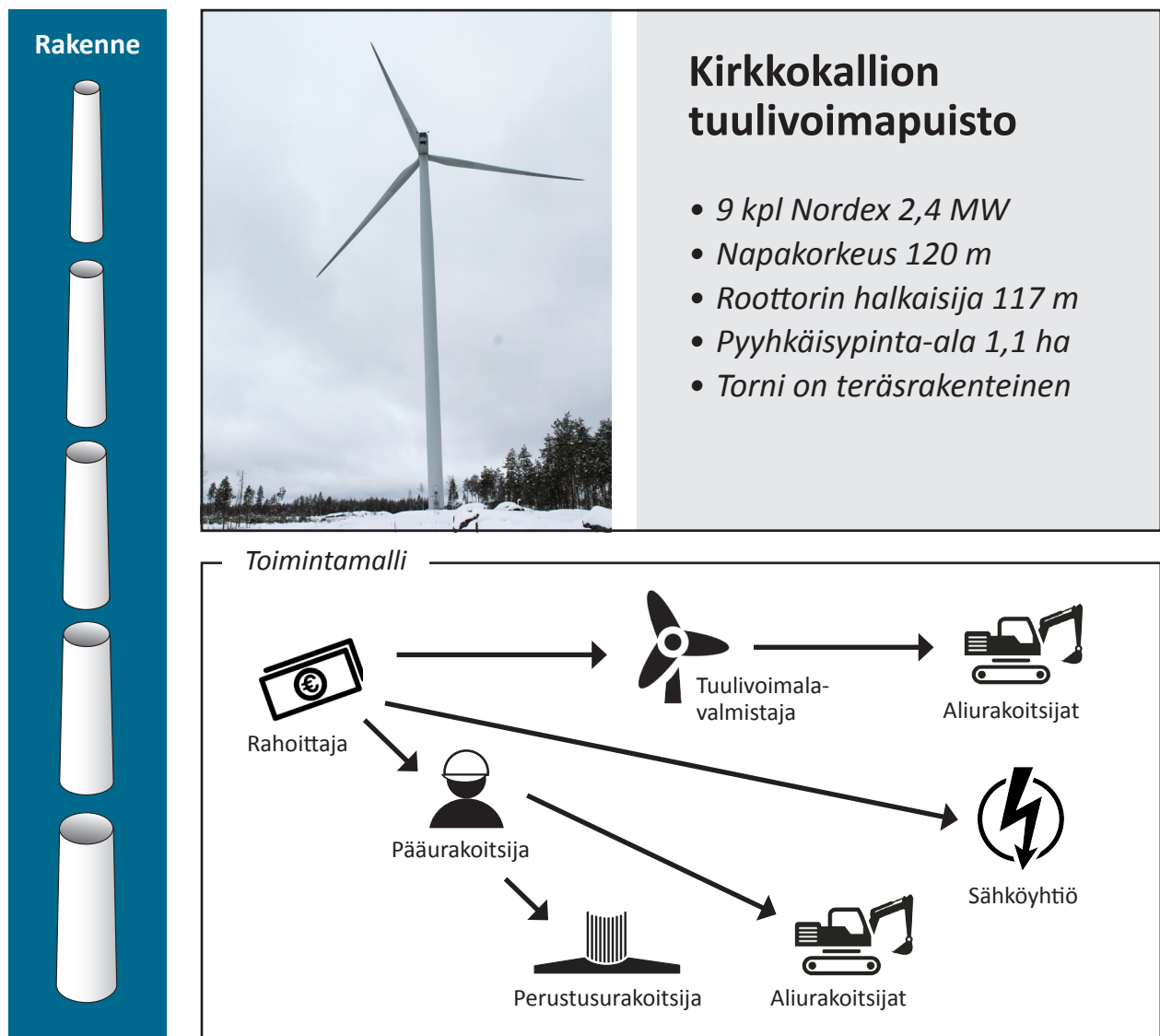
Tuulivoimapuiston rakennutti Taaleri Oyj. Tuulivoimalat toimitti saksalainen Nordex sisältäen kuljetukset ja tuulivoimaloiden pystytykset. Taaleri Oyj teki kaksi sopimusta tuulivoimapuiston rakentamisesta avaimet käteen -periaatteella, ensimmäisen tuulivoimalatoimittajan kanssa ja toisen NCC Rakennus Oy:n kanssa. NCC Rakennus Oy toimi hankkeen päätoteuttajana ja vastasi perustusten rakentamisesta sekä niiden maanrakennustöistä.

Tiestön ja nostoalueet alueelle on rakentanut Telasteel Oy, joka vastasi myös kaapeloinnin maanrakennuksesta. NCC Rakennus Oy aliurakoitsijana kaapeloinnista vastasi Eltel Networks Oy.

Tuulivoimapuistossa on 9 kpl Nordexin valmistamaa tuulivoimalaa à 2,4 MW. Tuulivoimalan napakorkeus on 120 metriä, roottorin halkaisija 117 metriä ja lapojen pyyhkäisyypinta-ala on n. 1,1 hehtaaria. Torni on teräsrakenteinen.

Tuulivoima-alue sijoittuu Honkajoen kuntaan Kirkkokallion teollisuusalueelle.

Rakentaminen alkoi vuonna 2012 ja tuulivoimapuisto vihittiin käyttöön syksyllä 2013.



4.4 Peittoon tuulivoimapuisto nimellisteho 54 MW, TuuliWatti Oy

Tuuliwatti Oy on energiayhtiö St1 Oy:n ja S-Voima Oy:n omistama teollisen tuulivoiman osakkuusyritys. S-Voiman omistavat SOK ja alueosuuskaupat.

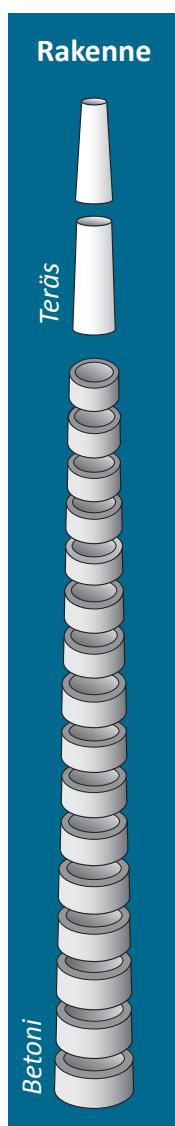
Tuuliwatti Oy tilasi tuulivoimapuiston avaimet käteen -periaatteella. Sopimukset solmittiin espanjalaisen tuulivoimalatoimittaja Gamesan, saksalaisen perustustoimittaja Max Bögl:n, Pori Energia Oy:n ja Empower Oy:n kanssa. Empower Oy oli hankkeessa pääurakoitsijana ja solmi tarvittavat alihankintasopimukset.

Tuulivoimapuistossa on 12 kpl Gamesan valmistamaa tuulivoimalaa à 4,5 MW. Tuulivoimalan napakorkeus on 140 metriä, roottorin halkaisija 128 metriä ja lapojen

pyyhkäisyala 1,3 hehtaaria. Tornin alaosa on betonirakenteinen ja yläosa on terästä. Max Bögl toimitti tornin betoni- ja teräsosat Saksasta osana Gamesan voimalatoimitusta. Lisäksi Max Bögl toimitti perustuksen raudoitukset.

Tuulivoima-alue sijoittuu Porin kaupungin pohjoispuolelle, pohjoisen satamatien läheisyyteen ja lähelle rannikkoa hyviin tuuliolosuhteisiin.

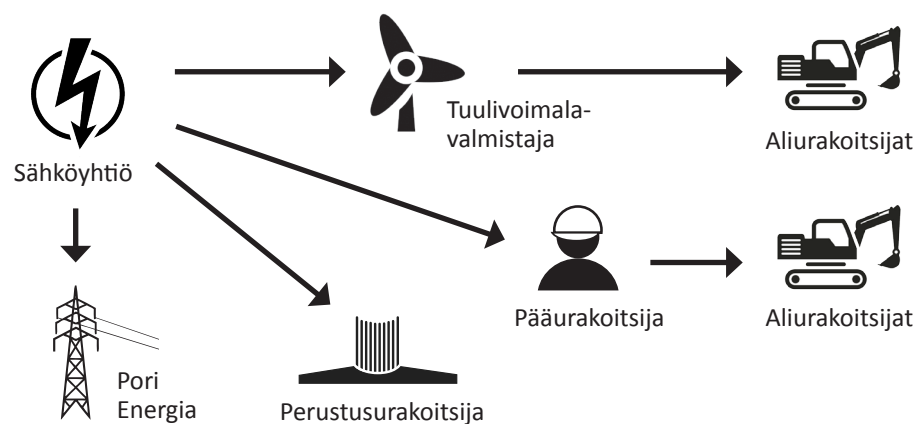
Rakentaminen alkoi vuonna 2013 ja sähköntuotanto alkoi jo samana vuonna. Käyttöön tuulivoimapuisto vihittiin syyskuussa 2015.



Peittoon tuulivoimapuisto

- 12 kpl Gamesa 4,5 MW
- Napakorkeus 140 m
- Roottorin halkaisija 128 m
- Pyyhkäisyala 1,3 ha
- Torni betoni-/teräsrakenteinen, ns. hybridirunko

Toimintamalli

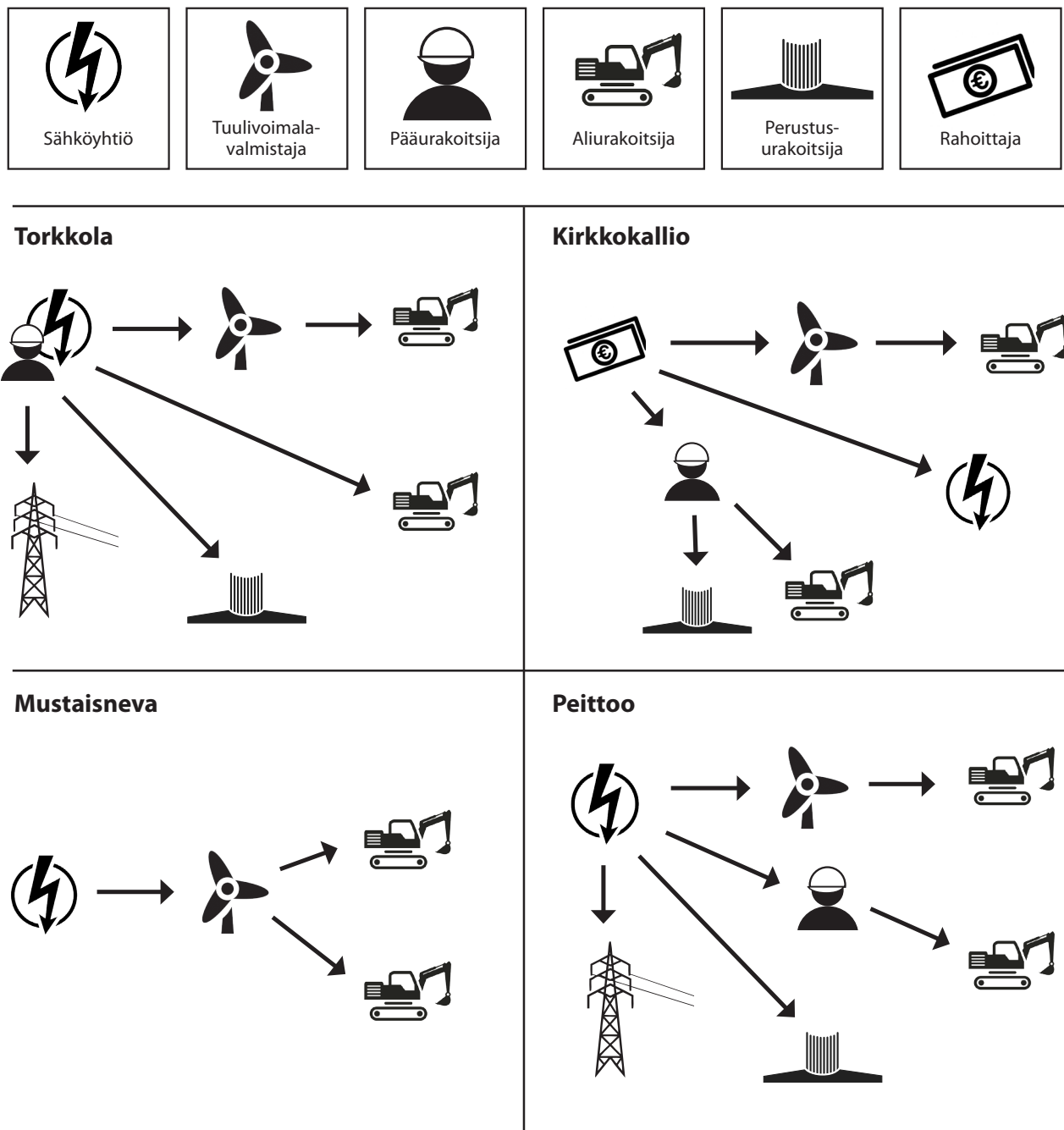


5. Toimitusketjut ja niiden toiminta sekä rakentamisen onnistuminen eri näkökohdista

Haastatteluissa pyydettiin 14-kohtaisella kyselykaavakkeella haastateltujen kommentit sekä arvio onnistumisesta. Onnistuminen arvosteltiin antamalla tähti yh-

destä kolmeen. Yksi tähti merkitsi, että projekti toteutui alle odotusten, kaksi tähteä tyydyttävästi ja kolme tähteä suunnitellusti sekä hyväksyttävästi.

Toimitusprosessien vertailu



Kuva 6. Eri tuulivoimapaistojen rakentamisessa käytetyt toimintamallit.

5.1 Torkkolan tuulivoimapuisto, EPV Tuulivoima Oy

Raporttia varten haastateltavana oli EPV Tuulivoima Oy:n rakennuttamispäällikkö Anssi Koski. Haastattelu tehtiin 11.9.2015 Vaasassa.

Toimitusketju			Onnistuminen		
			Aikataulu	Budjetti	Teknologia
1	Satama	Vaasan Satama	● ● ●	*)	● ● ●
2	Satamapalvelut	Blomberg Stevedoring Oy	● ● ●	*)	● ● ●
3	Välivarastointi	Vaasan satama ja työmaa-alue	● ● ●	*)	● ● ●
4	Esikokoonpano	Työmaa-alueella	●	*)	●
5	Kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta	Silvasti Oy ja ELY-Keskus	● ●	● ● ●	● ● ●
6	Osien ja komponenttien kuljetus	Silvasti Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
7	Työmaan infrarakentaminen	MRP Risberg Oy, Vaasa	● ● ●	● ● ●	● ● ●
8	Perustukset	Peikko Oy, WasaCon Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
9	Pystytys	Vestas, Pekkaniska Oy	● ●	*)	● ● ●
10	Kaapelityöt	Ravera Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
11	Sähköaseman rakentaminen	VEO Oy, Muuntajat ABB Oy, Vaasa 20/110kV	● ● ●	● ● ●	● ● ●
12	Järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto	Vestas	● ●	*)	● ●
13	Huolto	Takuuaikana Vestas		*)	
14	Kytkeä valtakunnanverkkoon	Eltel Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●

*) Kuului tuulivoimalatoimittajalle

Taulukko 1. Toimitusketjun onnistuminen Torkkolan tuulivoimapuiston rakentamisessa.

EPV Tuulivoima hoiti koko projektin omalla organisaatiollaan käyttäen vain yhtä ulkopuolista valvojaa.

Tuulivoimaloiden käyttöönotto ja informaationkulku eivät täysin vastanneet odotuksia.

Tuulivoimapuiston kotimaisuusaste on n. 25–30 %.

Tuulivoimapuisto on yksi Suomen energiatehokkaimpia.

Lohkorakenteiset tornit aiheuttivat esikokoonpanossa ongelmia ja aikatauluun viivästystä. Tuulivoimalan pystytysvaiheessa tarvitaan myös työaikojen joustavuutta.

5.2 Mustaisnevan Tuulivoimapuisto, YARD ENERGY Group B.V.

Raporttia varten haastateltavana oli Lagerweyn Director Projects & Service Wim Robbertsen. Haastattelu tehtiin 12.1.2016 Tampereella.

Toimitusketju			Onnistuminen		
			Aikataulu	Budjetti	Teknologia
1	Satama	Rauman Satama	●●	●●	●●
2	Satamapalvelut	Euroports Rauma Oy	●●	●●	●●
3	Välivarastointi	Euroports Rauma Oy	●●	●	●●
4	Esikokoonpano	JL Metals Oy	●●	●●	●●
5	Kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta	Nostokonepalvelu Oy, Havator Oy	●	●●	●●
6	Osien ja komponenttien kuljetus	Oy Polar Express Ab	●	●●	●●
7	Työmaan infrarakentaminen	Maanrakennus H. Marttunen Oy	●●	●●	●●
8	Perustukset	Kovera Oy	●	●	●
9	Pystytys	Lagerwey, Global Wind Service	●●	●●	●●
10	Kaapelityöt	Maanrakennus H. Marttunen Oy, Korttesjärven Sähköhuolto Oy	●●	●●	●●
11	Sähköaseman rakentaminen	UTU Oy, Ulvila	●●	●●	●●
12	Järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto	Lagerwey	●●	●●	●●
13	Huolto	Lagerwey	●●	●●	●●
14	Kytkeä valtakunnanverkkoon	Caruna Oy	●●	●●	●●

Taulukko 2. Toimitusketjun onnistuminen Mustaisnevan tuulivoimapuiston rakentamisessa.

Muista tämän raportin toimijoista poiketen Lagerweyn toimintamalli mahdollistaa suomalaisten alihankkijoiden suuremman käytön ja siten myös kotimaisuusaste on heidän osaltaan muita korkeampi, mahdollisesti yli 40 %

Valmistaja hakee koko ajan lisää suomalaisia osaajia tuulivoimaloiden pystytystoimintaan.

Kuortanelainen JL Metals Oy toimittaa voimaloiden torin osat ja kokoonpanon.

Tuulivoimalavalmistaja pitää suomalaisen perustus-suunnittelun hintaa korkeana verrattuna keski-eurooppalaiseen hintatasoon.

Lagerweyn haasteena on ollut nostokaluston saataavuus ja sen vuoksi he ovat kehittäneet oman nostosysteemin, joka otetaan käyttöön seuraavissa tuulivoimaprojekteissa.

5.3 Kirkkokallion Tuulivoimapuisto, Taaleri Oyj

Raporttia varten haastateltavana oli Taaleri Oyj:n tuotantopäällikkö Olli Hagqvist. Haastattelu tehtiin 7.12.2015 Tampereella.

Toimitusketju			Onnistuminen		
			Aikataulu	Budjetti	Teknologia
1	Satama	Porin Satama Oy	● ● ●	*)	● ● ●
2	Satamapalvelut	Oy Hacklin Ltd	● ● ●	*)	● ● ●
3	Välivarastointi	Porin Satama Oy:n alueella	● ● ●	*)	● ● ●
4	Esikokoonpano	Tuulipuiston alueella	● ● ●	*)	● ● ●
5	Kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta	Nordex ja Havator Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
6	Osien ja komponenttien kuljetus	Havator Oy	● ● ●	*)	● ● ●
7	Työmaan infrarakentaminen	Telasteel Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
8	Perustukset	NCC Rakennus Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
9	Pystytys	Pekkaniska Oy, Total Wind A/S	● ● ●	*)	● ● ●
10	Kaapelityöt	Eltel Networks Oy	● ● ●	● ● ●	● ● ●
11	Sähköaseman rakentaminen	Vatajakosken Sähkö Oy / VEO toimitti aseman laajennuksen	● ● ●	● ● ●	● ● ●
12	Järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto	Nordex	● ● ●	*)	● ● ●
13	Huolto	Nordex	● ● ●	*)	● ● ●
14	Kytkeä valtakunnanverkkoon	20 kV Eltel Networks Oy, 110kV VEO	● ● ●	● ● ●	● ● ●

*) Kuului tuulivoimalatoimittajalle

Taulukko 3. Toimitusketjun onnistuminen Kirkkokallion tuulivoimapuiston rakentamisessa.

Taaleri Oyj toteuttaa kaikki tuulivoimapuistot avaimet käteen -periaatteella. Projektitoimitusten valvontaan he käyttävät ulkopuolista rakennuttajakonsulttia.

Tuulivoimapuiston kotimaisuusaste on n. 25-30 %

Tuulivoimalavalmistaja Nordex vastasi koko tuulivoima-projektin logistiikasta tehtaalta työmaalle.

Penan Rauditus Oy on tehnyt kaikki perustusraudoitukset Taaleri Oyj:n tuulivoimapuistoihin. Taaleri Oyj:n tavoitteena on edistää suomalaista alihankintaa. Suomalaisen yritysten tulisi pyrkiä tuulivoimalavalmistajien hyväksytyjen alihankkijoiden listalle.

5.4 Peittoon tuulivoimapuisto, Tuuliwatti Oy

Raporttia varten haastateltavana olivat Tuuliwatti Oy:n tuulivoimapäällikkö Antti Kettunen 29.9.2015 Helsingissä ja Empower PN Oy:n Program Manager Jaakko Ala-Reinikka 20.10.2015 Tampereella.

Toimitusketju			Onnistuminen		
			Aikataulu	Budjetti	Teknologia
1	Satama	Porin Satama	• • •	• • •	• • •
2	Satamapalvelut	Oy Hacklin Ltd	• • •	• • •	• • •
3	Välivarastointi	Satama-alue	• • •	• • •	• • •
4	Esikokoonpano	Peittoon alueella	• • •	• • •	• • •
5	Kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta	Gamesa / Silvasti Oy	• • •	• •	• •
6	Osien ja komponenttien kuljetus	Silvasti Oy	• • •	• • •	• • •
7	Työmaan infrarakentaminen	Empower Oy / Konetyö Koskimäki Oy	• • •	• • •	• • •
8	Perustukset	Max Bögl Group	• • •	• • •	• • •
9	Pystytys	BMS A/S (päänostaja)	•	•	• •
10	Kaapelityöt	Empower Oy	• • •	• • •	• • •
11	Sähköaseman rakentaminen	Empower Oy / Pori Energia Oy / SähköWire Oy/ UTU Oy	• • •	• • •	• • •
12	Järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto	Gamesa / Empower Oy / UTU Oy/ SähköWire Oy/ Pori Energia Oy	• • •	• • •	• • •
13	Huolto	Gamesa	• • •	• • •	• • •
14	Kytkeä valtakunnanverkkoon	Pori Energia Oy	• • •	• • •	• • •

Taulukko 4. Toimitusketjun onnistuminen Peittoon tuulivoimapuiston rakentamisessa.

Tuuliwatti Oy teki muista toimijoista poiketen neljä avaimet käteen -sopimusta projektin toteuttamisesta.

Voimalaitostoimitukseen kuuluneen betonitornin lisäksi perustustyöt teki saksalainen tornivalmistaja Max Bögl.

Tuulivoimapuiston kotimaisuusaste on n. 20 %

Tuulivoimapuiston valmistuminen viivästyi kokonaisuudessaan noin 3 kk johtuen tuuliolosuhteista ja nosturin rikkoutumisesta (noin 2 viikkoa).

Logistiikan ja kuljetusten suurin ongelma oli satamatoinnissa.

Gamesan kanssa informaationkulku toimi hyvin.

6. Havainnot ja johtopäätökset haastatteluista

Haastatteluissa tuli ilmi useita asioita, jotka vaikuttivat tuulivoimapuistojen rakentamisen aikatauluun ja kokonaiskustannuksiin. Keskeisimmät havainnot ja johtopäätökset on esitetty seuraavissa kappaleissa.

6.1 Havainnot

Keskeisin tekijä aikataulujen pitävyyden suhteen oli kuljetusten ja koko toimitusketjun logistiikan sujuvuus. Tuulivoimalatoimittaja vastaa yleensä laitteiston toimittamisesta tehtaalta asennuspaikalle. Tähän sisältyy laivaus ja määräsataman sekä kuljetusyhtiön valinta. Kommenteista havaittiin, että tiedonkulku tuulivoimalatoimittajalta kuljetusyhtiölle ja tilaajalle ei aina toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Tuulivoimalatoimittaja jättää lopullisen sopimisen liian myöhään ja aiheuttaa näin riskin sille, että toimitus viivästyy alkuperäisestä aikataulusta.

Sataman toiminta koettiin erittäin tärkeäksi. Tuulivoimalan komponenttien purkaminen laivasta ja lastaaminen kuljetusajoneuvoihin pitää olla sujuvaa ja työaikojen pitää voida joustaa, jotta tavarat saadaan asennuspaikalle juuri oikealla hetkellä.

Tuulivoimapuistoja rakennetaan tällä hetkellä eri vuodenaikoina, jolloin etenkin syys- ja talviaikoina sääolosuhteet vaikuttavat voimakkaasti pystytyksen onnistumiseen. Tuulivoimalan pystytyksessä tuuli-ikkunan merkitys on aikataulullisesti määräävässä asemassa. Tuulivoimala pitää saada pystyyn juuri silloin kun sää on otollinen. Tämä edellyttää, että koko kuljetusketju satamasta tuulivoimapuiston alueelle toimii joustavasti.

Nostotöiden aikana nosturin toiminta on erittäin kriittinen työn onnistumisen kannalta. Nykysuuntauksen mukaisesti tuulivoimalan napakorkeus on 140 metriä tai enemmän. Tällaisiin korkeuksiin nostavia nostureita ei Suomessa ole tarvittavaa määrää vaan nosturit tuodaan ulkomailta.

Nosturin vikaantuessa tarvittavan varaosan saanti saat-
taa kestää useita vuorokausia. Samoin nosturin puomin lieväkin vahingoittuminen estää nosturin käytön kunnes valtuutettu korjaaja on suorittanut työnsä ja tarkastaja on antanut luvan nosturin ottamiseen uudelleen käyttöön. Näissä tapauksissa menetetään helposti useita työpäiviä, pahimmassa tapauksessa viikkoja.

Nosturi- ja nostotekniikkaa ollaankin kehittämässä uuteen suuntaan, jotta voidaan helpommin työs-

kennellä jopa 170 m:n napakorkeuksissa ja riippuvuutta raskaista nostureista voidaan vähentää.

Suomalaisen teollisuuden osuus toimituksista on tällä hetkellä varsin pieni, koska suomalaisella teollisuudella ei ole tuulivoimalavalmistajien vaatimia sertifikaatteja. Osaamista teollisuudella on, ja monissa tapauksissa kotimainen toimittaja voisi olla hyvinkin kilpailukykyinen esim. toimitusaikojen suhteen. Esimerkiksi on noussut mm. pulttihäkki, joka on varsin yksinkertainen valmistaa, mutta juuri IEC-sertifikaatin puuttuessa se toimitetaan ulkomailta.

Haastatteluissa on monelta taholta tuotu esiin rakentajien mielenkiinto käyttää Suomessa rakennettuja torneja. Nyt torneja tuodaan jopa Kiinasta asti muun muassa siksi, että eurooppalainen valmistuskapasiteetti ei ole riittävän kilpailukykyinen hinnallisesti tai aikataulullisesti.

6.2 Johtopäätökset

Selvitystyön perusteella voidaan todeta, että suomalaisen työn osuutta on mahdollista kasvattaa, mutta se vaatii investorilta, alan teollisuudelta ja muilta toimijoilta aktiivisuutta asian suhteen.

Perustustyöt ja infran rakentaminen sekä kuljetukset tehdään käytännöllisesti katsoen aina paikallisin voimin, kuten myös tiestön ja ympäristön kunnossapito sekä talviaikaiset auraukset.

Tiettyjä komponentteja, kuten esimerkiksi generaattoreita, muuntajia ja muita sähköverkkoon liittymiseen tarvittavia laitteita voidaan tilata suomalaisilta valmistajilta.

Tuulivoimalan tornien valmistaminen suuremmassa mittakaavassa olisi mahdollista myös Suomessa. Tarvittava osaaminen Suomesta löytyy ja investojien halu käyttää suomalaisia torneja sekä muita komponentteja on todettu haastatteluissa. Esimerkiksi kuortanelainen JL Metals on aloittanut torninosien valmistamisen.

Raportin tulosten perusteella tullaankin selvittämään suomalaisen teollisuuden kiinnostus ja mahdollisuus kilpailla kustannustehokkaasti ulkomaalaisten tornivalmistajien kanssa.

Porin sataman läheisyydessä oleva M20-alue voi tarjota tuulivoimalan osille välivarastointipaikan, jolloin vältetään varastoalueiden rakentamisesta puiston alueelle. M20-alueelta on erikoiskuljetuksia ajatellen erittäin hy-

vät kulkuyhteydet tärkeimmille Etelä- ja Länsi-Suomen tuulivoimapuistoalueille.

Kasvattamalla suomalaisen henkilöstön osaamista tuulivoimaloiden käyttöönnoton, huollon ja käytönaikaisen kunnossapidon osa-alueilla voidaan vähentää ulkomalaisen työn osuutta. Tämä vaatii yhteistyötä tuulivoima-

latoimittajan, suomalaisten yritysten ja ammatillisten oppilaitosten välillä.

Yleisellä tasolla voidaan todeta, että tarkasteltujen tuulivoimapuistojen toteuttamistavoissa ei ole lopputuloksen kannalta merkittäviä eroja. Kotimaisuusasteessa erot olivat kuitenkin merkittäviä.

7. Teknologiakehitys ja trendit

Tuulivoimaloiden koko ja tehokkuus ovat moninkertaistuneet viimeisten kymmenen vuoden aikana. Teknologisen kehityksen, parantuneen aerodynamiikan, korkeampien tornien ja suurempien roottorien ansiosta tuulivoimaloiden tuotto on lähes satakertaistunut viimeisten 25 vuoden aikana. Tuulivoimaloiden teknologinen kehitys jatkuu ja sen ansiosta esimerkiksi suomalaisilla pystytysliiketoimintaan keskittyvillä yrityksillä on hyvä mahdollisuus kasvattaa liiketoimintaansa lähitulevaisuudessa.

7.1 Trendejä

Nykyisten maalle asennettavien tuulivoimaloiden koko on Suomessa tyypillisesti nimellistehoaltaan 2,5 – 5 MW ja niiden tornikorkeudet ovat noin 125 – 160 metriä ja roottorin halkaisijat noin 120 – 140 metriä. Teknologisen kehityksen ansiosta tuulivoimaloista on tullut myös entistä tehokkaampia, toimintavarmempia sekä äänetömämpiä.

IEA:n (International Energy Association) mukaan tuulivoimarakentamisen suuntaus on kehittää roottoreita matalien tuulien alueelle hieman pienemmillä tuulivoimalan nimellistehoilla, mutta korkeammilla torneilla ja pidemmällä lavoilla suhteessa generaattorin tehoon, minkä ansiosta tuulivoimalan tehokerroin on kasvanut. Tämä kehitys mahdollistaa tuulivoimaloiden asentamisen matalatuulisille alueille, jotka ovat usein lähempänä energian loppukäyttäjää. Lisäksi tuulivoimalat on mahdollista asentaa sellaisille alueille, joissa ne häiritsevät mahdollisimman vähän ympäristöä.

Kun tornin korkeutta kasvatetaan, niin tuuli tavoitetaan korkeammalta ja tuulivoimaloita voidaan rakentaa myös kauemmas sisämaahan. Noin 25 % investointikustannusten lisäyksellä saavutetaan lähes 50 % lisäys tuulivoimalan sähköntuotantoon. Tällöin sähköntuotantokustannus pienenee noin 20 %, minkä ansiosta maatuulivoiman rakentamispotentiaali kasvaa. Investointikustannusten noususta suurin osa keskittyy torniin ja perustukseen. Suomalaisella alan teollisuudella on hyvä mahdollisuus kasvattaa osuuttaan kyseisistä toimituk-

sista ja siten vaikuttaa positiivisesti kotimaisuusasteen kasvattamiseen.

Tornien korkeuden kasvaessa myös niiden pystytyskaluston on kehityttävä. Perinteisten kiinteiden nostureiden ja autonostureiden nostokorkeus rajoittuu noin 140 metriin. Lisäksi kyseisten isojen nostureiden saatavuus on kriittinen tekijä tuulivoimapuiston rakentamisvaiheessa. Tämän vuoksi esim. hollantilainen tuulivoimalavalmistaja on kehittänyt oman nostosysteemin, minkä ansiosta tornin korkeus ei ole enää niin kriittinen tekijä maksimoitaessa tuulivoimalan tehokkuutta. Kyseisessä nostoratkaisussa nosturi kiinnitetään torniin.

7.2 Liiketoimintamahdollisuudet suomalaiselle teollisuudelle

Tuulivoimapuistoihin liittyvien haastattelujen ja tiedonkeruun yhteydessä tulivat esille seuraavat asiat, joihin suomalaiset tuulivoima-alan toimijat voisivat keskittyä tuotekehityksessään ja mahdollisesti siten kehittää itselleen sopivaa liiketoimintaa kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla.

- **Tuulivoimalan nostosysteemit.** Tuulivoimalan tornin korkeuden kasvaessa yli 140 metrin nykyisten nostureiden ja nostolaitteiden saatavuus pienenee ja niiden kapasiteetti ei riitä. Tämän johdosta uusien nostosysteemien kehittäminen voisi luoda uutta liiketoimintaa hyvinkin nopeasti. Hollantilainen tuulivoimalavalmistaja Lagerwey on juuri ottamassa omaan käyttöönsä kehittämänsä nostosysteemin, joka tukeutuu torniin. Suomessa on vuosien 2009–2010 aikana kehitetty terästornin nostosysteemiä, joka tukeutuu tuulivoimalan perustukseen nostojen aikana, mutta kyseiselle kehitystyölle tuulivoimalamarkkinat eivät olleet vielä kyseiseen aikaan Suomessa otolliset. Nyt tilanne on muuttunut tornin korkeuden kasvaessa.
- **Tuulivoimalan terästornien valmistus.** Tällä hetkellä lähes kaikki terästornit tuodaan Suomeen tuulivoimalatoimittajien alihankkijoilta Euroopasta, Kiinasta ja Intiasta. Suomessa on sekä perinteistä terästeolli-

suutta että tornien valmistukseen sopivaa konepajateollisuutta, joten terästornien valmistus ei ole kiinni materiaalien saatavuudesta eikä infrastruktuurista. Jotta suomalaiset alan toimijat pääsisivät kotimaisille ja ulkomaisille terästornimarkkinoille, niin ensimmäinen vaihe on päästä tuulivoimalatoimittajien hyväksytyjen alihankkijoiden listalle tietyn auditointi- ja sertifiointiprosessin kautta. Kyseiset prosessit ovat pääpiirteittäin samanlaisia kaikkien tuulivoimalatoimittajien välillä.

- **Tuulivoimalan asennus- ja pystytyshenkilöstö.** Kaikilla tuulivoimalatoimittajilla on tavoitteena käyttää tietystä määrin suomalaista henkilökuntaa asennus- ja pystytystyömaalla. Joidenkin tuulivoimalatoimittajien mielestä Suomesta ei löydy osaavaa ja koulutettua henkilökuntaa kyseisiin tehtäviin. Alasta kiinnostuneiden tahojen tulisi ensin löytää alalle sopivat henkilöt ja sen jälkeen kouluttaa heidät tiettyjen valittujen tuulivoimalavalmistajien kanssa yhdessä heidän ohjelmansa mukaisesti. Yleensä asennus- ja pystytyshenkilöstö erikoistuu pariin kolmeen eri tuulivoimalatyyppiin.
- **Tuulivoimalan logistiikka- ja kuljetusratkaisut.** Tuulivoimalan laitteiden koon ja painon, tornin korkeuden ja lapojen pituuden kasvaessa myös logistiikka- ja kuljetusratkaisut tulevat entistä tärkeämmiksi. Erityisesti tämä tulee kyseeseen silloin, kun pyritään mahdollisimman suureen esikokoonpanoasteeseen ja siten mahdollisimman suuriin kuljetuskokonaisuuksiin. Esimerkkinä tästä voisi olla kokonaisen testatun nasellin (konehuoneen) kuljettaminen sata-masta suoraan työmaalle ja nostaminen tornin pää-

hän. Logistiikka- ja kuljetusratkaisujen kehittämiseksi ja optimoimiseksi suomalaisten yritysten tulisi olla tiiviissä yhteistyössä tuulivoimalavalmistajien kanssa löytääkseen kulloisenkin projektin kannalta oikean kokoiset kuljetuskokonaisuudet.

- **Tuulivoimalan huolto ja kunnossapito.** Tuulivoimaloiden huolto- ja kunnossapito liiketoiminnan tarve ja määrä kasvavat suoraan verrannollisesti rakennettujen tuulivoimaloiden määrään nähden. Nykyisten tuulivoimaloiden määrä lähes kaksinkertaistuu tulevien vuosien aikana ja viime vuosina rakennettujen tuulivoimaloiden takuuajan jälkeiset huolto- ja kunnossapitosopimukset tulevat kilpailutusvaiheeseen. Tuulivoimaloiden huoltoa ja kunnossapitoa ei voi keskittää yhteen paikkaan Suomessa vaan niiden on oltava suhteellisen lähellä eri tuulivoimapuistoja, joten se tuo monille alasta kiinnostuneille yrityksille mahdollisuuden kouluttautua alan tehtäviin. Suomen kansallisen tavoitteen 2500 MW mukaisesti huoltoon ja kunnossapitoon tarvitaan noin 1000 henkilöä vuonna 2020.

Suomessa on tällä hetkellä asennettuna tuulivoimaa noin 1000 MW ja sitä rakennetaan Suomen kansallisen tavoitteen mukaisesti vielä noin 1500 MW vuoteen 2020 mennessä (yhteensä 6 TWh) sekä sen jälkeen noin 1000 MW vuoteen 2025 mennessä (yhteensä 9 TWh). Tämä tarkoittaa noin 800 tuulivoimalan rakentamista ja noin 4 000 milj. € liikevaihtoa kyseisenä aikana. Pystytykset, perustukset ja torni oheislaitteineen vastaa noin n. 40 % koko tuulivoimalan kustannuksista, mikä tarjoaa siten noin 1 600 milj. € liiketoimintamahdollisuuden alan toimijoille Suomessa.



Kuva 7. Tuulivoimaloiden koon ja korkeuden kasvaessa logistiikan merkitys korostuu.

8. Tiivistelmä

Selvitystyön tavoitteena oli kartoittaa ja verrata Suomeen rakennettavien maatuulivoimapuistojen eri toteuttamismalleja. Samoin tavoitteena oli selvittää mahdollisia pullonkauloja ja ongelma-alueita koko toteutus- ja toimitusketjussa tuulivoimalan valmistuspaikan ja tuulivoimapuiston välillä. Tämän pohjalta hahmotettiin niitä liiketoimintamahdollisuuksia, joihin suomalaiset alan toimijat voisivat keskittyä ja siten luoda itselleen uutta liiketoimintaa kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla.

Tarkasteluun valittiin Länsi-Suomesta neljä eri toteutustavalla rakennettua tuulivoimapuistoa, joista jokaisessa oli lisäksi omat erityispiirteensä. Valittujen tuulivoimapuistojen toteuttajina oli sekä suomalaisia että ulkomaalaisia toimijoita. Tuulivoimapuistot olivat juuri valmistuneita tai valmistumassa olevia. Tällä tavalla saatiin hyvä näkemys nykykäytännöistä ja mahdollisista uusista liiketoimintamahdollisuuksista.

Tuulivoimapuistojen tarkastelu toteutettiin haastattelulla valittujen tuulivoimapuistojen rakennusvaiheisiin osallistuneiden yritysten avainhenkilöitä. Kysymysten pääpaino kohdistui tuulivoimapuiston rakentamisen toimitusketjuun, projektin onnistumisiin ja mahdollisiin parannuskohteisiin. Haastattelujen perusteella laadittiin tuulivoimapuistokohtaiset yhteenvedot toimitusketjuista, niiden toiminnasta sekä rakentamisen onnistumisesta eri näkökohdista.

Selvitystyön keskeisimmät havainnot olivat tuulivoimaprojektin aikatauluun ja kokonaiskustannuksiin liittyvät logistiikka- ja kuljetusongelmat koko toimitusketjussa tuulivoimalatoimittajan tehtaalta suomalaisen sataman kautta tuulivoimapuistotyömaalle. Myös tarvittavan nostokaluston saaminen aikataulun mukaisesti työmaalle sekä oikean tuuli-ikkunan hyödyntäminen pystytysvaiheessa nousivat esille. Lisäksi joissakin tapauksissa nostokaluston toimintavarmuudessa oli kehitettävää.

Sataman sijainnilla ja sen toiminnan joustavuudella on suuri merkitys projektin onnistumiselle. Tuulivoimapuistojen erilaiset toteutusmallit vaikuttivat siihen, missä kohtaa toimitusketjua suurimmat ongelmat mahdollisesti esiintyivät.

Selvitystyön mukaan tuulivoimapuistojen rakentajat ovat kiinnostuneita suomalaisen toimitusosuuden kasvattamisesta edellyttäen, että kustannustaso on oikea. Etuna he näkevät toimitusten aikatauluun liittyvät asiat. Lisäksi he ovat kiinnostuneita käyttämään suomalaista henkilökuntaa huolto- ja kunnossapitotoimissa.

Selvitystyö vahvisti näkemyksen siitä, että maatuulivoimarakentamisen suuntaus on kehittää roottoreita matalien tuulien alueelle hieman pienemmillä tuulivoimalan nimellistehoilla, mutta korkeammilla torneilla ja pidemmällä lavoilla suhteessa generaattorin tehoon. Tämä kehitys mahdollistaa tuulivoimaloiden asentamisen matalatuulisille alueille, jotka ovat usein lähempänä energian loppukäyttäjiä. Lisäksi tuulivoimalat on mahdollista asentaa sellaisille alueille, joissa ne häiritsevät mahdollisimman vähän ympäristöä.

Tämän tuulivoimapuistojen rakentamiseen liittyvän selvitystyön tuloksena tulivat esille seuraavat asiat, joihin suomalaiset tuulivoima-alan toimijat voisivat keskittyä tuotekehityksessään ja mahdollisesti siten kehittää itselleen sopivaa liiketoimintaa kasvavilla tuulivoimamarkkinoilla:

- Tuulivoimalan nostosysteemit
- Tuulivoimalan terästornien valmistus
- Tuulivoimalan asennus- ja pystytyshenkilöstö
- Tuulivoimalan logistiikka- ja kuljetusratkaisut
- Tuulivoimalan huolto ja kunnossapito

Tuulivoimarakentaminen ja tuulivoimaloiden teknologian kehitys jatkuvat ja sen ansiosta suomalaisilla alan yrityksillä on hyvä mahdollisuus löytää uusia liiketoimintamahdollisuuksia erilaisissa tuulivoimapuistojen toteutusmalleissa ja siten kasvattaa liiketoimintaansa lähivuosina.

Tuulivoimaa rakennetaan Suomen kansallisen tavoitteen mukaisesti vielä noin 1500 MW vuoteen 2020 mennessä sekä jälkeen noin 1000 MW vuoteen 2025 mennessä. Tämä tarkoittaa noin 4 000 milj. € liikevaihtoa kyseisenä aikana, mikä tarjoaa noin 1600 milj. € liiketoimintamahdollisuuden alan toimijoille Suomessa.

Yhteenvedo toimijoista

Toimitusketju	Torkkola	Mustaisneva	Kirkkokallio	Peitto
1 Satama	Vaasan Satama	Rauman Satama	Porin Satama Oy	Porin Satama
2 Satamapalvelut	Blomberg Stevedoring Oy	Euroports Rauma Oy	Oy Hacklin Ltd	Oy Hacklin Ltd
3 Välivarastointi	Vaasan satama ja työmaa-alue	Euroports Rauma Oy	Porin Satama Oy:n alueella	Satama-alue
4 Esikokoonpano	Työmaa-alueella	JL Metals Oy	Tuulipuiston alueella	Peittoon alueella
5 Kuljetusten suunnittelu ja lupien hankinta	Silvasti Oy ja ELY-Keskus	Nostokonepalvelu Oy, Havator Oy	Nordex ja Havator Oy	Gamesa / Silvasti Oy
6 Osien ja komponenttien kuljetus	Silvasti Oy	Oy Polar Express Ab	Havator Oy	Silvasti Oy
7 Työmaan infrarakentaminen	MRP Risberg Oy, Vaasa	Maanrakennus H. Marttunen Oy	Telasteel Oy	Empower Oy / Konetyö Koskimäki Oy
8 Perustukset	Peikko Oy, WasaCon Oy	Kovera Oy	NCC Rakennus Oy	Max Bögl Group
9 Pystytys	Vestas, Pekkaniska Oy	Lagerwey, Global Wind Service	Pekkaniska Oy, Total Wind A/S	BMS A/S (päänostaja)
10 Kaapelityöt	Ravera Oy	Maanrakennus H. Marttunen Oy	Eltel Networks Oy	Empower Oy
11 Sähköaseman rakentaminen	VEO Oy, Muuntajat ABB Oy, Vaasa 20/110kV	UTU Oy, Ulvila	Vatajakosken Sähkö Oy / VEO toimitti aseman laajennuksen	Empower Oy / Pori Energia Oy / SähköWire Oy/ UTU Oy
12 Järjestelmien koekäyttö ja käyttöönotto	Vestas	Lagerwey	Nordex	Gamesa / Empower Oy / UTU Oy/ SähköWire Oy/ Pori Energia Oy
13 Huolto	Takuuajana Vestas	Lagerwey	Nordex	Gamesa
14 Kytkeä valtakunnanverkkoon	Eltel Oy	Caruna Oy	20 kV Eltel Networks Oy, 110kV VEO	Pori Energia Oy

Taulukko 5. Toimitusketjujen keskeiset toimijat tarkastelun kohteina olevien tuulivoimapuistojen rakentamisessa.

*“Onshore wind becomes the most
deployed technology in Europe in 2030”.*

EWEA 2015

*“Wind energy will be the single largest
source of power generation in Europe”.*

EWEA 2015