

Heikki Rautio

Tuulivoimalan aluesuunnitelma

Tuulivoimalan aluesuunnitelma

Heikki Rautio
Opinnäytetyö
Syksy 2015
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Tekijä: Heikki Rautio
Opinnäytetyön nimi: Tuulivoimalan aluesuunnitelma
Työn ohjaaja: Jarmo Erho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2015 Sivumäärä: 23 + 2 Liitettä

Tuulivoimaloiden rakentaminen on kasvanut Suomessa ja muissa Pohjoismaissa viime vuosina huomattavasti. Tällä pyritään nostamaan uusiutuvan energian sähköntuottomäärää.

Tarkoituksena oli tarkastella tuulivoimalatyömaan aluesuunnitelmassa huomioitavia asioita. Ja lisäksi tarkastellaan, miten tuulivoimatuotanto on kehittynyt Suomessa ja Pohjoismaissa vuosien saatossa.

Tässä työssä aluesuunnitelman laadintaan käytetyt tiedot ovat pääosiltaan kerätty Kalajoen Mustilankankaan tuulipuistotyömaalta. Aluesuunnitelmat koskevat perustuksen rakennusvaihetta. Tuulipuiston rakentaminen aloitettiin Kalajoella keväällä 2014.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 TUULIVOIMA SUOMESSA	6
2.1 Tuulivoima Lapissa	7
2.2 Tuulivoima Euroopassa	8
2.3 Pohjoismaiden tuulivoimatuotanto	10
3 KALAJOEN MUSTILANKANKAAN TUULIPUISTO	12
3.1 Työjärjestys	12
3.2 Kohteen haasteet	12
3.3 Yhden voimala-alueen koko	13
4 ALUESUUNNITELMA	16
4.1 Huomioitavat asiat	16
4.2 Aluesuunnitelman toteutus	17
4.3 Kustannukset	18
5 KEHITYSEHDOITUKSET	20
6 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	23

1 JOHDANTO

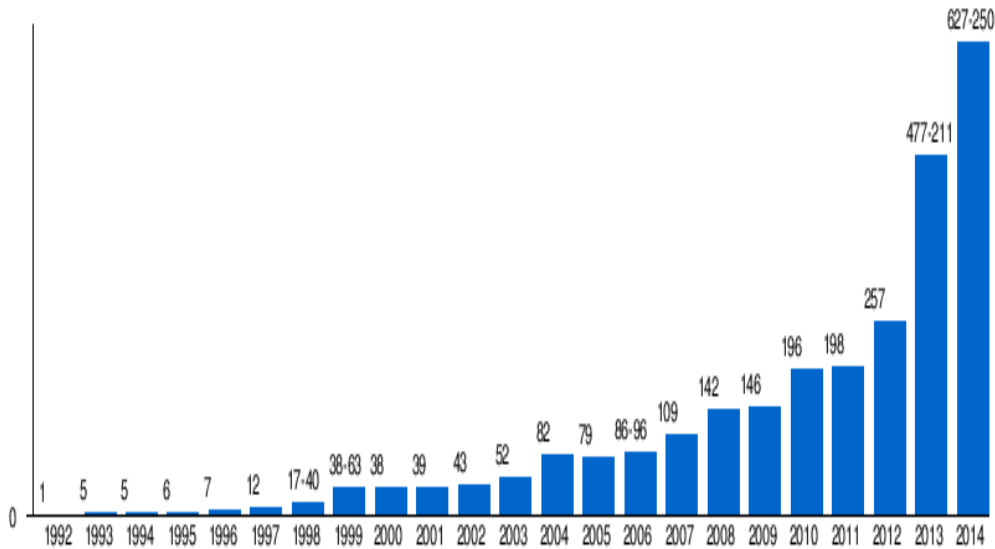
Kasvihuonepäästöjen vähentämisen ja ilmastonmuutoksen torjumisen vuoksi on entistä enemmän alettu rakentaa uusiutuvaa energiaa. Suomikin on sitoutunut tähän. Uusiutuvan energian yksi muoto on tuulivoima.

Työn alussa käsitellään tuulivoiman tilannetta yleisesti Suomessa ja Pohjoismaissa sekä sitä, miten tilanne on kehittynyt vuosien saatossa. Sen jälkeen kerrotaan Kalajoen Mustilankankaan tuulipuistosta, kohteen haasteista ja työjärjestyksestä. Tämän jälkeen kerrotaan kohteen aluesuunnitelman laatimisesta.

Työ on toteutettu yhteistyössä YIT Rakennus OY:n kanssa. Osa tiedoista, joita työssä on käytetty, ovat peräisin YIT Rakennus OY:n toteuttamalta työmaalta Kalajoen Mustilankankaan Tuulipuistosta, jossa YIT vastasi 22 perustuksen rakentamisesta.

2 TUULIVOIMA SUOMESSA

Tuulivoimaloiden rakentaminen Suomessa on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Kuvasta 1 on nähtävissä, miten iso nousu on ollut. Rakentamisen määrän lisääntymisen syykin on selvä.



KUVA 1. Teollisen tuulivoimakapasiteetin kehittyminen Suomessa kappalemäärinä

Suomi on sitoutunut kasvihuonepäästöjen vähentämiseen ja ilmastonmuutoksen torjumiseen. Tuulivoima on lähes päästötön ja uusiutuva energiamuoto. Lisäksi tuulivoiman rakentaminen kasvattaa kotimaista energiaa ja vähentää tuontienergiaa. (Tuulivoima.)

Tuulivoima sähköntuotantomuotona on Suomessa uutta. Sen rakentaminen on kuitenkin lähtenyt viime vuosina hyvin liikkeelle. Uusiutuvana energiana tuulivoima on tuotantotuen piirissä. Tuulivoimamarkkinoiden edelleen kehittyessä vuoden 2020 jälkeen otetaan sen edistämiseksi käyttöön kustannustehokkaita edistämiskeinoja. Tällöin Suomessakin voitaisiin saavuttaa kilpailukykyinen hintataso sähkömarkkinoille ilman tukia. (Tietoa tuulivoimasta.)

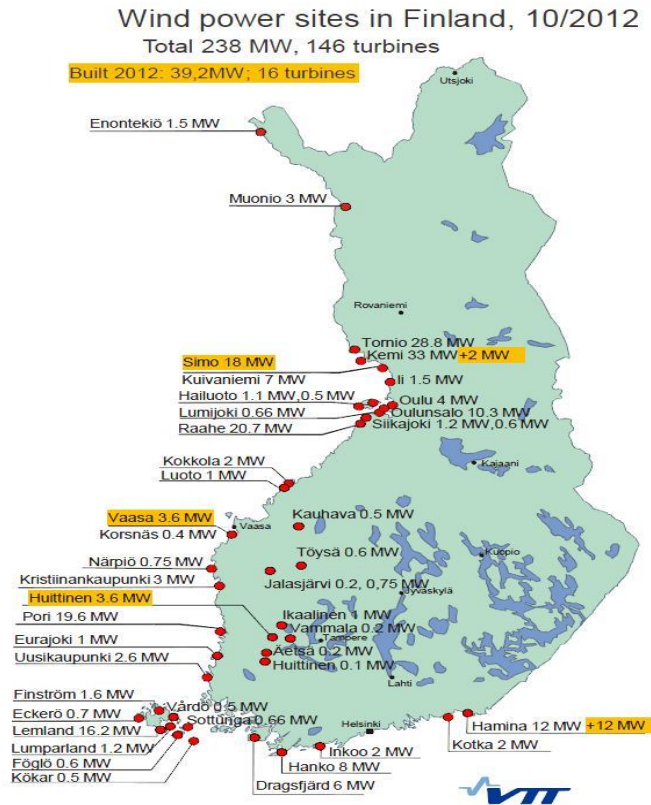
Loppuvuodesta 2014 Suomessa oli toiminnassa 260 tuulivoimalaa. Näiden voimaloiden yhteiskapasiteetti on 627 MW. Näiden tuulivoimaloiden tuottama sähkö kattoi Suomen koko sähkötuotannosta vuonna 2014 noin 1,3 prosenttia. (Tietoa tuulivoimasta.)

Suomessa rakennetaan nykyisin 3,3 - 5 MW:n voimaloita. Tulevaisuudessa etenkin merelle tullaan rakentamaan voimaloita, joiden koko tulee olemaan yli 7 megawattia. (Tietoa tuulivoimasta.)

Suomi on esimerkiksi muihin Pohjoismaihin verrattuna tuulioloiltaan ja teknillisiltä edellytyksiltään epäedullisempaa aluetta, mutta siitä huolimatta käyttämätön tuulivoimapotentiaali on vielä suuri. Suomessa tuulivoimalat pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle sähkönkulutus keskuksia ja yleensä rannikon tuntumaan. (Tuulivoima Suomessa.)

2.1 Tuulivoima Lapissa

Lapin tunturialueiden teoreettinen tuulivoimapotentiaali on arvioitu olevan 14 TWh vuodessa. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin erittäin harva sähkö- ja tieverkosto. Tämän takia potentiaalisten alueiden rakennuskustannukset muodostuvat liian korkeiksi. Toiseksi ongelmaksi muodostuu tunturialueiden suojeleminen tai se, että maisema-alue on valtakunnallisesti merkittävä. Alla olevasta kuvasta (kuva 2) on helppo katsoa, mihin Suomessa tuulivoimalat sijoittuvat. (Tuulivoima Suomessa.)



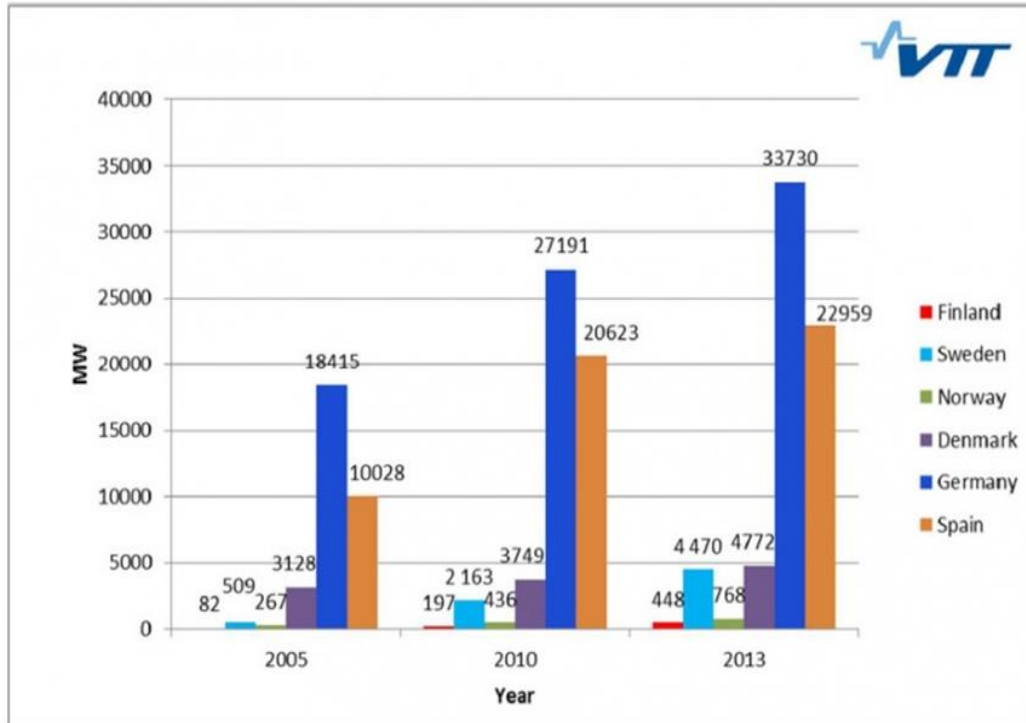
KUVA 2. Tuulivoimaloiden jakautuminen Suomessa (VTT)

2.2 Tuulivoima Euroopassa

Vuonna 2013 Euroopassa rakennettiin enemmän tuulivoimaa kuin muita uusia energiamuotoja, kaikkiaan yhteensä 11GW. Tällä pystytään tuottamaan normaalina tuulivuotena jopa 8 % EU:n vuosittaisesta energiankulutuksesta eli kaikkiaan noin 257 TWh tuulisähköä. (Tuulivoima Euroopassa.)

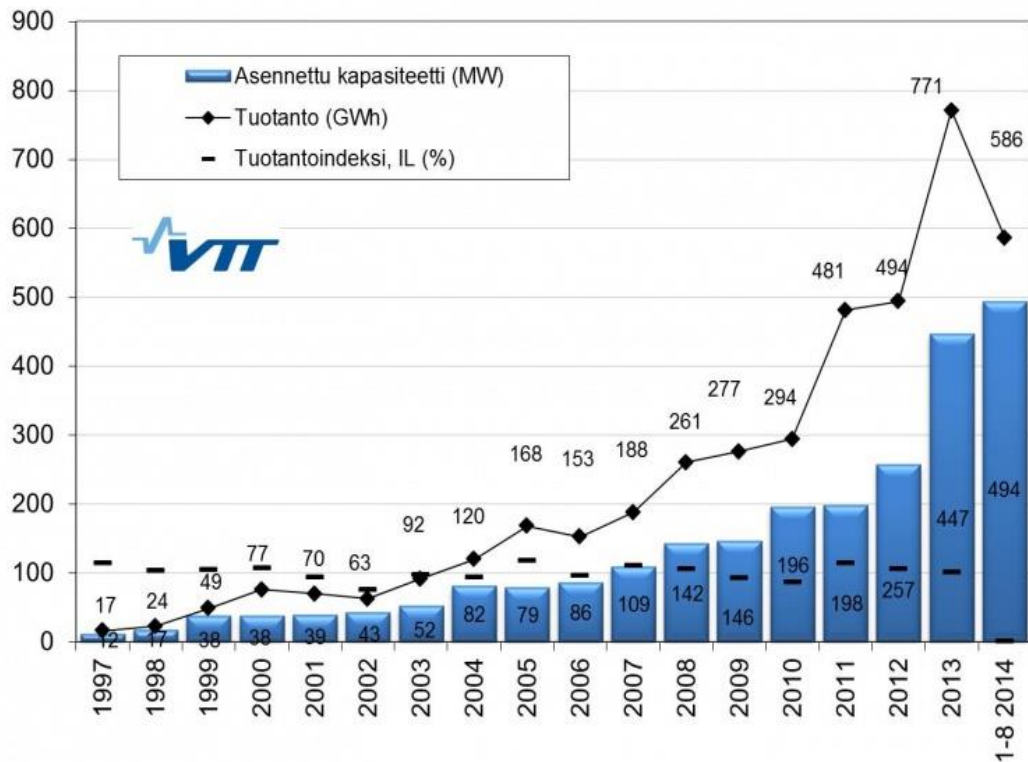
Saksassa on EU:n suurin tuulivoimakapasiteetti 33 730 MW, Espanjassa 22 959 MW ja Iso-Britanniassa 10 531 MW. (Kuva 3.) Tämä oli tilanne vuoden 2013 lopussa. Tanskassa on suurin tuulivoiman osuus sähköntuotannosta. Vuonna 2013 Tanskassa katettiin tuulivoimalla yli 33 % sähkönkulutuksesta (kapasiteetti 4772 MW). Joulukuussa 2013 Tanska pääsi ensimmäisenä maana 55 %:iin tuulivoimasähkön osuudella. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun mikään

maa on tuottanut yhden kuukauden aikana käytetystä sähköstä yli puolet tuuli-voimalla. Esimerkiksi Saksan tuulienergia kattoi vuonna 2013 noin 9 % sähkönkulutuksesta. (Tuulienergia Euroopassa.)



KUVA 3. Euroopan tuotantomäärät (VTT)

Suomen tuulienergiakapasiteetti vuoden 2013 lopussa oli 448 MW, kapasiteetti kasvua oli tapahtunut yhteensä 162 MW edellisvuoteen. Vuonna 2014 Suomen kapasiteetti oli 627 MW ja tuulienergiakapasiteetti oli 260 kpl, näillä katettiin 1,3 % kokonaissähkönkulutuksesta. Suomi kasvatti vuonna 2014 tuulienergiatuotantoa vuoteen 2013 verrattuna 43 %. (Kuva 4.) Kasvusta huolimatta Suomi on vielä jäljessä muista Pohjoismaista. (Tuulienergia Euroopassa.)



KUVA 4. Kapasiteetin kasvu Suomessa (VTT)

2.3 Pohjoismaiden tuulivoimatuotanto

Tanska on Pohjoismaista johtava tuulivoima sähköntuottaja. Tuulivoiman osuus oli vuonna 2013 32,7 %. Tuotantoa nosti vuonna 2013 käyttöönotettu 400 megawatin tuulipuisto. (Tanskan tuulivoima rikkoo ennätyksiä.)

Vuonna 2014 Tanska tuotti liki 40 % sähköstään tuulivoimalla. Tarkka osuus oli 39,1 % koko maan sähköntuotannosta. Tavoitteena Tanskalla on nostaa tuulivoiman osuus sähköstä 50 % vuoteen 2020 mennessä. (Tanskan tuulivoima rikkoo ennätyksiä.)

Tanskan jäljessä tulevat muut Pohjoismaat. Luvut ovat vuodelta 2013, Ruotsi 4470 MW, Norja 768 MW ja Suomi 448 MW. (Kuva 3.) (Tuulivoima Euroopassa.)

Ruotsiin ollaan rakentamassa 1101 kpl:n tuulivoimalapuistoa. Puiston olisi tarkoitus valmistua vuoteen 2020 mennessä, se sijaitsee Piteån kunnassa. Puiston koko on 450 neliökilometriä ja se tulee tuottamaan sähköä 4 gigawattia. Valmistuessaan tämä 5.1 miljardin €:n puisto on Euroopan suurin. (Markbygden Wind Farm.)

3 KALAJOEN MUSTILANKANKAAN TUULIPUISTO

Kalajoen Mustilankankaan tuulipuistoalueen koko oli 16 km² ja se koostui 22 tuulivoimalasta, joiden rakentaminen aloitettiin keväällä 2014. Tuulivoimalat ovat 140 metriä korkeita ja teholtaan 3,3 megawattia. Mustilankankaan tuulipuistoa tullaan vielä laajentamaan.

3.1 Työjärjestys

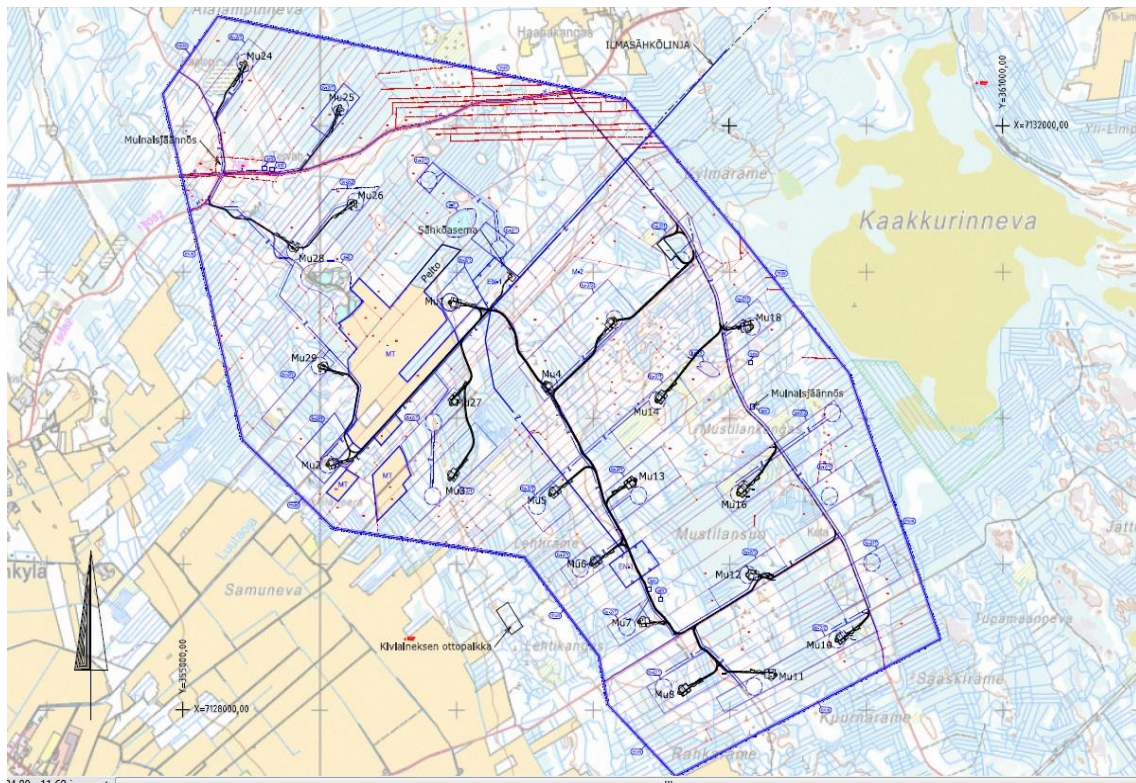
Kohteen maanrakennustyöt päästiin aloittamaan tammikuussa 2014. Alueella suoritettiin pohjatutkimukset, joiden perusteella saatiin tieto maanvaihtotarpeista. Alueen laajuuden takia maaperä vaihteli paljon. Pohjia jouduttiin tekemään kalliolle ja suopohjille.

Maarakennusurakoitsijoiden tuli myös korjata ja kunnostaa jo olemassa olevat tiet ja tarpeen mukaan rakentaa uusia teitä. Tiet tuli kunnostaa, jotta ne kestäisivät kovan ja painavan liikennekuorman. Esimerkiksi yhteen perustukseen tuli noin sadan betoniauton verran betonia. Lisäksi tiestöä tuli myös leventää ja mutkia oikoa, koska tuulimyllyn osat ovat leveitä ja pitkiä kuljettaa.

Itse tuulimyllyn perustuksen täyttöjen teossa oli annettu tarkat kantavuus- ja tiiveysvaatimukset. Pohjalle tehtiin myös syvennys työvalua varten. Täyttöjen aikana otettiin huomioon sekin, että mihin nosturi tultiin sijoittamaan.

3.2 Kohteen haasteet

Kohteessa oman haasteensa toivat maaperän vaihtelu ja pohjavesipinnan taso. Myös alueen laajuus (1600 ha) aiheutti omat haasteensa ja erityisjärjestelyt. Alla oleva kuva 5 antaa käsityksen alueen koosta. Alueen ison koon vuoksi maaperä vaihteli paljon ja tästä johtuen osa perustuksista tuli kalliolle ja osa pehmeälle maaperälle. Kallion varaisissa kohteissa jouduttiin suorittamaan räjäytystöitä, kun taas pehmeissä kohteissa oli suoritettava isoja massanvaihtotöitä.



KUVA 5. Kohteen kokonaisuus

Pohjavesi aiheutti myös omat haasteensa. Pohjaveden korkeuden takia perustus monttuihin jouduttiin asentamaan pumppukaivot, jotta pohjavesi ei nousisi eikä hidastaisi ja estäisi perustusten valua.

3.3 Yhden voimala-alueen koko

Tuulivoimalan alueen kokoon vaikuttaa monta tekijää. Suurin vaikuttava tekijä on tietysti tuulivoimalan koko. Lisäksi siihen vaikuttavat nosturin koko, nosturin kokoamiseen tarvittava tila ja tuulimyllyn osien asennustapa vaikuttavat alueen kokoon.

Myllyn osat ovat massiivisia ja myllyn napakorkeus voi olla korkealla, joten nosturikin on järeää tekoa. Tässä Mustilankankaan kohteessa voimaloiden korkeudeksi tuli 140 m. Tämän korkuisten voimaloiden kokoamiseen tarkoitettu nosturi

tuodaan osissa työmaalle. (Kuva 6).



KUVA 6. Nosturinpuomin osat (Wasawind)

Nosturi kasataan paikan päällä (kuva 7). Nosturin kasaamiseen menee noin kolme päivää. Nosturin osat ovat isoja ja vaativat paljon tilaa, jopa noin 200 m suoraa tietä pelkästään nostopuomin kasaamiseen.



KUVA 7. Nosturin kasaaminen (Sipti)

Alueen kokoon vaikuttava tekijä on myös tuulimylyn osien varastointi. Tapauksissa, joissa osat voidaan nostaa suoraan kuormasta paikalleen, alue voi olla pienempi.

Kuormasta suoraan purkaminen on kuitenkin epätodennäköistä, koska työssä tulee huomioida kaikki haittatekijät, kuten esimerkiksi tuuliset päivät. Toisaalta taas, jos osat joudutaan varastoimaan väliaikaisesti alueelle, niin tämä vaatii alueelta suurta kokoa.

4 ALUESUUNNITELMA

Tuulivoimalatyömaalla pitää tehdä jokaiselle tuulivoimalalle oma aluesuunnitelma. Tässä kyseissä kohteessa tuli näin ollen tehdä 23 eri aluesuunnitelmaa. Tämän lisäksi tuli tehdä erillinen aluesuunnitelma sosiaalityötiloille ja toimistotiloille.

Aluesuunnitelmaa käytetään tiedonvälitysvälineenä hankkeen kaikille osapuolille ja työntekijöille sekä kuljetusten ja työmaaliikenteen järjestäjille. Aluesuunnitelmaa pidetään ajan tasalla päivittämällä siihen työmaa-alueella tapahtuneet ja tapahtuvat muutokset sekä uudet järjestelyt. Aluesuunnitelma laitetaan esille keskeiselle paikalle esim. työmaan portille, työntekijöiden sosiaalityötilan seinälle ja tarvittaviin tiloihin työmaatoimistossa. (Ratu TT 5.23.)

4.1 Huomioitavat asiat

Suunnitelmassa oli otettava huomioon koneiden sijoittelu ja se, mitä koneita kyseiseen kohteeseen tarvittiin. Nosturin paikka oli mietittävä tarkasti, jotta sillä yltäisi nostamaan betoniteräkset helposti kaivannon pohjalle.

Teräskuormat tuli purkaa niin, että ne olivat helposti nostettavissa ja tarkastettavissa. Betoniteräkset oli merkattu lapuilla (kuva 8). Lapusta näki, mihin kohtaan kyseinen betoniteräs sijoittuu perustuksessa.



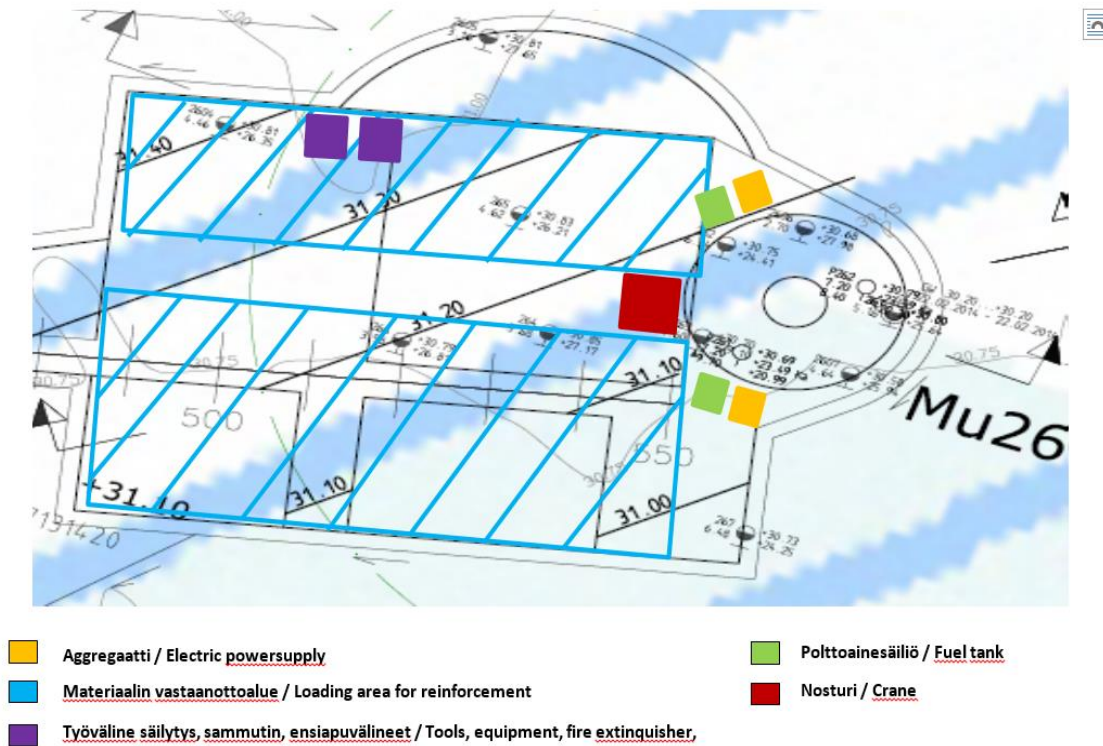
KUVA 8. Betoniteräkset työmaalla

Työmaalla tarvittiin aggregaatteja työmaasähkön sähkön tuottamiseen. Aggregaatit sijoitettiin siten, että niillä oli helppo valaista työmaa-alue ja perustamonttu valun aikana. Lisäksi oli huomioitava, että ne olivat helposti huollettavissa ja tankattavissa. Kohteessa käytetyissä aggregaateissa oli valomastovalmius.

4.2 Aluesuunnitelman toteutus

Tuulivoimalatyömaiden aluesuunnitelmissa merkattiin tarkasti alueet, joille tavaran toimitukset otettiin vastaan ja mihin alueella sijoitetaan nosturi ja aggregaatit polttoainesäiliöineen. Tämän lisäksi niihin tuli merkata työvälinevarastot, ensiapuvälineet ja alkusammutuskalusto. (Kuva 9.) Ulkomaalaisista työntekijöistä

johtuen merkit tuli olla myös englanniksi.



KUVA 9. Aluesuunnitelma MU26

Sosiaalitilojen ja toimistotilojen aluesuunnitelmaan vaikuttaa työntekijöiden määrä. Kullekin työntekijälle on oltava riittävä tila, esimerkiksi ruokailuun on varattava 1 m² per henkilö, ja tarpeellinen määrä pukukaappeja. Pukeutumiseen ja ruokailuun on oltava erilliset tilat.

Kalajoen kohteessa aluesuunnitelmat olivat esillä sosiaalitilojen ilmoitustaululla ja toimistotilan seinällä.

4.3 Kustannukset

Kustannukset muodostuvat pääasiallisesti kaluston vuokrauksesta ja polttoainekuluista. Tässä kohteessa kaluston piti olla yhdellä alueella aina noin kaksi viikkoa. Alkuvaiheessa paikalla riitti yksi aggregaatti, mutta perustusten betonointivaiheessa pohjalle oli tuotava lisäaggregaatti valaistukseen ja betonin vib-

raukseen. Alkuvaiheessa aggregaateista otettiin virta myös vesipumpuille ja sähkötyökaluille.

Parhaimmillaan kohteessa oli yhtäaikaisesti 25 aggregaattia. Polttoainetta koko työmaan aikana kului noin 57 000 litraa, joten siitä muodostui merkittävä kuluera.

5 KEHITYSEHDOITUKSET

Aluesuunnitelmat voisi nykyaikana toteuttaa sähköisinä. Tällöin voitaisiin luopua paperiversioista. Nykyäänhän pyritään paperittomaan aikaan ja tämä tukisi sitä ajattelumallia.

Nykypäivänä jokaisella työntekijällä alkaa olla jo älypuhelin taskussa sekä tulevaisuudessa myös tablettitietokoneita. Sähköisen aluesuunnitelman voisi näin ollen jakaa näiden kautta. Puhelimen kautta jaettaessa aluesuunnitelma kulkisi jokaisen mukana ja aina halutessaan pystyisi tarkistamaan, missä mennään. Silloin ei tarvitsisi lähteä katsomaan esimerkiksi työmaakopin seinältä aluesuunnitelmaa.

Aluesuunnitelman laatijoilla olisi oikeudet muokata tai päivittää sitä. Kun aluesuunnitelmaa olisi päivitetty tai muokattu, niin toimenpiteen jälkeen puhelin hälyttäisi. Hälytys varmistaisi sen, että työntekijät olisivat heti ajan tasalla tehdyistä päivityksistä tai muokkauksista.

Teknologia ja tietotekniikka ovat lisääntyneet ja kehittynyt vauhdilla infrarakentamisessa, joten myös sähköiset aluesuunnitelmat ovat varmasti toteutettavissa ihan lähitulevaisuudessa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli tulivoimalan aluesuunnitelma. Aluesuunnitelmat oli toteutettu Kalajoen Mustilankankaan tuulipuistoon. Lisäksi työssä käytiin läpi tuulivoimaa yleisesti Suomessa ja muissa Pohjoismaissa.

Opinnäytetyö aloitettiin käymällä läpi yleisesti tuulivoiman tilannetta, sitä miten tuulivoiman tuotanto on kasvanut viime vuosina Suomessa ja muissa Pohjoismaissa. Tämän jälkeen tarkasteltiin Kalajoen Mustilankankaan tuulipuistotyömaan eri vaiheita ja haasteita. Sen jälkeen käytiin läpi aluesuunnitelmaan vaikuttavia asioita ja sen toteuttamista.

Tuulivoiman osuus sähköntuotannossa on kasvanut viime vuosina valtavasti. Kasvuun vaikuttava tekijä on se, että kyseessä on uusiutuva energiamuoto. Tällä saadaan merkittävästi laskettua kasvihuonepäästöjä. Mustilankankaan tuulipuistossa suurimmiksi haasteiksi muodostui alueen iso koko, vaihteleva maaperä ja pohjaveden pinnan korkeusasema. Aluesuunnitelmissa merkittävin tekijä oli se, että jokaiselle voimalalle tuli tehdä oma aluesuunnitelma. Lisäksi materiaalin vastaanotto oli mietittävä tarkasti, jotta työt oli mahdollista suorittaa jouthevasti.

Oman haasteen opinnäytetyön tekoon aiheutti teoreettisen tiedon vaikea löytyminen. Aiheesta löytyy hyvin vähän tietoa. Tämä johtuu osin siitä, että Suomessa kulutetusta sähköstä vasta noin 1 prosentti tuotetaan tuulivoimalla. Tulevaisuudessa tuulivoimakapasiteettiamme tulee lisääntymään merkittävästi. Vuoden 2014 lopussa Suomessa oli vasta 260 voimalaa ja niiden yhteenlaskettu teho on 627 megawattia. Tällä hetkellä tuulivoimarakentaminen on kuitenkin päässyt Suomessa hyvään vauhtiin ja kansallisia tuulivoiman rakennus- ja tuotantotilastoja tullaan todennäköisesti rikkomaan tulevina vuosina.

LÄHTEET

Tuulivoima. Motiva Oy. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima. Hakupäivä: 1.6.2015.

Tietoa tuulivoimasta. Suomen Tuulivoimayhdistys ry. Saatavissa:

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta>. Hakupäivä: 1.6.2015.

Tuulivoima Suomessa. Wikipedia. Saatavissa:

http://fi.wikipedia.org/wiki/Tuulivoima_Suomessa.

Hakupäivä: 3.6.2015.

Tuulivoima Euroopassa. Suomen Tuulivoimayhdistys ry. Saatavissa:

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-euroopassa>. Hakupäivä: 8.6.2015.

Tanskan tuulivoima rikkoo ennätystä. Kauppalehti. Saatavissa:

<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/tanskan-tuulivoima-rikkoo-ennatysta/pu3neY3j>. Hakupäivä: 10.6.2015.

Markbygden Wind Farm. Wikipedia. Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Markbygden_Wind_Farm Hakupäivä: 10.6.2015.

Ratu TT 5.23. Rakennustyömaan aluesuunnittelun työturvallisuuden muistilista rakennusvaiheittain. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Vaatii kirjautumisen. Hakupäivä: 3.11.2015.

LIITTEET

Liite 1 Aluesuunnitelma MU29

Liite 2 Aluesuunnitelma MU28

- Aggregaatti / Electric power supply**
- Materiaalin vastaanottoalue / Loading area for reinforcement**
- Työväline säilytys, sammutin, ensiapuvälineet / Tools, equipment, fire extinguisher,**
- Polttoainesäiliö / Fuel tank**
- Nosturi / Crane**

