

JOUKHAISSELÄN JA TUORE KULVAKKOSELÄN TUULIPUISTOHANKKEEN TEKNINEN KUVAUS

1 JOHDANTO

YVA-menettelyssä tarkastellaan enintään 10 voimalan tuulipuistoa. Tuulipuisto koostuu tuulivoimaloista, niiden perustuksista, voimaloiden välisistä liittymäteistä, sähköasemasta sekä sähköverkkoon liittymisen mahdollistavasta voimajohdosta.

Hankkeen suunnittelu on vasta alkuvaiheessa, jolloin hankkeen teknisiin tietoihin liittyy vielä paljon epävarmuuksia. Esimerkiksi vielä ei ole varmuutta, minkä kokoisia tuulivoimaloita alueelle sijoitetaan. Tämän vuoksi YVA-menettelyssä vaikutuksia tarkastellaan käyttäen maksimiarvoja.

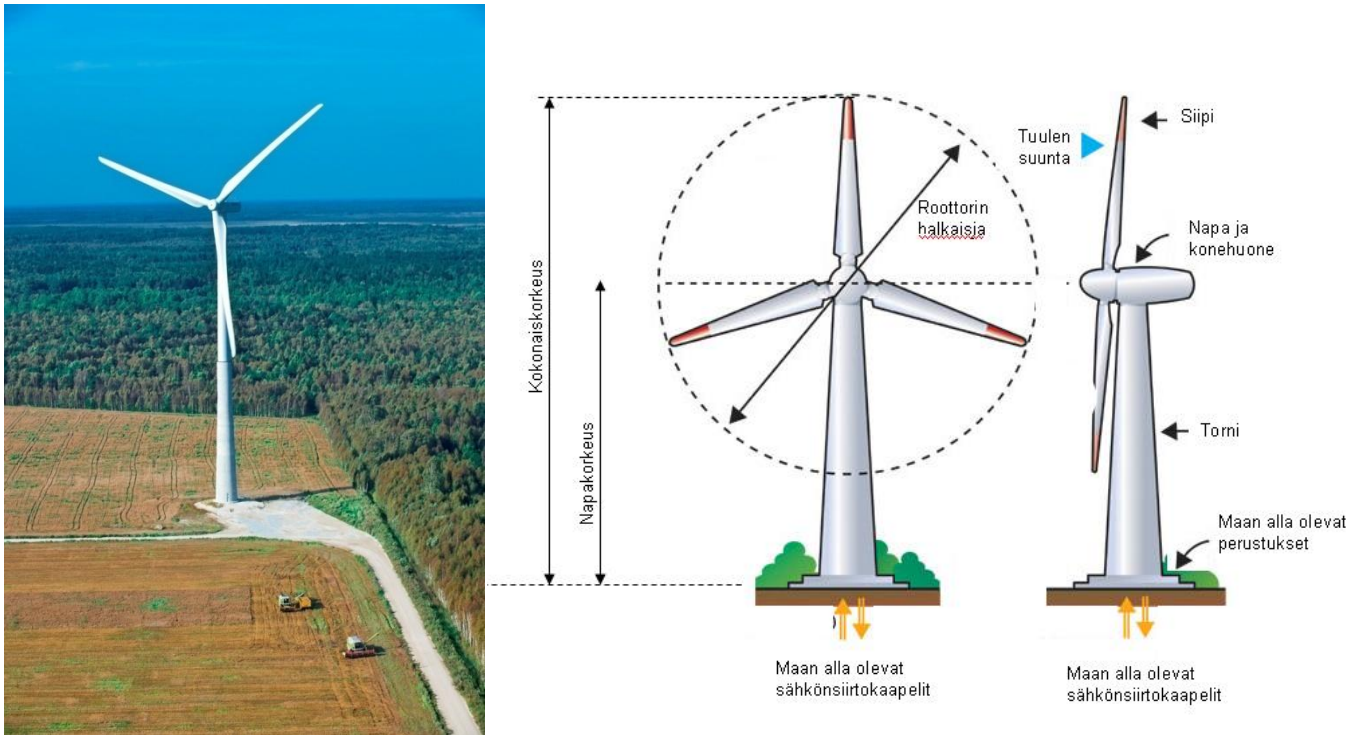
Dokumentissa käytetyt piirrokset ja taulukot ovat esimerkkejä, joiden tavoitteena on havainnollistaa todennäköinen rakentaminen, mutta yksityiskohtaiset mitat määräytyvät vasta investointivaiheessa.



Kuva 1. Tuulipuisto metsäisellä alueella. Stengårdsholman tuulipuisto Ruotsissa, 10 voimalaa à 2 MW, napakorkeus 125 m, roottorin halkaisija 90 m. Kuva: EON

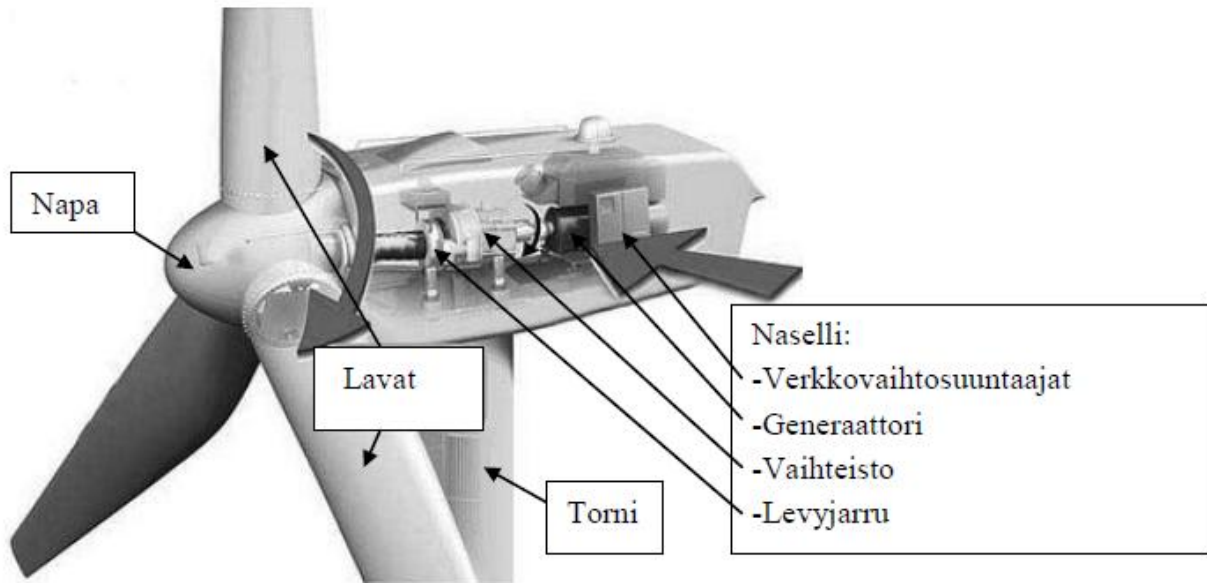
2 VOIMALATYYPPI JA -KOKO

Yksittäinen tuulivoimalaitos muodostuu perustuksen päälle asennettavasta tornista, 3-lapaisesta roottorista sekä konehuoneesta (kuva 2). YVA-menettelyssä tarkastellaan 2,5-4 MW:n voimalaitoskokoa. Voimaloiden napakorkeus on maksimissaan 140 m ja roottorin halkaisija maksimissaan 140 m. Tuulivoimalaitoksen kokonaiskorkeus voi tällöin olla maksimissaan noin 210 m.



Kuva 2. Vasemmalla 3 MW:n tuulivoimalaitos, jonka tornin alaosa on betonia ja yläosa terästä, napakorkeus ja roottori ovat 100 m. (Kuva: WinWinD). Oikealla on periaatekuva tuulivoimalasta (Kuva: planete-energies.com)

Tuulivoimaloita on yleisesti kahta eri tyyppiä, vaaka-akselinen (VAWT, Vertical Axis Wind Turbine) ja pystyakselinen (HAWT, Horizontal Axis Wind Turbine). Vaaka-akselinen tuulivoimala on näistä yleisemmin käytössä ja voi toimia tuulen alla tai tuulta vastaan. Suurin osa nykyaikaisista tuulivoimaloista on ohjauksen ja mittalaitteiston avulla tuulta vastaan käännettäviä tuulivoimaloita. Tässä hankkeessa on suunniteltu käytettävän vaaka-akselisia vastatuulivoimaloita. Tuulivoimalan pääosat ovat perustukset, torni, naselli (konehuone) ja roottori (napa ja lavat). Kuten kuvasta 3 voidaan havaita, nasellin sisällä sijaitsee voimansiirtoon ja sähköntuotantoon liittyviä komponentteja, kuten esimerkiksi generaattori ja vaihteisto. Tuulivoimalan komponentteihin kuuluvat myös verkkovaihtosuuntaajat, ohjauskomponentit tuulivoimalan kääntämiseen ja lapakulmien säätöön sekä levyjarru mahdollisia vikatilanteita ja huoltoja varten. (Tuulivoimaopas, Motiva Oy; Patel M. R. 2006 s.26)



Kuva 3. Tuulivoimalan pääkomponentit (kuvan muokkaus Mikko Immonen)

3 MW voimalan tyypillisiä teknisiä tietoja:

	Paino (ton)	Pituus (m)	Leveys (m)	Korkeus (m)
Konehuone	100	10	4,0	4,2
Napa	20	3,5	3,5	3,0
Siipi	15	60	4,0	3,0

3 TUULIVOIMALAN TORNIT

Tuulivoimalan torni on yleensä terästä, betonia tai niiden yhdistelmää. Kaukomaisemassa eri tornityyppjä on vaikea erottaa toisistaan.



Kuva 4. Tuulivoimalan tornityyppjä, vasemmalla terästorni, keskellä betoni- ja terästornin yhdistelmä ja oikealla täysbetonitorni. (kuvat WinWinD ja Enercon)

125 metrin korkuisen lieriömuotoisen tornin teknisiä tietoja:

NAPAKORKEUS 125 m					
TORNIMALLI			Terästorni	Betoni + teräs	Täysbetoni
Halkaisija	Yläosa	m	3,0	3,0	3,0
	Alaosa	m	4,5	9,3	9,3
Kokonaispaino		ton	425	859	1207
Betonin määrä		m3		336	525
raudoitusteräksen määrä		ton		35	52
Torniteräksen määrä		ton	425	84	

Esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi on olemassa ns. ristikkorakenteinen torni. Hankkeen edetessä olemme luopuneet ristikkotornivaihtoehdosta, koska kyseisen tornityypin soveltuvuutta Lapin olosuhteisiin ei ole saatu selvitettyä riittävällä varmuudella. Samanaikaisesti muut tornityypit ovat kehittyneet ja niillä päästään riittäviin napakorkeuksiin. Näillä perusteilla katsomme, että ristikkorakenne ei ole realistinen ratkaisu tässä hankkeessa.

4 TUULIVOIMALOIDEN PERUSTAMINEN

Tuulivoimala perustetaan maavaraiselle tai kallioon ankkuroidulle betonilaatalle. Maavaraisessa perustuksessa betonilaatta (halkaisija n. 20 m, korkeus 1-2 m) kaivetaan maahan 2-4 metrin syvyyteen ja peitetään maa-aineksella. Niillä rakennuspaikoilla, joilla peruskallio on ehjä ja lähellä maanpintaa, pienempikokoinen (halkaisija n. 12-15 m) betonilaatta kiinnitetään betoni injektoiduilla terästangoilla. Yhden maavaraisen perustuksen tarvitsema betonimäärä on noin 500 m³.



Kuva 5. Perustuksen rakentamisvaiheita (*Ventureal*)

5 TIESTÖ

Jokaiselle voimalalle rakennetaan tieyhteys. Kuljetettavat tuulivoimalakomponentit vaativat hyötyleveydeltään tyypillisesti noin 5 metriä leveän tien (kuva 7). Hankealueelle johtaa metsäautoteitä, joita hyödynnetään kuljetuksissa. Kuljetukset hankealueelle tapahtuvat joko lännestä Hannuvaarantien kautta tai etelästä Ristonmännikön kohdalta. Liitteessä 1 on kuvattu lähestyminen hankealueelle.

Puiston sisäinen tiestö riippuu voimaloiden lopullisista paikoista. Liitteissä 2 ja 3 on esitetty alustavat vaihtoehdot molemmista vaihtoehdoista.

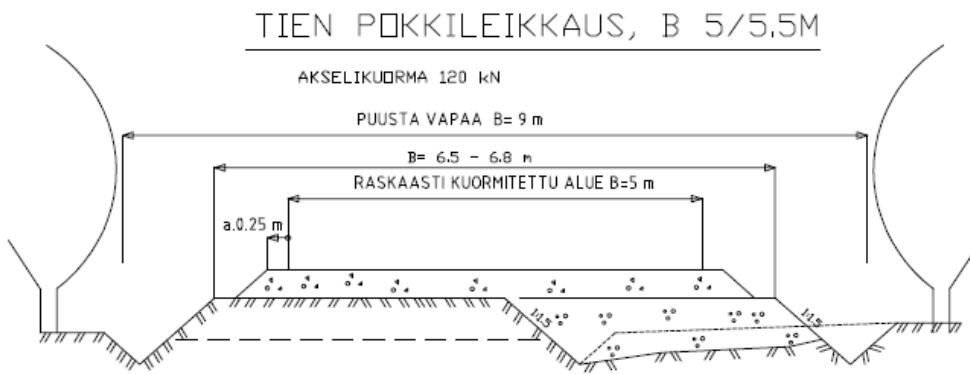
Vaihtoehdossa 1 rakennetaan täysin uutta tietä noin **10 kilometriä**.

Vaihtoehdossa 2 rakennetaan täysin uutta tietä noin **8 kilometriä**.

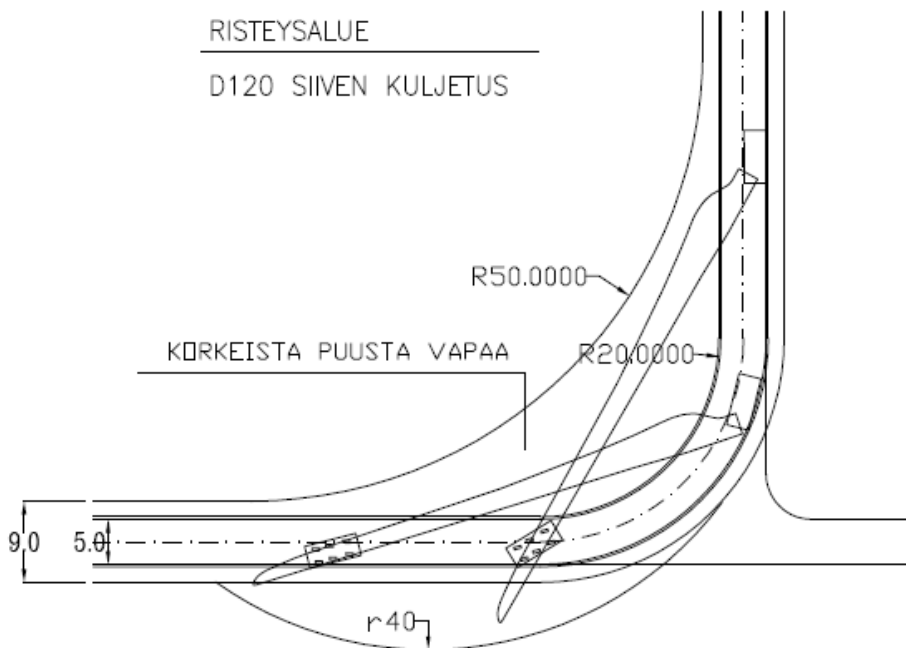
Näiden lisäksi olemassa olevia teitä pitää vahventaa vaihtoehdossa 1 noin 2 km osalta ja vaihtoehdossa 2 noin 10 km osalta. Kuljetusten arvioinnissa on oletettu, että olemassa olevan tien vahvennuksen suhde uuden tien rakentamiseen on 1:3 eli tietä vahvistettaessa massoja, kuljetuksia, jne. tarvitaan 1/3 uuden tien vastaavista määristä.



Kuva 6. Tuulivoimalaitoksen koneiston kuljetusta. Kuva: WinWinD (www.winwind.com)



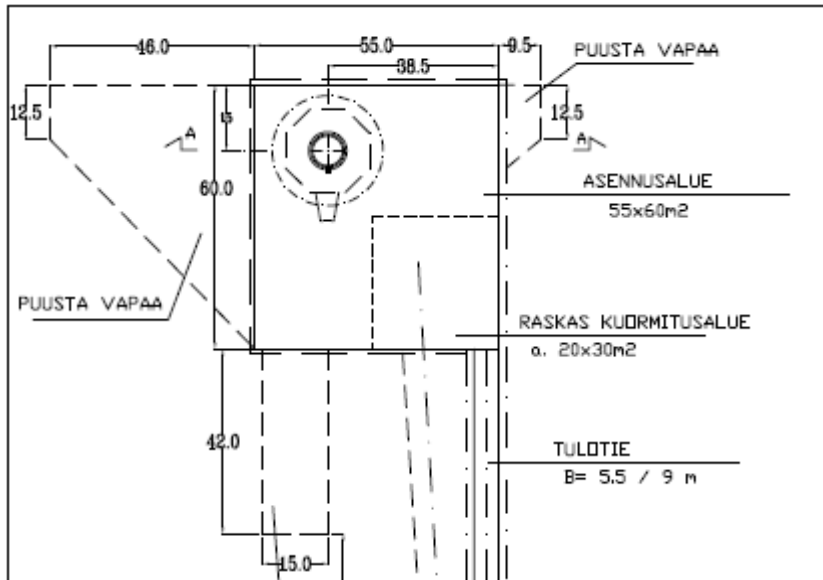
Kuva 7. Tien poikkileikkauspiirros



Kuva 8. Mutkissa pitkät komponentit tarvitsevat tilaa kääntyä.

6 VOIMALOIDEN ASENNUSKENTÄT

Voimaloiden juurelle rakennetaan noin hehtaarin kokoinen asennuskenttä, joka toimii voimaloiden noston aikana nostoalustana. Asennuskenttä on hiekkakenttä. Koko alueen tulee kestää kuljetusten painot ja osa alueesta on erikoisrakenteista, jonka tulee kestää nosturin ja nostettavan kappaleen yhteispaino.



Kuva 9. Nostokentän mitoitus esimerkki.

7 KULJETUKSET

Laitosten kuljetus tapahtuu yleensä maanteitse, torni 2 - 4 osassa, konehuone sekä roottorin lavat ja napa erikseen. Hankkeen kuljetukset ajoittuvat seuraavasti:

Aloitusvaihe:

- Tien rakentaminen, kaivuumassojen poisvienti ja tieaineksen tuonti.
- Kaivuumassat viedään soveltuvaan paikkaan.
- Maa-aines tuodaan esimerkiksi Liikkuvankankaan maa-aineksen ottoalueelta matkaa tuulipuistosta noin 10-15 km.

Perustusrakentaminen:

- Betonin kuljetus, esimerkiksi Sodankylän betoniasemalta, matkaa noin 30 km.

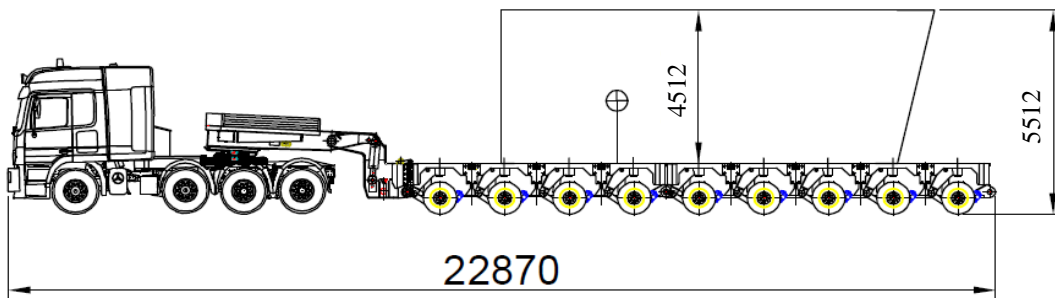
Voimaloiden asentaminen:

- Erikoiskuljetuksia, esimerkiksi Kemin ajoksen satamasta, matkaa noin 250 km.

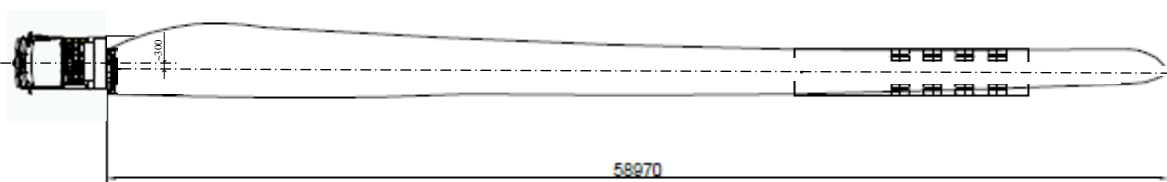
MAAVARAINEN PERUSTUS				
Betonin kuljetus		kpl	71	per voimala
NOSTOALUSTAT				
Kaivuumassat		m ³	500	per voimala
Murskeen / hiekan määrä		m ³	2500	per voimala
NOSTOALUSTAT				
Murskeen / hiekan kuljetus		kpl	125	per voimala
Kaivuumassojen kuljetus		kpl	25	per voimala
Valmistumisaika sitella		vkoa	1	per voimala
YHDYSTIET				
Kaivuumassat		m ³	2000	per voimala
Murskeen / hiekan määrä		m ³	6000	per kilometri
YHDYSTIET				
Murskeen / hiekan kuljetus		kpl	100	per kilometri
Kaivuumassojen kuljetus		kpl	300	per kilometri
Valmistumisaika sitella		vkoa	0,3	per kilometri
TORNIMALLI				
Kuljetettavia osia		kpl	7	Terästorni Betoni + teräs (1) Täysbetoni 30
Betonin kuljetus		kpl		48
<i>(1 Betoniosa valetaan sitella</i>				
Valmistumisaika sitella (2		vkoa		2 2
<i>(2 10 voimalan puisto, keskimääräinen voimalakohtainen aika</i>				

VOIMALAT				
Kuljetus - Konehuone		kpl	1	per voimala
Kuljetus - Siivet		kpl	3	per voimala
Kuljetus - Napa		kpl	1	per voimala
Kuljetus - muut		kpl	2	per voimala

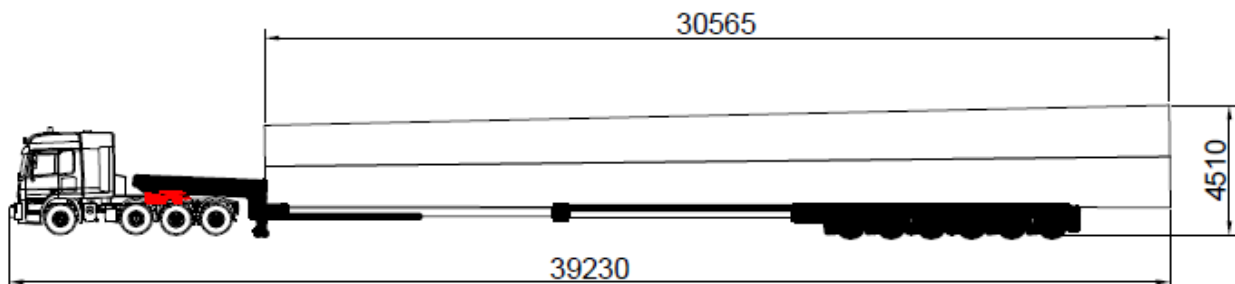
Kuva 10. Hankkeen merkittävimmät kuljetusmäärät



Kuva 11. Konehuoneen kuljetusmittoja



Kuva 12. 60 metrin siiven kuljetusmittoja.



Kuva 13. 30-metrinen terästornilohkon kuljetusmittoja.

8 SÄHKÖNSIIRTO

Tuulivoimalaitokset kytketään toisiinsa 20 kV:n maakaapeilla, jotka kaivetaan maahan noin metrin syvyyteen yhdysteiden yhteyteen. Kaapelit seuraavat tielinjaa ollen kuitenkin tien sivussa siten, että raskas kuljetus ei vahingoita niitä. Joissain tapauksissa kaapelit voidaan myös kaivaa suoraan tuulivoimalaitokselta toiselle metsän läpi, mikäli kiertäminen teiden reunoja seuraten tulisi tarpeettoman pitkäksi. Kaapelit yhdistetään hankealueelle rakennettavaan muuntoasemaan, josta sähkö siirretään valtakunnalliseen sähköverkkoon 110 kV:n jännitteellä

Maakaapelien asennussyvyys on määritelty standardeissa, yleisesti asennussyvyys on vähintään 70 cm. Yleisesti maakaapeli-asennus toteutetaan kaivamalla ensin kaapelioja valmiiksi. Kaapeliojan leveys on n. 50-70 cm. Kaapeliojaan lasketaan pohjalle tyypillisesti noin 5 – 10 cm kerros hienoa hiekkaa, kaapelin alustaksi. Tämän jälkeen kaapeli voidaan joko vetää ojan pohjalle, tai laskea ensin kelalta kaapeliojan viereen ja siirtää sitten siitä kaapeliojaan. Paikalleen asennetun kaapelin päälle

sijoitetaan sen jälkeen ns. täytehiekkä, vastaavaa kuin alustana käytetty hieno hiekka, jonka tehtävänä on ympäröidä kaapeli ja stabiloida kaapelia välittömästi ympäröivä maaperä.



Kuva 14. Puiston sisäisessä sähkönsiirrossa käytetään pääasiassa yhdysteiden viereen asennettavia maakaapeleita (Kuva: [www.reka.fi\(\)](http://www.reka.fi/))



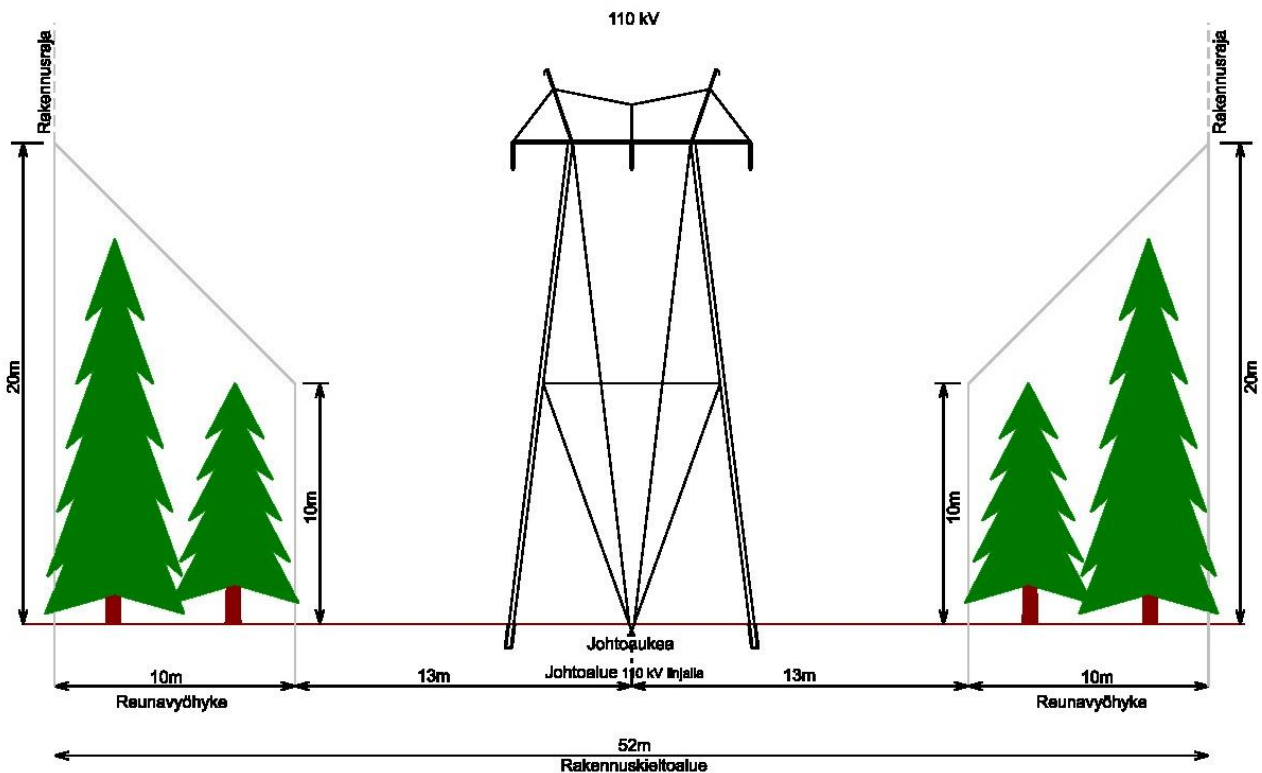
Kuva 15. Sähköasema (Kuva: Eltel Networks Oy)

Sähkön siirtämiseksi sähköasemalta sähköverkkoon rakennetaan 110 kV:n voimajohto ilmajohtona puiston liittämiseksi olemassa olevaan 110 kV verkkoon. Kaikissa vaihtoehdoissa tuulipuisto liitetään Fingrid Oyj:n 110 kV:n kantaverkkoon Meltaus-Lintuselkä, joka kulkee puiston pohjoispuolella.

Hankkeen liittämisestä Fingrid Oyj:n omistamaan Meltaus-Lintuselkä johtoon on käyty neuvottelut Fingrid Oyj:n ja hankkeen kehittäjien välillä ja Fingrid Oyj on antanut lupauksen liittymisestä enintään 25 MW tehoiselle tuulivoimapuistolle johdonvarsiliityntänä. Johdonvarsiliitynnässä kaksi 110 kV voimajohtoa liittyy toisiinsa ilmassa mahdollisen erotinpylvään avulla.

Voimajohdon rakentaminen edellyttää maastoon raivattavaa johtoaukkoa, jolloin kasvillisuus poistetaan kokonaan 26 metrin leveydeltä. Tämän lisäksi johtoalueen molemmille puolille tulee jättää reunavyöhyke, jossa kasvillisuus saa olla korkeintaan 10 – 20 metriä korkea. Kuvassa 16 on voimajohdon tyyppiinirustus.

Tuulivoimapuiston alueelle rakennetaan vaihtoehdosta riippuen suunniteltuun paikkaan sähköasema, jossa on puiston sähköiseen liittämiseen ja suojaamiseen liittyviä laitteistoja sekä päämuuntaja, jolla puiston sisäverkossa käytettävä 20 kV:n jännitetaso korotetaan 110 kV siirtojännitteeseen. Sähköasemalle tulee rakennus jonne sijoitetaan keskijännitekojeisto, viestilaitteita, varaosia sekä huoltotiloja. Sähköasemalle rakennetaan muuntajaa varten ns. muuntajabunkkeri öljynerotuksineen ja alue aidataan verkkoaidalla. Sähköaseman koko on tämän kokoiselle hankkeelle tyyppillisesti 40 m x 50 m. Lisäksi varaudutaan rakentamaan sähköaseman yhteyteen huoltorakennus.



Kuva 16. 110 kV:n voimajohdon tyyppiinirustus.

9 TUULIVOIMA PUISTON RAKENTAMINEN

Puiston rakentaminen tehdään seuraavissa vaiheissa:

- Tiet ja nostoalueet, ojitukset, läjitykset, massanvaihdot, tukirakenteet, murskeet
- Sähkö- ja muuntoasemat, maanrakennus, asemarakennukset, maadoitukset
- Perustukset, massanvaihdot, paalutukset, raudoitukset ja valut, läpiviennit, maadoitukset, perustusrenkaat
- Voimalaitoksen nostot, sähköiset ja mekaaniset asennukset, käyttöönotto, trimmaus ja säätö

Periaatteessa puiston rakennustöitä voi tehdä läpi vuoden, mutta optimaaliset ajankohdat ovat välillä kesäkuu – marraskuu.

Maansiirtotöihin varataan aikaa 1-2 kuukautta, jonka jälkeen voidaan aloittaa perustustyöt.

Perustustyöt tehdään kahdessa vuorossa, perustusten rakentamiseen kuluu aikaa 2 viikkoa per voimala. Voimalan varsinainen valu kestää 1-2 vuorokautta, jolloin töitä tehdään jatkuvasti.

Sähköaseman rakentaminen tarkoittaa tasaisen aidatun alueen rakentamista ja betonitöitä perustuksien ja muuntajabunkkerin osalta. Perustusten kuivumisen jälkeen työt jatkuvat tornivaihtoehdosta riippuen joko

- betonitornin paikallaan valulla
- betonitornin tehtaalla valmistettujen lohkojen asennuksella
- terästornin asennuksella

Betonitornin paikallaan valu on samantyyppistä rakentamista kuin perustuksen rakentaminen. Keskimäärin betonitorneja (50 m korkeus) valmistuu 2 kpl kuukaudessa.

Tehtaalla valmistettujen betonitornilohkot asennetaan nostureita käyttäen, valmistumisvauhti keskimäärin 2 kpl kuukaudessa.

Varsinainen tuulivoimalan nosto tehdään 10-12 henkilön voimin yhdessä vuorossa, joskin nostoajankohdat sovitetaan tuulisuuden mukaan ja vuorot ovat pitkiä. Pystytys tapahtuu yleensä kahdella nosturilla (iso + pieni) osissa: torni 2 – 4 osassa, konehuone yleensä kokonaisena ja roottori valmiiksi koottuna tai lapa kerrallaan. Yhden voimalan pystyttäminen kestää 2-3 päivää, viikossa voimaloita pystytetään 2 kpl.



Kuva 17. Tornilohkon nostaminen (Kuva: Eltel Networks Oy)

Voimaloiden käyttöönotto tapahtuu 2-4 henkilön toimesta ja se kestää noin 2 viikkoa per voimala. Käyttöönottoaikeja voi olla töissä useita samanaikaisesti.

10 voimalan esimerkkiaikataulu	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
Tiet ja nostoalueet	■						
Perustustyöt		■					
Sähköistys		■					
Voimaloiden pystytys				■			
Voimaloiden Käyttöönotto				■			
Ensimmäinen voimala tuottaa sähköä						★	
Puisto valmis							★

Kuva 18. Viitteellinen rakennusaikataulu.

10 LENTOESTEVALOT

Tuulivoimaloihin sijoitetaan lentoestevalot niiden havainnoimisen parantamiseksi pimeällä ja sumussa. Tuulivoimahankkeen toteuttajan tulee hakea tuulivoimaloille lentoestelausunto Finavialta ja lausunnon perusteella lentoestelupa Liikenteen turvallisuusvirastolta (TraFi). Lentoesteluvassa Trafi määrää käytettävät lentoestevalot ottaen huomioon kansainväliset ilmailumääräykset, voimaloiden koon, lentoasemien sijainnit ym. seikat.

Nykyisin voimassa olevien säännösten (kevät 2012) mukaan tuulivoimalat, joiden pyyhkäisykorkeus (napakorkeus + lavan pituus) ylittää 150 m, on varustettava konehuoneen katolle (napakorkeudelle) sijoitettavalla korkeatehoisella vilkkuvalla valkoisella lentoestevalolla, jonka valovoima on päivällä 100 000 kandela ja yöllä 2 000 kandela. Lisäksi Trafi on edellyttänyt valojen yhtäaikaisen vilkkumisen eri voimaloissa.

11 TUULIVOIMALOIDEN KUNNOSSAPITO

Huoltokäyntejä on tarpeen tehdä kullakin tuulivoimalalla 1-2 kertaa vuodessa huolto-ohjelman mukaan, saman verran tulee lisäksi ns. ennakoimattomia huoltokäyntejä. Yhteensä huoltokäyntejä tulee siis vuosittain arviolta 2-4 voimalaitosta kohden.

12 VOIMALOIDEN KÄYTÖSTÄ POISTO

Tuulivoimaloiden tekninen käyttöikä on 20-25 vuotta. Voimaloiden käytöstä poistamisen jälkeen perustukset ja kaapelit jätetään paikoilleen tai puretaan viranomaismääräysten mukaisesti. Tämän hetken tiedon mukaan todennäköisin vaihtoehto on maisemointi.