

## PIIPARINMÄEN-LAMMASLAMMINKANKAAN TUULIPUISTOHANKKEEN TEKNINEN KUVAUS

### 1 JOHDANTO

YVA-menettelyssä tarkastellaan enintään 127 voimalan tuulipuistoa. Tuulipuisto koostuu tuulivoimaloista, niiden perustuksista, voimaloiden välisistä liittymäteistä, sähköasemasta sekä sähköverkkoon liittymisen mahdollistavasta voimajohdosta.

Hankkeen suunnittelu on vasta alkuvaiheessa, jolloin vielä ei ole lopullista varmuutta, minkä kokoisia tuulivoimaloita alueelle sijoitetaan. Tämän vuoksi YVA-menettelyssä vaikutuksia tarkastellaan käyttäen maksimiarvoja. Tuulipuiston käytännön rakentaminen voidaan tehdä 3–5 MW tehon tuulivoimaloilla, mutta tuotantoon liittyvät laskennat on YVA-vaiheessa tehty 3 MW voimaloita vastaavaksi. Voimalan tehon suureneminen 5 MW:iin ei vaikuta voimaloiden ympäristövaikutusten arviointiin, sillä vaikutusarviot on tehty voimaloiden maksimimitoilla.

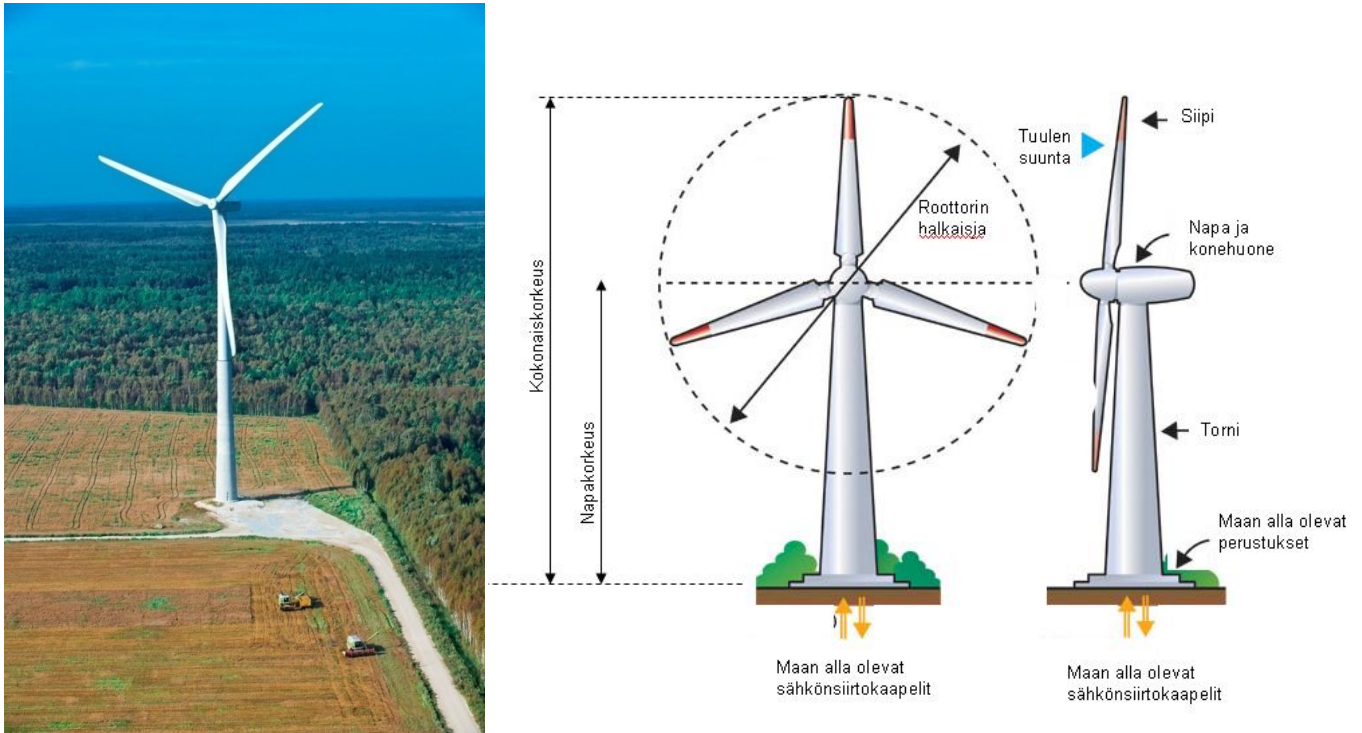
Dokumentissa käytetyt piirroksot ja taulukot ovat esimerkkejä, joiden tavoitteena on havainnollistaa todennäköinen rakentaminen, mutta yksityiskohtaiset mitat määräytyvät vasta investointivaiheessa.



**Kuva 1.** Tuulivoimapuisto metsäisellä alueella. Stengårdsholman tuulipuisto Ruotsissa, 10 voimalaa à 2 MW, napakorkeus 125 m, roottorin halkaisija 90 m. Tuulivoimalat sijoittuvat noin 600–700 m etäisyydelle toisistaan. Kuva: EON

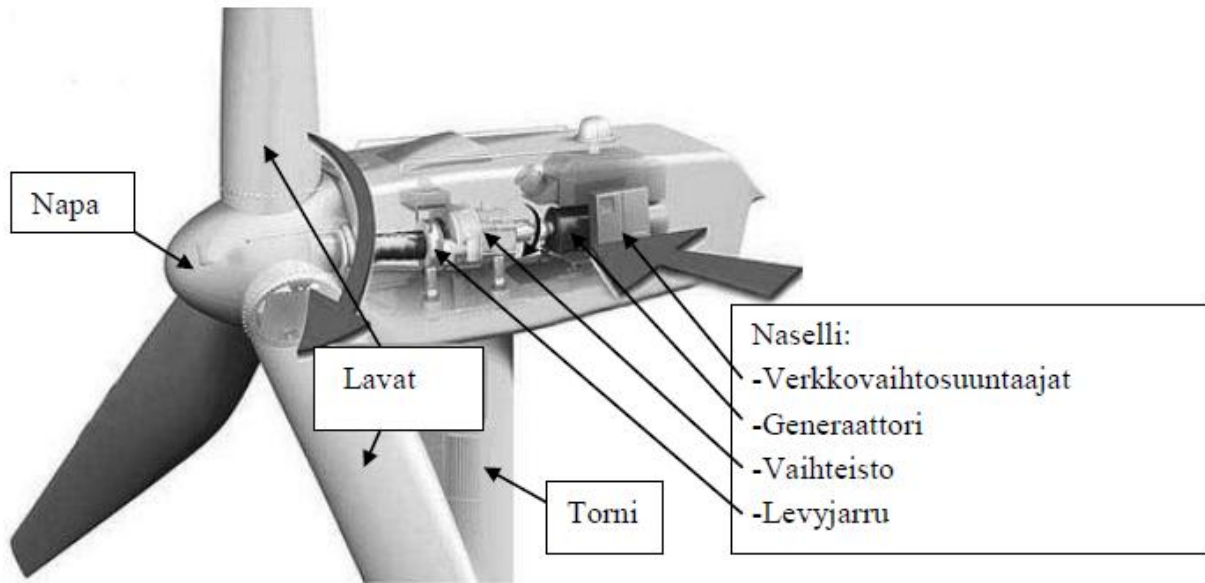
## 2 VOIMALATYYPPI JA -KOKO

Yksittäinen tuulivoimalaitos muodostuu perustuksen päälle asennettavasta tornista, 3-lapaisesta roottorista sekä konehuoneesta (kuva 2). Torni on napakorkeudeltaan maksimissaan 160 metriä ja lavan pituus maksimissaan 70 metriä. Tuulivoimalan maksimikorkeus on tällöin 230 metriä. Tuulivoimaloiden välinen etäisyys toisistaan on yleensä noin 5 kertaa roottorin halkaisija, eli noin 600 metriä. Tuulivoimalat varustetaan ns. lentoestevaloilla, joita koskevat tarkemmat vaatimukset määritellään ilmailuhallinnolta haettavassa lentoesteluvassa.



**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, ohjauksikomponentit tuulivoimalan kääntämiseen ja lapakulmien säätöön sekä levyjarru mahdollisia vikatilanteita ja huoltoja varten. (Tuulivoimaopas, Motiva Oy; Patel M. R. 2006 s.26)

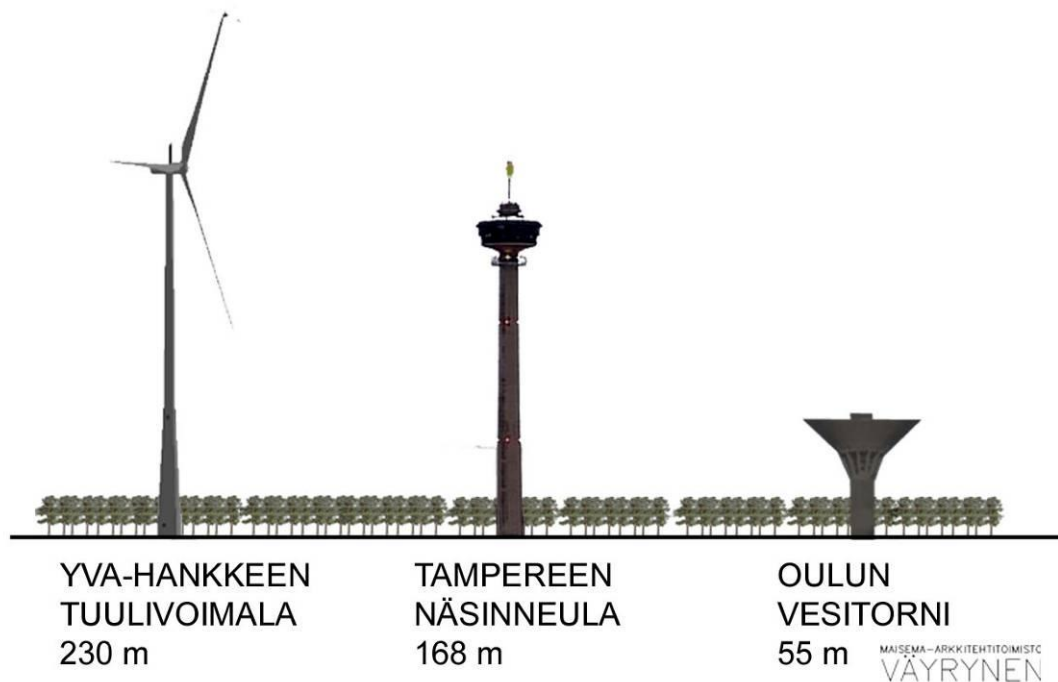


**Kuva 3.** Tuulivoimalan pääkomponentit (kuvan muokkaus Mikko Immonen)

3 MW voimalan tyypillisiä teknisiä tietoja:

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

Kuvassa 4 on 230 metriä korkeiden voimaloiden mittakaavallista tarkastelua. Tuulivoimala kuvastaa hankkeen suurinta mahdollista voimalavaihtoehtoa (napakorkeus 160 m, lavan pituus 70 m). Vertailukohtiksi on otettu Tampereen Näsinneula ja Oulun Puolivälinkankaan vesitorni. Maanpinnalle on myös havainnollisuuden takia mallinnettu noin 20-metrinen puusto.



**Kuva 4.** Vertailukohteita maksimikokoisen tuulivoimalan mittakaavalle. Kuva: Marko Väyrynen

### 3 TUULIVOIMALAN TORNIT

Tuulivoimalan torni on yleensä terästä, betonia tai niiden yhdistelmä. Kaukomaisemassa eri tornityyppejä on vaikea erottaa toisistaan (kuva 5).

120 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		m <sup>3</sup>		336	525
raudoitusteräksen määrä		ton		35	52
Torniteräksen määrä		ton	425	84	

Esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi on olemassa ns. ristikkorakenteinen torni, mutta tässä hankkeessa ristikkotornia ei ole katsottu soveltuvaksi vaihtoehdoksi. Kyseisen tornityypin soveltuvuutta hankealueen olosuhteisiin ei ole saatu selvitettyä riittävällä varmuudella. Samanaikaisesti muut tornityypit ovat kehittyneet ja niillä päästään riittäviin napakorkeuksiin.



**Kuva 5.** Tuulivoimalan tornityyppejä, vasemmalla terästorni, keskellä betoni- ja terästornin yhdistelmä ja oikealla täysbetonitorni. (kuvat WinWinD ja Enercon)

#### 4 TUULIVOIMALOIDEN PERUSTAMINEN

Voimaloiden perustamistavan valinta riippuu kunkin tuulivoimalan rakentamispaidan maapohjaolosuhteista. Hankkeessa käytettävä perustustekniikka/-tekniikat valitaan hankesuunnittelun myöhemmässä vaiheessa tehtävien maaperäselvitysten perusteella.

Tuulivoimala perustetaan yleensä maavaraistalle betonilaatalle. Maavaraistassa perustuksessa betonilaatta (lieriörakenteisten tornien perustusten halkaisija n. 20–25 m, korkeus 1-2 m, betonimäärä 400–800 m<sup>3</sup>) kaivetaan maahan 2–4 metrin syvyyteen ja peitetään maa-aineksella (kuva 6). Terästä käytetään vastaavasti 40–80 tonnia. Perustusalueen halkaisija on noin 30–35 m.

##### *Maavaraisten teräsbetoniperustus*

Tuulivoimala voidaan perustaa maavaraistasi silloin, kun tuulivoimalan alueen alkuperäinen maaperä on riittävän kantavaa. Kantavuuden on oltava riittävä tuulivoimalan turbiinille sekä tornirakenteelle tuuli- ym. kuormineen ilman että aiheutuu lyhyt- tai pitkäaikaisia painumia. Tulevan perustuksen alta poistetaan pintamaakerrokset noin 1–1,5 metrin syvyyteen saakka. Teräsbetoniperustus tehdään valuna ohuen rakenteellisen täytön (yleensä murskeen) päälle.

##### *Teräsbetoniperustus ja massanvaihto*

Teräsbetoniperustus massanvaihdolla valitaan niissä tapauksissa, joissa tuulivoimalan alueen alkuperäinen maaperä ei ole riittävän kantavaa. Teräsbetoniperustuksessa massanvaihdolla perustusten alta kaivetaan ensin löyhät pintamaakerrokset pois. Syvyys, jossa saavutetaan tiiviit ja kantavat maakerrokset, on yleensä luokkaa 1,5–5 m. Kaivanto täytetään rakenteellisella painumattomalla materiaalilla (yleensä murskeella) kaivun jälkeen, ohuissa kerroksissa tehdään tiivistys täry- tai iskutiivistyksellä. Täytön päälle tehdään teräsbetoniperustukset paikalla valaen.

### ***Teräsbetoniperustus paalujen varassa***

Teräsbetoniperustusta paalujen varassa käytetään tapauksissa, joissa maan kantokyky ei ole riittävä, ja jossa kantamattomat kerrokset ulottuvat niin syvälle, ettei massanvaihto ole enää kustannustehokas vaihtoehto. Paalutetussa perustuksessa orgaaniset pintamaat kaivetaan pois ja perustusalueelle ajetaan ohut rakenteellinen mursketäyttö, jonka päältä tehdään paalutus. Erilaisilla paalutypeilla on eri asennusmenetelmät, mutta yleisesti lähes kaikki vaihtoehdot vaativat järeää kalustoa asennukseen. Paalutuksen jälkeen paalujen päät valmistellaan ja teräsbetoniperustus valetaan paalujen varaan.

### ***Kallioankkuroitu teräsbetoniperustus***

Kallioankkuroitua teräsbetoniperustusta voidaan käyttää tapauksissa, joissa kalliopinta joko näkyvässä tai lähellä maanpinnan tasoa. Kallioankkuroidussa teräsbetoniperustuksessa louhitaan kallioon varaus perustusta varten ja porataan kallioon reiät teräsankkureita varten. Ankkurien määrä ja syvyys riippuvat kallion laadusta ja tuulivoimalan kuormasta. Teräsankkurin ankkuroinnin jälkeen valetaan teräsbetoniperustukset kallioon tehdyn varauksen sisään. Kallioankkurointia käytettäessä teräsbetoniperustuksen koko on yleensä muita teräsbetoniperustamistapoja pienempi.



**Kuva 6.** Perustuksen rakentamisvaiheita (*Ventureal*)

## 5 TIESTÖ

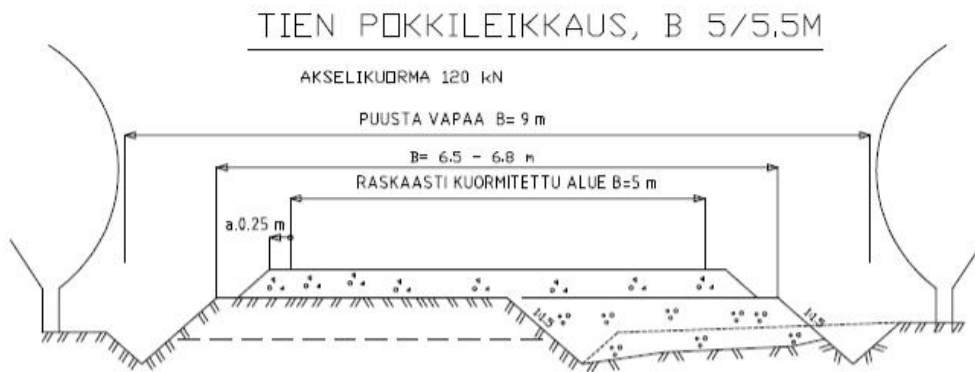
Tuulivoimapuiston tiestö tukeutuu alueen läpi länsi-itä suunnassa kulkevaan valtatiehen Vt 28 sekä lounais-koillinen suunnassa kulkevaan ja Vt 28 risteävään yleiseen tiehen M8870 (Isomäki-Vuolijoki -yhdystie).

Jokaiselle voimalalle rakennetaan tieyhteys. Kuljetettavat tuulivoimalakomponentit vaativat hyötyleveydeltään tyypillisesti noin 5 metriä leveän tien (kuva 8). Hankealueelle johtaa metsäautoteitä, joita hyödynnetään kuljetuksissa ja voimaloiden tieyhteydet on suunniteltu toteutettaviksi pääosin nykyisten metsäautoteiden kautta. Yleisten teiden oletetaan soveltuvan pienehköin järjestelyin tuulivoimaloiden kuljetuksille. Tällaisia järjestelyjä voivat olla esim. liittymien avartaminen, valaistuspylväiden ja liikennemerkkien väliaikainen siirto sekä mahdolliset ilmajohtojen korottamiset. Tarvittavat toimenpiteet selvitetään jatkosuunnittelun yhteydessä.

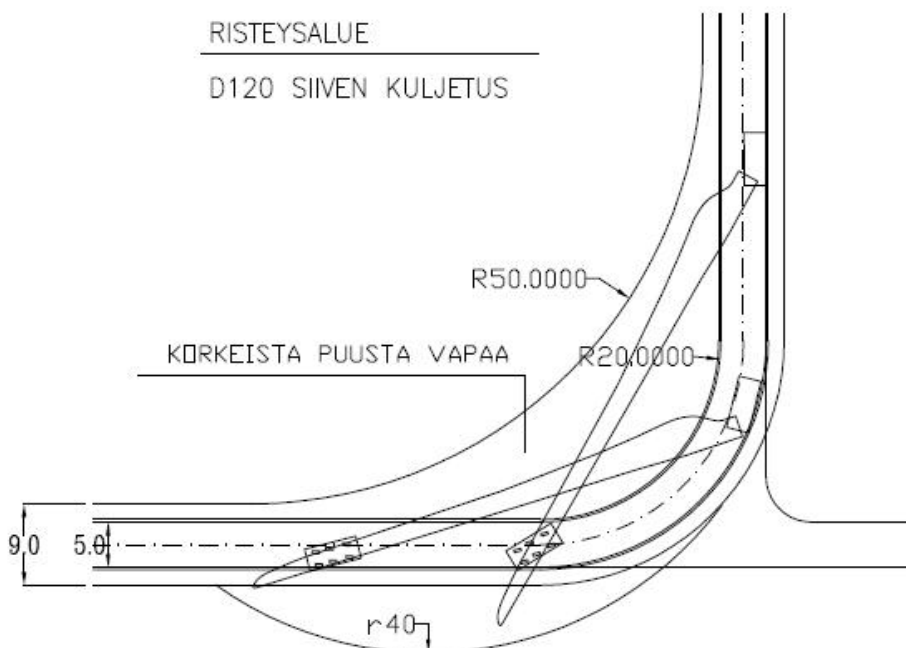
Kuljetusreitteinä käytettäviä nykyisiä metsäautoteitä parannetaan siten, että niiden hyödyllinen leveys on 5 metriä. Lisäksi teitä parannetaan liian jyrkkien mäkien ja pienisäteisten kaarteiden kohdalla ja tierakennetta vahvistetaan tarvittaessa. Tarvittavat toimenpiteet selvitetään jatkosuunnittelun yhteydessä. Kuvassa 7 on esitetty tuulivoimalaitoksen koneiston kuljetusta.



**Kuva 7.** Tuulivoimalaitoksen koneiston kuljetusta. Kuva: WinWinD ([www.winwind.com](http://www.winwind.com))



**Kuva 8.** Tien poikkileikkauspiirros

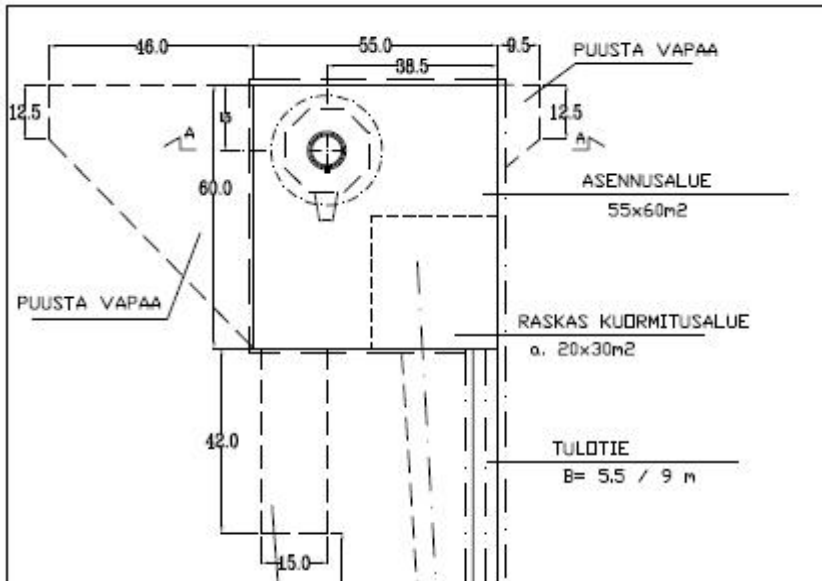


**Kuva 9.** Mutkissa pitkät komponentit tarvitsevat tilaa kääntyä.

## 6 VOIMALOIDEN ASENNUSKENTÄT

Voimaloiden juurelle rakennetaan noin hehtaarin kokoinen asennuskenttä, joka toimii voimaloiden noston aikana nostoalustana (kuva 10). Asennuskenttä on hiekkakenttä. Koko alueen tulee kestää kuljetusten painot ja osa alueesta on erikoisrakenteista, jonka tulee kestää nosturin ja nostettavan kappaleen yhteispaino.





**Kuva 10.** 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, kaivumassojen poisvienti ja tieaineksen tuonti.
- Kaivumassat viedään soveltuvaan paikkaan.
- Maa-aines tuodaan lähialueella sijaitsevilta maa-aineksen ottoalueilta

Perustusrakentaminen:

- Betonin kuljetus lähialueella sijaitsevilta betoniasemilta

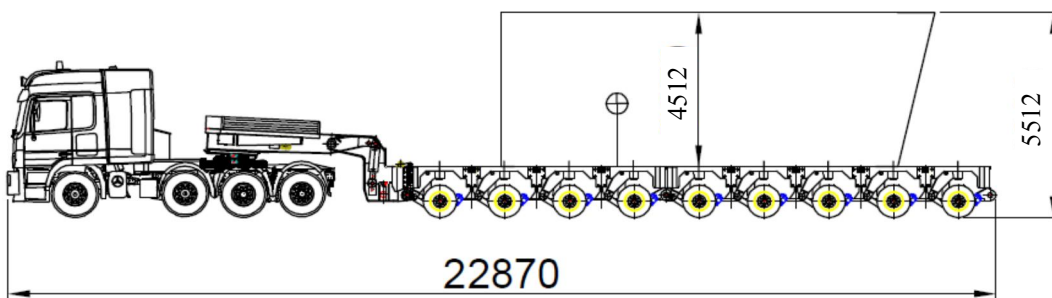
Voimaloiden asentaminen:

- Erikoiskuljetuksia, esimerkiksi Kokkolan tai Oulun satamasta

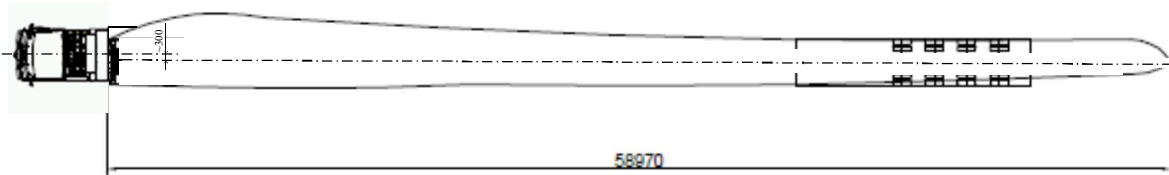
<b>NAPAKORKEUS 160 m</b>				
<b>MAAVARAINEN PERUSTUS</b>				
Betonin kuljetus	kpl	114	per voimala	
Betonin määrä	m <sup>3</sup>	800	per voimala	
raudoitusteräksen määrä	ton	80	per voimala	
<b>NOSTOALUSTAT</b>				
Kaivuumassat	m <sup>3</sup>	500	per voimala	
Murskeen/hiekan määrä	m <sup>3</sup>	2500	per voimala	
<b>NOSTOALUSTAT</b>				
Murskeen/hiekan kuljetus	kpl	125	per voimala	
Kaivuumassojen kuljetus	kpl	25	per voimala	
Valmistumisaika <i>on site</i>	vkoa	1	per voimala	
<b>YHDYSTIET</b>				
Kaivuumassat	m <sup>3</sup>	2000	per voimala	
Murskeen/hiekan määrä	m <sup>3</sup>	6000	per voimala	
<b>YHDYSTIET</b>				
Murskeen/hiekan kuljetus	kpl	100	per kilometri	
Kaivuumassojen kuljetus	kpl	300	per kilometri	
Valmistumisaika <i>on site</i>	vkoa	1	per kilometri	
<b>TORNIMALLI</b>				
		Terästorni	Betoni+teräs (1	Täysbetoni
Kuljetettavia osia	kpl	7	3	30
Betonin kuljetus	kpl		48	
<i>1) Betoniosa valetaan sitella</i>				
Valmistumisaika <i>on site</i> (2	vkoa		2	2
<i>2) 10 voimalan puisto, keskimääräinen voimalakohtainen aika</i>				

<b>VOIMALAT</b>				
Kuljetus - Konehuone	kpl	1	per voimala	
Kuljetus - Siivet	kpl	3	per voimala	
Kuljetus - Napa	kpl	1	per voimala	
Kuljetus - muut	kpl	2	per voimala	

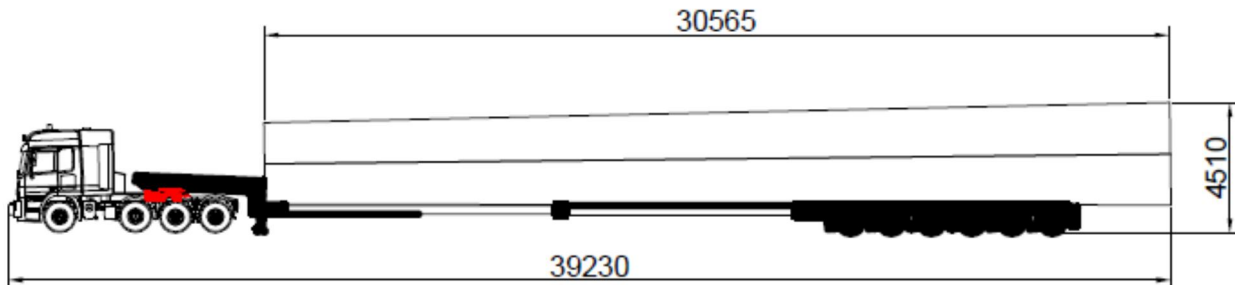
**Kuva 11.** Tuulipuiston rakentamisessa tarvittavat kuljetusmäärät 160 m korkealle voimalalle



**Kuva 12.** Konehuoneen kuljetusmittoja



Kuva 13. 60 metrin siiven kuljetusmittoja.



Kuva 14. 30-metrinen terästornilohkon kuljetusmittoja.

## 8 SÄHKÖNSIIRTO

Tuulivoimalaitokset kytketään toisiinsa 10–30 kV:n maakaapeleilla, jotka kaivetaan maahan noin metrin syvyyteen yhdysteiden yhteyteen. Kaapelit seuraavat tielinjaa ollen kuitenkin tien sivussa siten, että raskas kuljetus ei vahingoita niitä. Joissakin tapauksissa kaapelit voidaan myös kaivaa suoraan tuulivoimalaitokselta toiselle metsän läpi, mikäli kiertäminen teiden reunoja seuraten tulisi tarpeettoman pitkäksi.

Maakaapelien asennussyvyys on määritelty standardeissa, yleisesti asennussyvyys on vähintään 70 cm. Yleisesti maakaapeliasennus 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. täytehiekka, vastaavaa kuin alustana käytetty hieno hiekka, jonka tehtävänä on ympäröidä kaapeli ja stabiloida kaapelia välittömästi ympäröivä maaperä.



**Kuva 15.** Puiston sisäisessä sähkönsiirrossa käytetään pääasiassa yhdysteiden viereen asennettavia maakaapeleita (Kuva: [www.reka.fi](http://www.reka.fi))

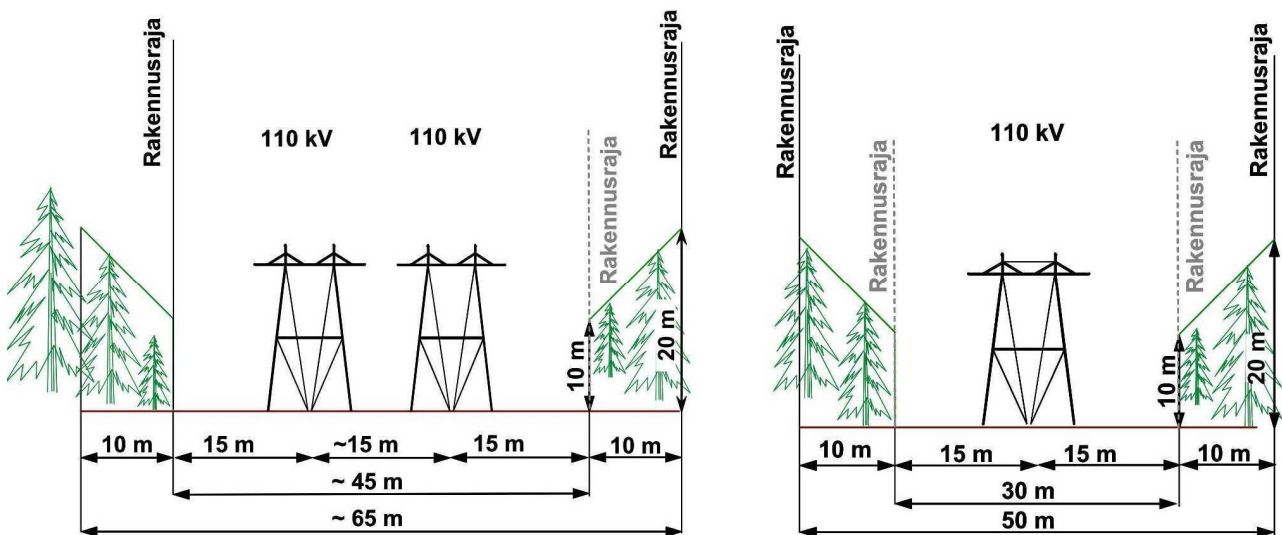
Tuulipuistoon rakennetaan 1–3 sähköasemaa ja sähköasemien välille 110 kV ilmajohdot. Tuulivoimalat liitetään 4–5 voimalan ryhmissä 10–30 kV maakaapeilla tuulipuiston sähköasemille. Sähköasemilla on puiston sähköiseen liittämiseen ja suojaamiseen liittyviä laitteistoja sekä päämuuntaja, jolla puiston sisäverkossa käytettävä 10–30 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 tyypillisesti 40 m x 50 m. Lisäksi varaudutaan rakentamaan sähköaseman yhteyteen huoltorakennus.



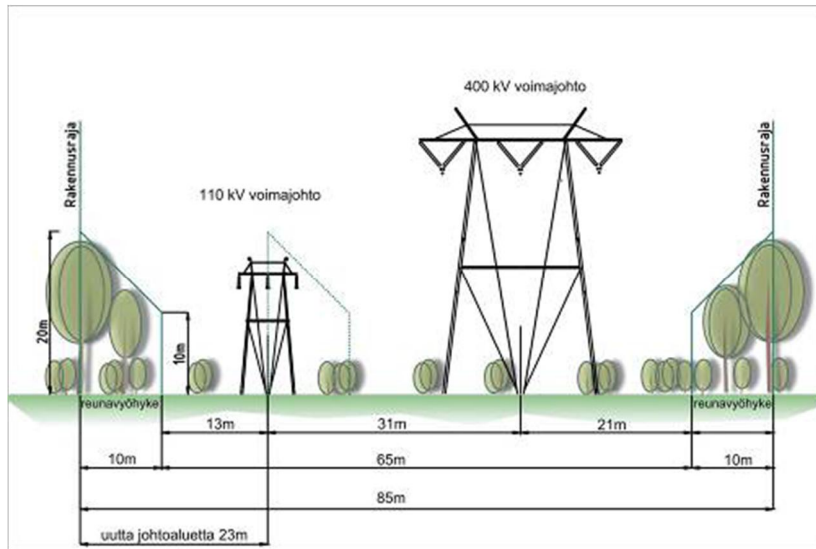
**Kuva 16.** Sähköasema (Kuva: Eltel Networks Oy)

Sähkön siirtämiseksi sähköasemalta sähköverkkoon rakennetaan 110 kV:n tai 400 kV:n voimajohto ilmajohtona puiston liittämiseksi olemassa olevaan 110 kV verkkoon. Kaikissa vaihtoehdoissa tuulipuisto liitetään Fingrid Oyj:n kantaverkkoon Vuolijoen sähköasemalla. Fingridin voimassa olevien suositusten mukaan yli 250 MW:n tuulipuistot tulisi liittää 400 kV verkkoon. Mikäli tässä hankkeessa rakennetaan maksimimäärä voimaloita, tarvitaan 400 kV siirtojohto Vuolijoen sähköaseman ja puiston välille. Voimajohto rakennetaan nykyisen Vuolijoki-Pyhäjärvi 110 kV johdon rinnalle nykyistä johtoaukeaa leventämällä.

Uuden 110 kV:n voimajohdon rakentaminen edellyttää maastoon raivattavaa johtoaukkoa, jolloin kasvillisuus poistetaan kokonaan noin 26–30 metrin leveydeltä. Tämän lisäksi johtoalueen molemmille puolille tulee jättää 10 m reunavyöhyke, jossa kasvillisuus saa olla korkeintaan 10–20 metriä korkea. Olemassa olevan 110 kV voimajohdon rinnalle voimajohtoa rakennettaessa raivataan noin 15 m uutta johtokäytävää. Kuvassa 17 on 110 kV:n voimajohdon tyyppipiirustus. Rakennettaessa 400 kV johto olemassa olevan 110 kV voimajohdon rinnalle johtokäytävää levennetään noin 35 m (kuva 18).



**Kuva 17.** Yhden tai kahden rinnakkain rakennetun 110 kV:n voimajohdon tyyppipiirustus. (Kuva: Fingrid)



**Kuva 18.** Rinnakkain rakennettujen 110 kV ja 400 kV voimajohtojen tyyppipiirustus. (Kuva: Fingrid)

## 9 TUULIVOIMAPIUSTON RAKENTAMINEN

Puiston rakentaminen tehdään seuraavissa vaiheissa:

- Tiet ja nostoalueet, ojitukset, läjitykset, massanvaihdot, tukirakenteet, murskeet
- Sähkö- ja muuntoasemat, maanrakennus, asemarakenukset, 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 arviolta 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 19.** Tornilohkon nostaminen (Kuva: Eltel Networks Oy)

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

## 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 (v. 2013) mukaan tuulivoimaloissa, joiden pyyhkäisykorkeus (napakorkeus + lavan pituus) ylittää 150 m, on päivällä käytettävä konehuoneen katolle (napakorkeudelle) sijoitettavaa korkeatehoista, vilkkuvaa valkoista lentoestevaloa, jonka valovoima on 100 000 kandela. Hämärällä on käytettävä suuritehoista, 20 000 kandelan vilkkuvaa valkoista valoa. Yöllä voidaan käyttää suuritehoista (2 000 cd) vilkkuvaa valkoista valoa, keskitehoista (2 000 cd) vilkkuvaa punaista valoa tai kiinteää punaista valoa.

Mikäli voimalan maston korkeus on 105 m tai enemmän maanpinnasta, tulee maston välikorkeuksiin sijoittaa A-tyyppin pienitehoiset lentoestevalot tasaisin, enintään 52 m, välein. Alimman valotason tulee jäädä ympäröivän puuston yläpuolelle.

Ympäristöön välittyvän valomäärän vähentämiseksi voidaan yhtenäisten tuulivoimapuistojen lentoestevaloja ryhmitellä siten, että puiston reunaa kiertää voimaloiden korkeuden mukaan määritettävien tehokkaampien valaisinten kehä. Tämän kehän sisäpuolelle jäävien voimaloiden lentoestevalot voivat olla pienitehoisia jatkuvaa punaista valoa näyttäviä valoja. Puiston sisällä merkittävästi muita korkeampi voimala tulee merkitä tehokkaammin estevaloin.

## **11 TUULIVOIMALOIDEN KUNNOSSAPITO**

Tuulivoimapuisto toimii automaattisesti, erillistä miehitystä tai toimenpiteitä tuotannon ohjaamiseen ei tarvita. Voimalakohtaisia suunniteltuja huolto-/tarkistuskäyntejä on 2 kpl/voimala/vuosi. Lisäksi voidaan joutua tekemään satunnaisia huoltokäyntejä, jos voimaloissa ilmenee äkillisiä vikoja.

## **12 VOIMALOIDEN KÄYTÖSTÄ POISTO**

Tuulipuiston elinkaaren (noin 20–25 vuotta) lopussa tuulivoimalat puretaan ja alue ennallistetaan tarkoituksenmukaisella tavalla. Toisena vaihtoehtona on jatkaa tuulivoimantuotantoa uusituilla tuulivoimaloilla; koneistoja uusimalla niiden käyttöikä on mahdollista jatkaa 50 vuoteen asti. Yleensä voimaloiden perustukset mitoitetaan 50 vuoden käyttöiälle.

Tuulipuiston käytöstä poiston työvaiheet ja käytettävä asennuskalusto ovat periaatteessa vastaavat kuin rakennusvaiheessa. Voimaloiden käytöstä poistamisen jälkeen perustukset ja kaapelit jätetään paikoilleen tai puretaan viranomais määräysten mukaisesti. Tuulivoimalat on mahdollista poistaa alueelta perustuksia myöten. Joissakin tapauksissa perustusten jättäminen paikoilleen ja edelleen maisemoiminen voivat olla vähemmän vaikutuksia aiheuttavia toimenpiteitä.