

FINGRID OYJ

# Liittymissäännöt tuulivoimaloiden liittämiseksi Suomen voimansiirtoverkkoon

---

31.3.2009

Liittymissäännöt tuulivoimaloiden liittämiseksi Nordel -verkkoon ja maakohtaiset lisätäsmennykset tuulivoimaloiden liittämiseksi Suomen voimansiirtoverkkoon



**Liittymissäännöt tuulivoimaloiden  
liittämiseksi Nordel -verkkoon**

**Marraskuu 2006**

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	4
2. Määritelmiä .....	4
3. Liittymissäntöjen laajuus.....	4
4. Pätötehon säätö.....	5
5. Loistehokapasiteetti .....	6
6. Loistehon säätö .....	6
7. Mitoitusjännite ja -taajuus .....	7
8. Verkkohäiriöiden aikaiset käyttöominaisuudet.....	7
9. Käynnistäminen ja pysäyttäminen.....	8
9. Käynnistäminen ja pysäyttäminen.....	9
10. Kauko-ohjaus ja mittaukset.....	9
11. Testausvaatimukset.....	9

## 1. Johdanto

Nämä pohjoismaiset tuulivoimaloiden liittymissäännöt ovat osa pohjoismaista Nordic Grid Code -säännöstöä. Nordic Grid Codessa määritellään yhteiset toimintaperiaatteet, jotka koskevat pohjoismaisia järjestelmävastaavia sekä pohjoismaiseen voimajärjestelmään liitettyjä voimalaitoksia.

Pohjoismaiset tuulivoimaloiden liittymissäännöt määrittävät tekniset vähimmäisvaatimukset, jotka uusien tuulivoimaloiden (ml. niiden oheislaitteet) on täytettävä siirtoverkon liittymispisteessä. Tavoitteena on varmistaa pohjoismaisen voimajärjestelmän turvallinen käyttö ja luotettavuus. Pohjoismaiset järjestelmävastaavat voivat antaa lisävaatimuksia omaa järjestelmäänsä koskevissa liittymisehdoissa.

Merkillepantavaa on, että kaikkia ominaisuuksia ei käytetä kaikissa tuulivoimaloissa jatkuvasti. Liittymissäännöt määrittävät järjestelmään liitettävien laitteiden ominaisuudet, jotka on tarvittaessa oltava käytettävissä voimajärjestelmän turvallisen ja luotettavan käytön takaamiseksi. Eri laitteiden ja niiden ominaisuuksien hyödyntämistä säädellään voimajärjestelmän käytösäännöillä.

## 2. Määritelmiä

**Liittymispiste:** Siirtoverkon paikka, johon **tuulivoimala** tai **tuulipuisto** liitetään. Järjestelmävastaava määrittää tämän pisteen.

**Tuulivoimala:** Voimalaitosjärjestelmä, jonka tarkoitus on muuttaa tuulienergia sähköksi ja siirtää sähkö **liittymispisteeseen**.

**Tuulipuisto:** Useampi kuin yksi **tuulivoimala** on liitetty samaan **liittymispisteeseen**; sisältää mahdollisen yhteisen liittymiskaapelin tai -johdon ja muita laitteita.

Kaikki muut määritelmät ovat IEC-standardin mukaisia.

## 3. Liittymissääntöjen laajuus

Näiden sääntöjen vaatimukset koskevat kaikkia pohjoismaiseen voimajärjestelmään liitettyjä **tuulipuistoja**<sup>1</sup>.

Kaikki mainitut vaatimukset on täytettävä **Liittymispisteessä**.

---

<sup>1</sup> Järjestelmävastaava päättää kussakin tapauksessa, pitääkö alle 100 MW:n tuulipuistojen täyttää kaikki vaatimukset vai voidaanko ne vapauttaa joistakin vaatimuksista sen perusteella, mikä vaikutus niillä on yhteispohjoismaisen järjestelmän käyttöön ja käyttövarmuuteen.

#### 4. Pätötehon säätö

**Tuulipuiston** pätötehon tuotantoa on pystyttävä säätämään. Seuraavat säätötoiminnot on oltava käytettävissä:

- Toiminnassa olevan tuulipuiston pätötehon tuotannon ylärajaa on pystyttävä säätämään. Säädetävällä ylärajalla voidaan varmistaa, että pätötehotuotanto, joka mitataan 10 minuutin keskiarvoina, ei ylitä määriteltyä tasoa. Ylärajaa on pystyttävä muuttamaan kauko-ohjauksella. Ylärajan asettelu on voitava antaa  $\pm 5$  % tarkkuudella alueella 20 - 100 % tuulipuiston nimellistehosta.
- Pätötehon tuotannon muutosnopeutta on pystyttävä ohjaamaan. **Tuulivoimalan** pätötehon tuotannon nostonopeutta on pystyttävä rajoittamaan 10 % nimellistehosta minuutissa (suuremmasta tuulennopeudesta tai muutetusta suurimmasta pätötehorajasta johtuva tuotannon nousu). Mikäli tuulen voimakkuus heikkenee nopeasti, alaspäin tapahtuvaa pätötehon ohjausta koskevia vaatimuksia ei ole, mutta mikäli pätötehon yläraja lasketaan, muutosnopeus saa olla enintään 10 % nimellistehosta minuutissa.
- Nopea alassäätö. **Tuulivoimalan** pätötehoa on pystyttävä säätämään alaspäin 100 prosentista 20 prosenttiin nimellistehosta alle viidessä sekunnissa. Tätä toimintoa tarvitaan voimajärjestelmän suojaukseen. Voimajärjestelmän stabiilisuuden säilyttämiseksi pätötehon palauttaminen takaisin nopeasti alassäädön jälkeen on oltava mahdollista. Tämän vuoksi **tuulipuiston tuulivoimaloiden** irtikytkemistä ei voida käyttää vaatimuksen täyttämiseen<sup>2</sup>.
- Taajuussäätö. **Tuulivoimalan** pätötehon tuotantoa on pystyttävä säätämään automaattisesti järjestelmätaajuuden mukaan. Säädön on toimittava verrannollisesti taajuuspoikkeamaan, ja säädössä on oltava kuollut alue. Järjestelmä vastaava antaa yksityiskohtaiset asetukset.

---

<sup>2</sup> Jos järjestelmässä on vain muutama tuulivoimala, tämä ei ole suuri ongelma. Tuulivoimaloiden odotetaan kuitenkin pysyvän toiminnassa 20 vuotta tai pidempäänkin ja kansainvälinen suuntaus on, että tuulivoimalat tuottavat ajoittain yhä suuremman osan kokonaissähkötuotannosta. Tästä voi tulla ongelma tulevaisuudessa, jos siihen ei puututa ajoissa.

## 5. Loistehokapasiteetti

**Tuulipuistolla** on oltava riittävä loistehokapasiteetti<sup>3</sup>, jotta tuulivoimalaa voidaan käyttää nollaloisteholla verkkoon päin mitattuna liittymispisteestä, kun jännite ja taajuus ovat normaaleilla toiminta-alueilla. Katso alue A kohdan 7 kuvassa 1.

## 6. Loistehon säätö

**Tuulipuiston** loistehotuotantoa on pystyttävä säätämään jommalla kummalla seuraavista tavoista järjestelmävastaavan vaatimusten mukaisesti:

1. **Tuulipuiston** loistehon siirtoa siirtoverkkoon on pystyttävä säätämään. Sädön tulee olla jatkuvaa ja automaattista. **Tuulipuiston** loistehon siirto siirtoverkkoon on pidettävä pienenä<sup>4</sup> riippumatta pätötehon tuotannosta.
2. **Tuulipuiston** on pystyttävä automaattisesti säätämään loistehon tuotantoaan liittymispisteen jännitteen mukaan jännitteen säätämiseksi.

Järjestelmävastaava toimittaa loistehon säätöjärjestelmän yksityiskohtaiset asetukset.

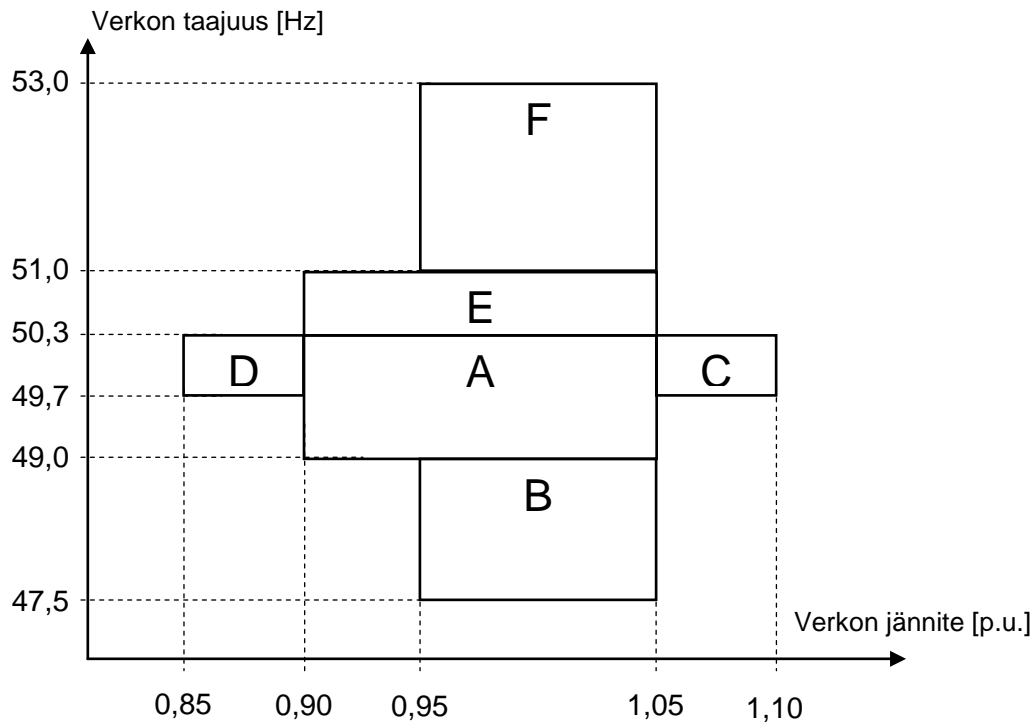
---

<sup>3</sup> Loistehokapasiteettia ei tarvitse varata jokaiseen tuulivoimalaan, vaan se voidaan varata yhteen tai useampaan erilliseen laitteeseen, jotka on liitetty voimajärjestelmään samassa liittymispisteessä tuulivoimaloiden kanssa.

<sup>4</sup> Järjestelmävastaava määrittää hyväksyttävän rajan paikallisten järjestelmäolosuhteiden perusteella.

## 7. Mitoitusjännite ja -taajuus

**Tuulipuiston** on täytettävä seuraavassa kuvassa esitetyt järjestelmävaatimukset:



Kuva 1. Jännitettä ja taajuutta koskevat vaatimukset. Järjestelmävastaava määrää p.u. jännitteen referenssiarvon.

Kun jännite ja taajuus ovat kuvassa esitettyjen suorakulmioiden sisällä, sovelletaan seuraavia vaatimuksia:

- A: Normaali jatkuva käyttö. Voimajärjestelmän jännitteen ja taajuuden vuoksi ei sallita pätötehon tai loistehon alentumista.
- B: Vähintään 30 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotannon sallitaan alenevan taajuuden lineaarisena funktiona 0 % alenemasta taajuudella 49,0 Hz 15 % alenemaan taajuudella 47,5 Hz.
- C: Vähintään 60 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi alentua 10 %.
- D: Vähintään 60 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi alentua 10 %.
- E: Vähintään 30 minuutin keskeytymätön käyttö. Mahdollinen pätötehon tuotanto voi laskea vähän. (Tällaisten käyttöolosuhteiden kokonaiskesto on normaalisti enintään 10 tuntia vuodessa.)
- F: Vähintään 3 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi laskea, mutta voimaloiden tulee pysyä kytkettynä voimajärjestelmään.

## 8. Verkkohäiriöiden aikaiset käyttöominaisuudet

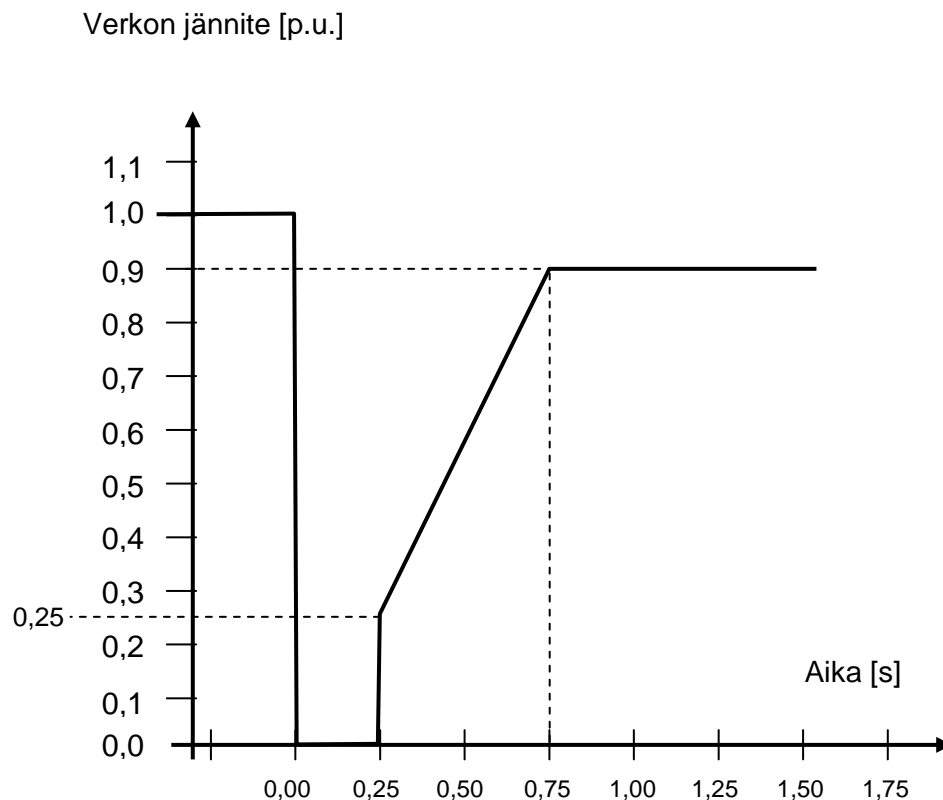
**Tuulipuiston** tulee pystyä jatkamaan toimintaansa siirtoverkon häiriöiden aikana ja niiden jälkeen. Tämä vaatimus on voimassa seuraavilla ehdoilla:

- **Tuulipuiston ja tuulipuistossa olevien tuulivoimaloiden** on pysyttävä kytkettynä voimajärjestelmään ja jatkamaan toimintaansa yhteispohjoismaisen siirtojärjestelmän

mitoitettavien vikojen aikana ja niiden jälkeen. Kullakin alueella järjestelmävastaava määrittää, mitkä osat sen voimajärjestelmästä kuuluvat yhteispohjoismaiseen siirtojärjestelmään. (Tämä määräytyy yleensä jännitetason perusteella ja riippuu rinnakkainkäytöstä korkeimpien jännitetasojen kanssa. Kyseinen jännitetaso on aina yli 100 kV.)

- **Tuulipuisto** voi irrota voimajärjestelmästä, jos jännite liittymispisteessä häiriön aikana tai sen jälkeen laskee seuraavassa kuvassa 2 esitettyjen tasojen alle<sup>5</sup>.

Vika-aika, jonka aikana liittymispisteen jännite voi olla nolla, on 250 millisekuntia. Jännite tuulivoimalan generaattorin liittimissä on korkeampi blokkimuuntajan ja verkon impedanssin vuoksi.



Kuva 2. Siirtoverkon vian aiheuttama jännitekuoppa liittymispisteessä, joka tuulipuiston tulee kestää irtoamatta verkosta. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 on jännite ennen häiriötä.

<sup>5</sup> Jännitteen nousuaika riippuu merkittävästi paikallisista voimajärjestelmän ominaisuuksista eli oikosulkutehosta. Järjestelmävastaava voi käyttää omalla alueellaan erilaista käyrää riittävän käyttövarmuuden takaamiseksi.

## 9. Käynnistäminen ja pysäyttäminen

**Tuulipuisto** suositellaan suunniteltavaksi siten, että **tuulipuiston tuulivoimalat** eivät pysähdy yhtä aikaa suuren tuulennopeuden vuoksi.

## 10. Kauko-ohjaus ja mittaukset

**Tuulipuiston** kauko-ohjaus tietoliikenneyhteyksien avulla tulee olla mahdollista. Ohjaukset ja mittaukset pitää olla järjestelmävastaavan käytettävissä, mikäli näin vaaditaan.

Kunkin alueen järjestelmävastaava määrittää vaadittavat mittaukset ja muut tarvittavat tiedot, jotka **tuulipuistosta** tulee toimittaa.

## 11. Testausvaatimukset

Järjestelmävastaavan kanssa sovitaan erillisistä kokeista, jotka on tehtävä ennen **tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** käyttöönottoa. Koeohjelmassa dokumentoidaan **tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** kyky täyttää näiden liittymissäntöjen vaatimukset.

**Tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** simulointimalli tulee toimittaa järjestelmävastaavalle osana koeohjelmaa. Malli on toimitettava järjestelmävastaavan määrittämässä muodossa, ja siinä on esitettävä **tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** ominaisuudet sekä tehonjako- että dynaamiikkalaskentaa varten. Mallia käytetään suunnittelussa ennen **tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** käyttöönottoa, ja mallin oikeellisuus tulee varmentaa **tuulivoimalan** tai **tuulipuiston** käyttöönottokokeiden yhteydessä.

**Maakohtaiset lisätäsmennykset liittymissäntöihin  
tuulivoimaloiden  
liittämiseksi Nordel-verkkoon**

**Fingrid Oyj  
Helmikuu 2009**

## 1. Johdanto

Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV 2007) ja liittymissäännöt tuulivoimaloiden liittämiseksi Nordel -verkkoon esittävät vähimmäisvaatimukset tuulivoimaloiden liittämiseksi Suomen sähköjärjestelmään. Vaatimukset jättävät muutamia kohtia järjestelmävastaavan tapauskohtaisesti harkittaviksi. Tässä dokumentissa esitetään täsmennykset tuulivoimaloiden liittämiseksi Suomen sähköjärjestelmään. Täsmennykset viittaavat dokumenttiin liittymissäännöt tuulivoimaloiden liittämiseksi Nordel -verkkoon.

## 2. Täsmennykset kohtaan 3. Liittymissääntöjen laajuus

Koska Fingridillä ei ole sopimussuhdetta alueverkon taakse, alueverkkoyhtiö vastaa siitä, että heidän verkkoonsa liittyvät yli 10 MVA tuulivoimapuistot täyttävät liittymispisteessä liittymissäännöt tuulivoimaloiden liittämiseksi Suomen voimansiirtoverkkoon.

## 3. Täsmennykset kohtaan 5. Loistehokapasiteetti

Tuulivoimalaitoksella tulee olla riittävä loistehokapasiteetti.

- voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan nimellispätöteholla jatkuvasti tehokertoimen ollessa enintään
  - 0,95ind, kun verkkojännite on alueella 90 -100 %
  - 0,95kap, kun verkkojännite on alueella 100-105 %
- mikäli käytetään tuulivoimalatyyppejä, joka ei itsessään täytä loistehovaatimuksia, on tuulivoimantuottajan vastuulla täyttää vaatimukset liittymispisteessä esimerkiksi SVC:n avulla

## 4. Täsmennykset kohtaan 6. Loistehon säätö

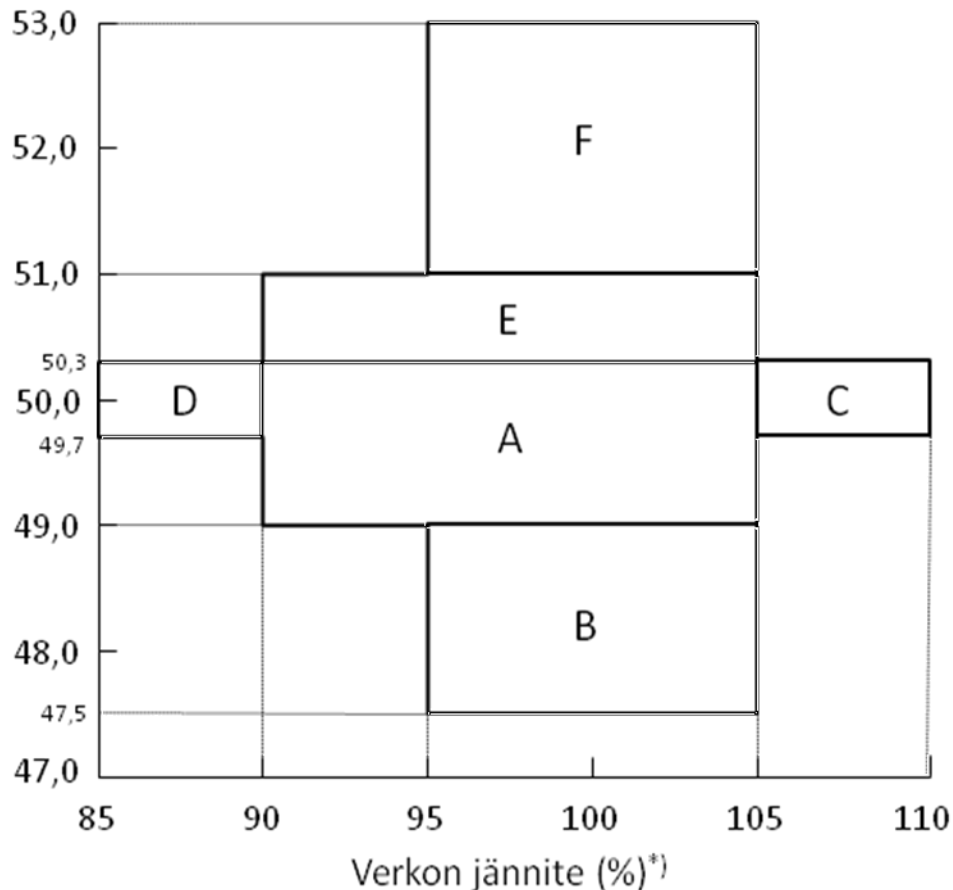
Tuulivoimalaitoksella on oltava automaattinen jännitteensäätö.

- nollaloisteho verkon ja puiston välillä normaalitilassa, kuollut alue aseteltavissa
- loistehostatiikka aseteltavissa ja pystyy säätämään yllämainitun kapasiteetin puitteissa

## 5. Täsmennykset kohtaan 7. Mitoitusjännite ja -taajuus

Tuulivoimalaitoksen on täytettävä seuraavassa kuvassa esitetyt järjestelmävaatimukset

Verkon taajuus (Hz)



Kuva 1: Toiminta poikkeavalla jännitteellä ja taajuudella

A: Normaali jatkuva käyttö. Voimajärjestelmän jännitteestä ja taajuudesta johtuvaa pätötehon tai loistehon tuotantokyvyn alenemista ei sallita.

B: Vähintään 30 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotannon sallitaan alenevan taajuuden lineaarisena funktiona 0 % alenemasta taajuudella 49,0 Hz 15 % alenemaan taajuudella 47,5 Hz.

C: Vähintään 60 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi alentua 10 %.

D: Vähintään 60 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi alentua 10 %.

E: Vähintään 30 minuutin keskeytymätön käyttö. Mahdollinen pätötehon tuotanto voi laskea vähän. (Tällaisten käyttöolosuhteiden kokonaiskesto on normaalisti enintään 10 tuntia vuodessa.)

F: Vähintään 3 minuutin keskeytymätön käyttö. Pätötehon tuotanto voi laskea, mutta voimaloiden tulee pysyä kytkettynä voimajärjestelmään.

\*) 400 kV verkossa 100 % = 400 kV

220 kV verkossa 100 % = 233 kV

110 kV verkossa 100 % = 118 kV

## **6. Täsmennykset kohtaan 9. Käynnistäminen ja pysäyttäminen**

Tuulipuiston tuulivoimalat eivät saa pysähtyä yhtä aikaa suuren tuulennopeuden vuoksi. Pysäytyksen tulee olla porrastettu.

## **7. Täsmennykset kohtaan 10. Kauko-ohjaus ja mittaukset**

Tuulipuiston kauko-ohjaus oltava mahdollista ja mittausten tulee olla järjestelmävastaavan käytettävissä

## **8. Täsmennykset kohtaan 11. Kauko-ohjaus ja mittaukset**

Erilliset kokeet liittymisvaatimusten täyttymisen testaamiseksi sovitaan järjestelmävastaavan kanssa.

Tuulivoimalan tai tuulipuiston simulointimalli tulee toimittaa järjestelmävastaavalle osana testausohjelmaa.