



■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PIENTUULIVOIMALAN VERKKOON LIITTÄMINEN JA TASELASKENTA

TEKIJÄ

Miika Rönkkö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Miika Rönkkö			
Työn nimi Pientuulivoimalan verkkoon liittäminen ja taselaskenta			
Päiväys	5.12.2013	Sivumäärä/Liitteet	33/4
Ohjaajat Juhani Rouvali, Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-amk kuntayhtymä			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyönä oli tarkoitus selvittää pienen tuulimyllyn verkkoon liittämistä mahdollisimman edullisen ja tunnetun tekniikan avulla sekä tehdä taselaskentaa tuotetun sähkön hyödyntämisessä.</p> <p>Lähtökohtana oli selvittää maatilan tai omakotitalon sähkönhankinta osittain tuulimyllyllä. Sähkön tarpeen mukaan valitaan tuulimylly, joka tuottaa osan sähkön tarpeesta. Mylly valitaan siten, että mahdollisesti myytävän energian määrää ei tarvitse pitää valintaan vaikuttavana hyötynäkökohtana. Samoin verkkoyhtiön kanssa on päästävä sopimukseen siitä, millä edellytyksillä tuotantoyksikkö on verkkoon liitettävissä.</p> <p>Myllyn valinnan jälkeen arvioidaan energian tuottoa. Tuulitiedot saatiin Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien kampuksen katolla sijaitsevalta sääasemalta.</p> <p>Saatua tuulimyllyn tuottoa verrataan tyypillisen kuluttajan (maatilan tai omakotitalon) energian tarpeeseen. Tehdään taseanalyysi, jolla selvitetään, miten hyvin energian tuotto sopii energian tarpeeseen. Tarkastelujakso on yksi vuosi. Tehot arvioidaan tuntitasolla.</p> <p>Lopputuloksena saadaan tekninen selvitys pienen hajautetun energiantuotantoyksikön liittämisestä kuluttajan sähköverkkoon sekä arvio tuulella tuotetusta sähköstä kuluttajalle.</p>			
Avainsanat Pientuulivoimalan verkkoon liittäminen, hajautettu energian tuotanto, tuulisähkö			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Miika Rönkkö			
Title of Thesis Small Wind Turbines in Decentralized Power Generation			
	5 December 2013	Pages/Appendices	33/4
Supervisors Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer, Mr Jari Ijäs Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia-amk kuntayhtymä			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to find out more about the connecting of small wind turbines to the network with the most affordable and well known technology and to make the balance sheet calculation from the utilization of the electricity produced.</p> <p>The starting point was that the farmer´s of electrically heated family house´s electricity needs is partly covered by wind turbines. According to the electricity needs, a wind turbine was chosen that produces part of the electricity needs. The wind turbine was chosen so that the amount of sold energy is not a key factor in the choice. An agreement had to be made with the electricity producer on the conditions on which the production unit can be connected to the network.</p> <p>After the wind turbine had been chosen the energy output was estimated on the basis of wind information provided by the weather station located on the roof of Opistotie Campus. The energy output generated by wind turbines was modeled.</p> <p>The power produced by the wind turbine was compared to the energy needs of a typical consumer for example a single family house. A balance sheet calculation was made to see how well the energy production meets the energy needs. The measuring cycle was one year. The output power was estimated hourly.</p> <p>The result of the thesis was a technical report on the connecting of a small decentralized power generation unit to the consumer´s electrical network and an estimate of the amount of wind electricity to the consumer.</p>			
Keywords Small wind turbine grid, Decentralized power generation			

ALKUSANAT

Työn tarkoituksena on selvittää uusiutuvaan energiaan pohjautuvaa pieneen verkkoon liitetyn tuulimyllyn tehontuottoa tuulennopeustietojen perusteella. Rajasin työn käsittämään pienoistuulimyllyn 5 kilowattiin saakka. Työssä tehdään tarkka selvitys pienen hajautetun energiatuotantolaitteiston liittämistä sähköverkkoon ja tuulisähkön kannattavuudesta kuluttajalle.

Kiinnostukseni heräsi, koska tuulivoima on yksi uusiutuvan energian tuotantomuoto ja jatkuvan kehityksen kohteena oleva energiantuotantoalue ja siihen liittyvää tekniikkaa kehitetään jatkuvasti.

Työssä on tärkeää oppia ymmärtämään energian tuotannosta ja kulutuksesta etenkin tuulienergiasta sekä laskentamenetelmistä. Kerron myös pientuulivoimalan energiataseen laskennasta. Työn tarkoituksena on saada tekninen selvitys pienen hajautetun energiantuotantoyksikön liittämistä kuluttajan sähköverkkoon ja tuulisähkön kannattavuudesta kuluttajalle.

Kuopiossa 5.12.2013

Miika Rönkkö

SISÄLTÖ

1	TUULIVOIMA.....	7
1.1	Pientuulivoima	7
1.1.1	Pientuulivoimalat.....	7
1.2	Tuulivoimalaitokset	7
1.2.1	Potkurimallinen laitos	8
1.2.2	Savonius- ja kuppiroottori.....	8
1.2.3	Darrieus, Winside ja Eagleroottorit	8
1.2.4	Hyrrämäiset, pysty akseliset tuuliturbiinit.....	9
1.2.5	Megatuulivoimalat	9
1.2.6	Tuulienergian tehon laskenta	9
2	TUULIENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN.....	11
2.1	Pienoistuulivoimaloiden käyttökohteet	11
2.2	Tuulivoiman erityispiirteet.....	11
2.3	Tuulivoiman ympäristövaikutukset	12
3	TUULIVOIMA SUOMESSA	13
3.1	Säätökapasiteetin tarve	13
3.2	Tuulivoiman kustannusrakenne.....	13
3.3	Tuulivoimatuotannon kehitys	14
3.4	Tuulivoiman tuotanto tulevaisuudessa	14
4	SÄHKÖNTUOTANTO MIKROGENERAATTORILLA.....	15
4.1	Sähkön pientuotanto	15
4.2	Voimalaitoksen suojaus	16
4.3	Sähkön laatu ja sähköturvallisuus	17
4.4	Mikrogeneraattorin tiedot	18
4.4.1	Varoitusmerkinnät.....	18
4.4.2	Laitoksesta verkonhaltijalle toimitettavat dokumentit.....	18
5	SÄHKÖNTUOTANTO TUULIVOIMALLA	20
5.1	Tuulenmittaustiedot ja tuulisähkön tuotanto	22
6	SÄHKÖENERGIAN TASELASKENTA	24

6.1	Sähkönkulutuskohteet	24
6.1.1	Sähkönkulutus	26
6.2	Energiataselaskenta	27
7	TUULIVOIMALAN HANKINTA	30
7.1.1	Voimalan sijoituspaikan valinta.....	30
7.1.2	Tuulivoimalan osto	30
7.1.3	Luvat.....	31
7.1.4	Energiavero	31
7.1.5	Asennus ja Ylläpito	31
8	YHTEENVETO.....	32
	LÄHTEET	33
	LIITE 1: SÄHKÖNTUOTANTOLAITOKSEN LIITTÄMINEN JAKELUVERKKOON.....	34
	LIITE 2: MIKROTUOTANTOLAITTEISTON YLEISTIETOLOMAKE	36

1 TUULIVOIMA

Tuulivoima on tuulen eli ilman virtauksen liike-energian muuttamista tuuliturbiineilla sähköksi. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, joka on peräisin auringon säteilyenergiasta. Sen tuotannossa ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maahan. Tuulivoima poikkeaa perinteisestä sähköntuotannosta lähinnä sen tuotannon ajallisen vaihtelun vuoksi. Tyynet päivät, joita Suomessa on harvoin, eivät ole ongelma, koska tuulivoimalla tuotetaan vain osa sähköstä hajautetusti ympäri Suomea. Tuulivoima on kehittymässä oleva sähköntuotantomuoto, joka ei ole taloudellisesti kannattavaa ilman tukitoimia. Tuulivoiman kustannukset painottuvat rakennusajalle ja kapasiteettia on mahdollista lisätä merkittävästi nykyisestä. (Energiateollisuus ry. 25.9.2013)

1.1 Pientuulivoima

Suomessa oli elokuussa 2012 toiminnassa 145 voimalaa, joiden kokonaiskapasiteetti on 234 MW. Ne tuottavat noin 0,7 prosenttia kulutetusta sähköstä. Tavoitteena on nostaa tuulivoiman tuotanto 2500 MW tulevaisuudessa. Nykyisten suurimpien laitosten koko Suomessa on 3,6 MW. Tulevaisuudessa yksittäisten tuulivoimaloiden koko voi olla varsinkin merelle rakennettaessa yli viisi megawattia. Käynnistyäkseen tuulivoimalaitos vaatii keskimäärin 3,5 m/s tuulen. Laitoksen teho lisääntyy tuulen nopeuden kasvaessa. Yli 25 m/s tuulen nopeuksissa laitos yleensä pysäytetään, jotta vältetään laitevauriolta. (Wikipedia, Energiateollisuus, Motiva 3.4.2013)

1.1.1 Pientuulivoimalat

Pientuulivoimaloita ovat voimalat, joiden sähköntuotantoteho on alle 50 kW ja potkurin pinta-ala on alle 200 m². Verkkoon liitettujen tai lämmityskäytössä olevien voimaloiden teho on tyypillisesti yli 2 kW ja lapojen halkaisija on 4 metristä ylöspäin. Pientuulivoimalat ovat yksi osa Suomen hajautetun energiantuotannon muodoista. (Suomen Tuulivoimalayhdistys ry 2.4.2013)

1.2 Tuulivoimalaitokset

Tuulivoimalaitoksessa tuulen liike-energia muutetaan pyörimisliikkeeksi ja siitä edelleen generaattorin avulla sähköksi, jota syötetään sähköverkkoon.

Tuulivoimalaitostyyppejä on periaatteessa useita. Eniten käytettyjä malleja ovat kolmilapaiset vaak akseliset potkurimalliset voimalat. Lisäksi on olemassa mm. kuppimoottori, Savonius-roottori, Winside-roottori ja vispilämäisellä Darrieus-roottorilla varustettu pysty akselinen laitos. Näistä ainoastaan potkurimallisilla voimaloilla on nykyään käytännön merkitystä laajemmassa sähköntuotannossa. (Juhani Rouvali: Opetusmonisteet, 2004)

1.2.1 Potkurimallinen laitos

Potkurimalliset laitokset ovat syrjäyttäneet muut laitostyypit ja ovat yleisempiä laitosmalleja tuulienergiantuotannossa. Laitoksissa vaihteisto ja generaattori sijaitsevat ylhäällä, mikä vaikeuttaa huoltotyötä, mutta toisaalta potkuri sijaitsee korkealla, jossa tuulennopeudet ovat suurempia kuin maanpinnalla. Potkurityyppisen voimalaitoksen merkittävin etu on, että se peittää pyöriessään omaan pinta-alaansa nähden huomattavan suuren alan ja kykenee tuottamaan omaan painoonsa nähden huomattavan paljon tehoa. Tässä laitosmallissa käytetään kääntöjärjestelmää, joka huolehtii, että roottori on jatkuvasti suunnattu tuulta vasten. Roottorin pyörimisnopeutta saadaan säädettyä aktiivisesti lapakulmia säätämällä tai kiinteäkulmaisessa laitoksessa passiivisesti sakkaussäädöllä. Kolmilapaiset laitokset ovat syrjäyttäneet yksi- ja kaksilapaiset laitokset tasaisemman pyörimisensä vuoksi. Teoriassa potkurimallisella laitoksella päästään lähemmäksi ihanteellista hyötysuhdetta. (Juhani Rouvali: Opetusmonisteet, 2004)

1.2.2 Savonius- ja kuppiroottori

Savonius-roottori on suomalaiskehitteiden pysty akselinen tuuliroottori, joka kehitettiin 1930-luvulla. Roottorin parhaita puolia ovat riippumattomuus tuulen suunnasta sekä kohtuullisen hyvä hyötysuhde. Ongelmia ovat nykivä käynti ja roottorin asennosta riippuvainen käynnistysmomentti. Savonius-roottorissa, on voimakkaita poikittaisvoimia, jotka rasittavat tukirakenteita ja laakereita. Suurten voimaloiden kohdalla niistä muodostuu ongelmia. (VTT Energia Suomessa)

1.2.3 Darrieus, Winside ja Eagleroottorit

Pysty akselisisessa Darrieus ja Winsideroottorissa generaattori ja vaihteisto sijaitsevat alhaalla maanpinnan tasolla, jolloin huoltotyöt helpottuvat. Laitos on riippumaton tuulen suunnasta, joten erillistä kääntöjärjestelmää ei tarvita. Darrieus-roottorin käyntiinlähtökyky on huono ja se tarvitseekin alku- nopeuden saavuttamiseksi jonkin apulaitteen, esimerkiksi sähkömoottorin. Tätä mallia ei enää juurikaan käytetä kaupallisissa sovelluksissa, sillä roottorin merkittävämpänä ongelmana on ollut mekaaninen kestävyys. Roottorin pyöriminen aiheuttaa rakenteeseen erittäin suuria väsytysoimia. (VTT Energia Suomessa 1998)

Pihtiputaalaisen Oy Windise Produktion Ltd:n tuuliturbiineissa ei ole käynnistysmomenttiin ja epäta- saiseen käyntiin liittyviä ongelmia ja ne tuottavat tehokkaasti energiaa melkein millaisissa olosuh- teissa tahansa, tuulenvireistä myrskyihin. Windside tuuliturbiinit on tehty pitkäikäisiksi ja kestävä- mään kovia olosuhteita. Pitkä elinikä, tehokkuus, kestävyys ja huoltotarpeiden vähäisyys ovat sen ainutlaa- tuisia ominaisuuksia. Windside-tuuliturbiinit kehitti vuonna 1979 Risto Joutsiniemi. Esimerkiksi kesä- mökkimallille WS-0,30C on annettu 10 vuoden takuu.

(Oy Windside Produktion Ltd 2013)

Toinen suomalainen tuuliturbiinien kehittäjä ja valmistaja on Eagle Tuulivoima Oy. Eaglen tuulivoimaratkaisuissa laitteen edut eivät johdu siipien muodosta, vaan niiden materiaalista. Tuulivoimalan siivet ovat erittäin kevyet ja kestävä. Ne on valmistettu hyptoniitistä, joka on hiilinanoputkista ja hartsista kemiallisesti yhdistämällä valmistettu supervahva materiaali. Koska hiilinanoputki on noin 100 kertaa vahvempaa kuin teräs. Eaglen voimaloilla on tästä syystä mahdollista tuottaa sähköä myös vähäisissä tuuliolosuhteissa. (Eagle Tuulivoima Oy 2013)

1.2.4 Hyrrämäiset, pysty akseliset tuuliturbiinit

Yhdysvalloissa testataan uudenlaisia, pieniä akseliltaan pystysuuntaisia tuulivoimaloita. Tuulivoimaloiden kokosuuntaus on ollut aina vain suurempaa kohti, sillä suuret voimat tuottavat sähköä pieninä tehokkaammin. Tietynlaisissa olosuhteissa sähköä voidaan saada edullisemmin pienen kuin suuren tuulivoimalan avulla. Hyrrämäinen turbiini siis pyörii vaakatasossa kuin karuselli, ei pystysuunnassa, kuten useimmat tuulivoimalat. Turbiini tuottaa pyöriessään energiaa kolmesta viiteen kilowatin tehon, kun suuret, jopa 100-metriset voimat tuottavat parhaimmillaan muutamia megawatteja, eli jopa tuhatkertaisesti. Koska uusi voimalatyyppi on pienikokoinen, noin kymmenmetrinen, kustannuksia voi säästyä sekä rakentamis- että huoltovaiheessa. Tietokonemalleja apuna käyttäen voidaan tietyn paikan tuuliolosuhteissa saada niin tarkat tiedot, että voimat saadaan optimaalisemmin sijoitettua, kuin mitä suurten kanssa olisi mahdollista. Matalahkot voimat ovat hiljaisia, eivätkä häiritse tutkia ja helikoptereita samalla tavoin kuin useimmat tuulivoimalat. (Juhani Rouvali: Opetusmonisteet, 2004)

1.2.5 Megatuulivoimalat

Megatuulivoimalat edustavat tuulivoimalaitoskehityksen uutta, tulevaa sukupolvea. Siinä perusideana on, että tuulivoimalan torniin on sijoitettu kaksi roottoria, joilla saadaan hyödynnettyä tuulta tehokkaammin perinteisiin yksiroottorisiin malleihin verrattuna. Mikäli megatuulivoimalat toteutuvat tulevaisuudessa, oletetaan, että tuulivoimaa pystytään niiden avulla tuottamaan huomattavasti enemmän kuin nykyisillä tuulivoimaloilla. Voimalan prototyypin korkeudeksi on suunniteltu noin 120 metriä. (VTT Energia, Energia Suomessa)

1.2.6 Tuulienergian tehon laskenta

Fysiikassa teho (P) on tehdyn työn tai käytetyn energian määrä aikayksikössä. Tehon SI-yksikkö on watti (W), joka vastaa joulen energiamäärää sekunnissa. Tuulenopeuden v kyky tehdä työtä, eli tuulen teho voidaan laskea kaavasta 1.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3 \cdot c_p \quad (1)$$

missä ρ = ilman tiheys
 r = roottorin säde

v = tuulen nopeus

c_p = roottorin tehokerroin.

Tuulienergian tehon laskennasta voidaan esittää numeroesimerkki. Käytetään numeroarvoja:

- ilman tiheys $\rho = 1,2 \text{ kg/ m}^3$
- roottorin säde $r = 3,2 \text{ m}$
- tuulen nopeus $v = 10 \text{ m/s}$
- roottorin tehokerroin $C_p = 40 \% = 0,4$

Tällöin kaavasta 1 voidaan laskea myllyn teho näissä olosuhteissa:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (3,2 \text{ m})^2 \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 \cdot 0,40 = 7,72 \text{ kW}$$

Jos tuulen nopeus on tästä puolet, $v = 5 \text{ m/s}$, saadaan tehoksi

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (3,2 \text{ m})^2 \cdot \left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 \cdot 0,40 = 0,97 \text{ kW}$$

Kun tuulen nopeus putoaa puoleen, teho putoaa kahdeksanteen osaan!

Voimalan tuottama teho ei ole suoraviivainen, vaan siihen vaikuttaa suunniteltu sijoituspaikka ja vuotuinen tuulimäärä.

2 TUULIENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

Perusedellytys tuulienergian hyödyntämiseen on, että asennuspaikalla tuulee riittävästi. Yleisesti ottaen tuulienergian määrä arvioidaan virheellisesti ylöspäin. 10 m/s nopeudella vaikuttava tuuli tuntuu ihmisestä melko voimakkaalta. Sisämaassa tuulivoimala on sijoitettava avoimeen maastoon, jotta voimala tuottaisi käyttökelpoisen määrän energiaa. Ihanteellisemmat tuuliolosuhteet vallitsevat tunturissa puurajan yläpuolella sekä meren rannalla. Tuuligeneraattori kannattaa sijoittaa mahdollisimman korkealle maaston muotojen osalta ja lisäksi kannattaa käyttää mastoa. Tuuliselle alueelle oikeaoppisesti asennettu ja valittu tuuligeneraattori tuottaa huomattavan määrän ilmaista energiaa. Maailmanlaajuisesti ajatellen suurimmat odotukset energiatalouden kannalta kohdistuvat selvästi tuulivoimaan, joka niin teknologiansa kuin taloutensa puolesta on muuttanut energiamarkkinoita kiinnostavaksi uudeksi teknologiaksi. Lisäksi julkinen talous on auttanut markkinoiden kasvua. Myös suurempien kansainvälisten rahoituslaitosten kiinnostus tuulivoimaan heijastaa siihen liittyvien mahdollisten taloudellisten riskien väistymistä. (Tuulienergia Wikipedia 2013)

2.1 Pienoistuulivoimaloiden käyttökohteet

Pientuulivoimalalla voidaan tuottaa osa talouden sähköntarpeesta. Alle 2 kW laitteet soveltuvat käyttötarpeesta riippuen kesämökin valaistukseen ja elektroniikan tarpeisiin. Omakotikäytössä 2 kW laitteella hyvällä ja tuulisella paikalla voidaan tuottaa jo puolet omakotitalon laitteisiin ja valaistukseen kuluva sähköstä, lämmitystä lukuun ottamatta. Isommat tuulivoimalat 4-10 kW, voivat tuottaa hyvätuulisella paikalla ja korkealle sijoitettuna normaalin omakotitalon kaiken valaistukseen ja laitteisiin kuluvaan sähkön sekä merkittävän osan lämmitysenergiasta. Tuulivoimalan nimellisteho ei välttämättä kerro sitä, kuinka paljon voimala tuottaa energiaa. Tuotto riippuu paikallisista tuuliolosuhteista, ja voimalan ominaisuuksista, kuten generaattorin hyötysuhteesta, säätöjärjestelmän hyötysuhteesta, tuulivoimalan tuulen suunnassa pysymisestä ja maston korkeudesta. Tuulella on valtava voima; siksi voimalan ja maston tulee olla varmasti mekaanisesti kestäviä. Korkeaan mastoon saattaa osua salamanisku, joten on myös huolehdittava asianmukaisesta ukkossuojauksesta. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2013)

2.2 Tuulivoiman erityispiirteet

Tuulivoima poikkeaa perinteisestä sähköntuotannosta ajallisen vaihtelun vuoksi. Tuulisähkön tuotanto vaihtelee päivittäin ja tunneittain tuulisuuden mukaan. Tuulivoiman tuotannon vaihdellessa sähköverkon vakaus on hoidettava säätämällä muiden voimanlähteiden tehoa. Tulevaisuuden älykkäät sähköverkot luovat lisämahdollisuuksia tuulivoiman osuuden kasvattamiselle. Tuulivoima on kehitty-mässä oleva sähköntuotantomuoto, joka ei vielä ole taloudellisesti kannattavaa ilman tukitoimia. Tuulivoiman kustannukset painottuvat rakentamisajalle. Käytön aikaiset kustannukset ovat pienet. Tuulivoimaloita pyritään käyttämään aina, kun tuulee tarpeeksi. (Energiateollisuus, Motiva)

2.3 Tuulivoiman ympäristövaikutukset

Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa. Tuulivoiman tuotannossa ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maahan. Tuulivoimaa on pyritty edistämään nimenomaan sen ympäristöystävällisyyden vuoksi. Kuten kaikella energiantuotannolla, myös tuulivoimalla, on negatiivisia ympäristövaikutuksia. Tuulivoiman ympäristövaikutukset voidaan jakaa rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin ja käytön lopettamisesta aiheutuviin vaikutuksiin. Tuulivoiman merkittävin ympäristövaikutus on sen vaikutus maisemaan. Erityisesti suuret tuulivoimalaitokset erottuvat maisemassa. Maisemavaikutuksia voidaan vähentää sijoittamalla voimaloita esimerkiksi mahdollisimman vähän näkyvälle paikalle tai alueelle, jossa on jo ennestään samaa kokoluokkaa olevia rakennuksia, kuten voimalaitoksia tai tehdasrakennuksia. Tuulivoimalaitoksissa käytetään yleensä mattapintaisia pintamateriaaleja, sillä kiiltäväpintaiset näkyvät mattaa selvästi paremmin. Tuulivoimaloista syntyy jonkin verran melua sekä mekaanisten osien liikkeestä että lapojen aerodynaamisesta äänestä. Tuulivoimalaitokset voivat vaikuttaa lintuihin joko siten, että linnut törmäävät suoraan pyörivän roottorin lapoihin tai siten, että linnut muuttavat käyttäytymistään pystytetyn tuulivoimalan johdosta. On arvioitu, että yksi tuulivoimala aiheuttaa vuosittain yhden linnun kuoleman Suomessa. Törmäysriskiin vaikuttaa tuulivoimalan sijoituspaikka.

(VTT:Suomen tuulivoimatilastot, Suomen tuulivoimalayhdistys 2013)

Suomen luonnonsuojeluliiton ekoenergia-merkin kriteerit ovat hyvä lähtökohta sijoituspaikan valinnalle. Ekoenergia - merkki osoittaa kuluttajille ympäristön kannalta parhaat energiamuodot ja se voidaan myöntää tuulivoimalla, biopolttoaineilla, vanhalla vesivoimalla ja aurinkopaneeleilla tuotetulle energialle sekä energiasäästöä edistäville palveluille. Ekoenergia-merkki myönnetään tuulivoimalle sillä ehdolla, että voimala ei sijoitu luonnonsuojelualueille, valtakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille tai kulttuuriperintöalueille tai kansainvälisesti ja valtakunnallisesti tärkeille lintualueille. (Suomen Tuulivoimayhdistys, Programme Report 14/2002 Final Report, Tekes, Helsinki 2002)

3 TUULIVOIMA SUOMESSA

Suomi on tuulivoiman rakentamiselle tuulioloiltaan ja muilta teknisiltä edellytyksiltään muihin pohjoismaihin verrattuna hieman epäedullisempaa aluetta, mutta rakentamaton tuulivoimapotentiaali on vielä suuri. Suomen tuulivoima on sijoittunut suhteellisen tasaisesti rannikkoalueille, pitkin maata ja sähkökulutuksen keskuksiin. Suunniteltaessa tuulivoimaloiden sijoittamista kannattaa käyttää tuulienergiakartastoa eli tuuliatlasta sekä alueen mahdollisia mittaustietoja. Ne ovat tärkeitä apuvälineitä arvioitaessa alueellisia mahdollisuuksia tuottaa tuuliturbiineilla sähköä. VTT on arvioinut Suomen tuulivoiman vuosituotannon lisäämispotentiaalit eri alueilla. (VTT Suomen tuulivoimatilastot, Wikipedia 2013)

3.1 Säättökapasiteetin tarve

Tuulivoiman laajamittaisen käytön haittapuolina on usein esitetty voimaloiden tehon ennustamaton, suuri vaihtelu, ja vaihtelun vaatima runsaan säätötehon tarve. Kokonaistehon vaihtelu kuitenkin tasaantuu, kun tuulivoimaloita rakennetaan runsaammin, ja eri puolille maata. Myös tuotannon ennustemenetelmät ovat parantumassa. Arvioiden mukaan säätökapasiteetin lisätarve on vähäinen. (VTT Suomen tuulivoimatilastot 2013)

3.2 Tuulivoiman kustannusrakenne

Tuulivoimalle on ominaista rakentamisesta, korjauksista ja määräaikaishuolloista aiheutuneiden kustannusten suuruus verrattuna tuotettuun energiaan. Tuulivoimaan investoimalla kestää kauan saada takaisin siihen sijoitetut varat ja tämän jälkeenkin tuulivoimalan tuottama voitto on vähäistä. Nämä tekijät tekevät tuotetusta sähköstä huomattavasti kalliimpaa perinteisiin sähköntuotantomenetelmiin verrattuna. Tuulivoimaa tuotetaan sähköveron palautuksen verran eli 0,69 senttiä kilowattituntia kohden ja uuden teknologian tuuli-investointeihin voi saada jopa 40 % investointitukea. Tuulimylyn tarvitseman maa-alueen kokonaisvuokratasot ovat MTK:n selvitysten mukaan noin 9000 - 12000 euron vuositaso.

Vuodesta 2011 alkaen Suomessa tuulivoimalat ovat voineet saada syöttötariffi-takuuhintana 83,5 €/MWh. Takuuhintaa maksetaan 12 vuoden ajan. Uudet tuulivoimalat ovat voineet saada lisän, jonka kanssa syöttötariffi on 105,3 €/MWh. Lisää maksetaan enintään kolmen vuoden ajan vuoden 2015 loppuun saakka. (Elikeinoelämän keskusliitto, MTK 2011)

3.3 Tuulivoimatuotannon kehitys

Voimaloiden koko ja teho on alkuajoista kasvanut moninkertaiseksi. Voimaloissa tehon ratkaisee roottorin pyörimiskehän pinta-ala, minkä suurentuminen on tehnyt voimaloista korkeampia. Tuulivoimaloiden koon kasvaessa, tekniikan kehittyessä ja rakennuskokemusten karttuessa myös voimaloiden teho ja kustannustehokkuus on parantunut. Huonon sijainnin takia jotkin voimalat tuottavat alle 15 % keskitehoa. Parhaat voimalat Suomessa pääsevät yli 40 % keskitehoon. Suomen ensimmäinen tuulipuisto perustettiin 1991 syksyllä Vaasan lähelle Korsnäsiin. Se koostui neljästä 200 kW:tin laitteesta, jotka ovat nykyisin vanhimmat Suomessa toimivat tuulivoimalat. Tuulivoimaloiden läpimurtovuosi Suomessa oli 1993, jolloin rakennettiin useita uusia voimaloita. (Hannele Holttinen: Tuulivoiman sijoittelu ja integrointi-tuulivoiman mahdollisuudet Suomessa 2008)

3.4 Tuulivoiman tuotanto tulevaisuudessa

Tuulivoiman hyödyntämisessä Suomi sijoittuu 30. sijalle. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 288 MW, 162 tuulivoimalaa (vuoden 2012 lopussa). Tuulivoimalla tuotettiin noin 0,6 % Suomen sähkönkulutuksesta, noin 492 GWh vuonna 2012. Euroopan-komissio on asettanut tavoitteeksi tuottaa 38 % energiasta uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla 2020 mennessä ja hallituksen ilmasto ja energiapolitiisessa strategiassa tästä on johdettu tavoitteeksi tuulivoimalle 6 TWh sähköntuotanto ja 2000 MW nimelliskapasiteetti. Suomessa tuulivoiman huipunkäyttöaika on 2500 tuntia vuodessa, tuulienergiaa saadaan 500 MW verran ja suurimmat tuulipuistot voivat sisältää jopa sata voimalaa. Tuulivoimalaitosten ja niiden komponenttien toimittajina suomalaiset konepajayritykset ovat maailman huippua. Suurimmat energiayhtiöt ovat kaavailleet rannikolle uusia merituulivoimaloita odottaen, että tuulivoimasta tulee tärkeä osa sähköntuotantoa. Suunnitelmassa on jopa 4000 - 5000 megawattia tuulikapasiteettia. Isojen yhtiöiden tuulivoimakaavailut ovat vain alustavia hahmotelmia.

Maailmassa rakennetaan joka vuosi noin 5000 - 10000 MW tuulivoimaa. Se vastaa noin 5-10 % koko maailman uudesta voimalaitostehosta. Kasvu kiihtyy sitä mukaa kuin tuulivoimalaitosten hinnat laskevat ja fossiilisten polttoaineiden hinnat nousevat. Rakentamista kiihdyttää sen lisäksi runsaat tuulienergian tuotantoon kohdistuvat energia-avustukset ja tuulisähkön takuuhinnat. (Motiva Oy 2008, Energianet.fi 2013)

4 SÄHKÖNTUOTANTO MIKROGENERAATTORILLA

Mikrogeneraattori on sähköenergialähde pienjännitevaihtosähkölle käsittäen kaikki siihen kuuluvat liitäntälaitteet enintään 16 A vaihevirralle ja se on tavallisesti rakennettu toimimaan rinnankäytössä pienjänniteverkon kanssa. Mikrogeneraattorin on toimittava luotettavasti koko suunnitellulla toiminta-alueella. Liitettäessä tuotantolaitosta yleiseen sähköverkkoon ja käytettäessä rinnan sitä yleisen sähköverkon kanssa, on ensisijaisen tärkeää varmistua siitä, että tuotantolaitos on turvallinen eikä aiheuta häiriötä verkkoon ja esimerkiksi riko muiden sähkökäyttäjien laitteita. Näistä syistä tuotantolaitoksia koskevat tietyt tekniset vaatimukset. Tuotantolaitos ei saa kytkeytyä yleiseen sähköverkkoon, ellei sähköverkon jännite ja taajuus ole sovittujen asettelurajojen sisäpuolella. Tuotantolaitos ei saa jäädä syöttämään sähköverkkoa, kun verkkoa ei syötetä muualta. Verkojännitteen palautuessa, laitos voi kytkeytyä verkkoon automaattisesti.

Mikäli verkon kanssa rinnankäyvä tuotantolaitos halutaan käyttää myös varavoimana sähkökatkoissa, tulee järjestelmään asentaa kaksoiskytkentämahdollisuus, jossa toisella kytkennällä tuotantolaitos toimii verkon kanssa rinnan ja toisella kytkennällä täysin verkosta erotetussa saarekkeessa. Tämä vaatii erillisen kytkimen ja lisälaitteiston. Kun sähköverkko on jännitteetön, saarekekäytössä oleva energian tuotantolaitos ei saa olla yhteydessä sähköverkkoon, koska se aiheuttaa vaaratilanteen verkon viankorjaus- ja asennustöiden turvallisuuden takia.

Sähköenergiaa tuottava laitteisto ei saa aiheuttaa häiriötä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin. Mikäli tuotantolaitoksessa ilmenee vika, sähköntuottajan vastuulla on kytkeä se irti mahdollisimman nopeasti. Sähköntuotantolaitoksen haltija on vastuussa laitteistonsa tuottaman sähkön aiheuttamista vahingoista muille sähkökäyttäjille ja verkonhaltijalle, mikäli laitteiston tuottama sähkö ei ole standardien ja muiden vaatimusten mukaisia. (Suomen Standardisoimisliitto SFS- EN 50438 2012)

4.1 Sähkön pientuotanto

Sähkön pientuotanto on sähkön pienimuotoista tuotantoa käyttökohteiden lähellä. Määritelmät pohjautuvat usein voimalan nimellis- tai maksimitehoon tai liittymäverkon mukaiseen rajaukseen. Pientuotannosta käytetään myös nimitystä hajautettu tuotanto, koska voimalat sijaitsevat käyttökohteiden lähellä. Sähkömarkkinalain mukaan sähkön pienimuotoinen tuotanto on sellaista, jonka yhteenlaskettu nimellisteho on maksimissaan 2 MVA.

Sähkön mikrotuotantoa on sähköntuotanto, joka on tarkoitettu ensisijaisesti vain kohteen omaan käyttöön ja ulkopuoliseen verkkoon syöttö on satunnaista tai vähäistä. Mikrotuotannossa voimala liittyy verkkoon enintään 3x16 ampeerin sulakkeilla. Energiategollisuus ry on määritellyt mikrotuotantolaitoksen maksimitehoksi noin 11 kilowattia. Pienjänniteverkolla tarkoitetaan 0,4 kilovoltin verkkoa ja keskijänniteverkolla 6 - 70 kilovoltin sähköverkkoa. (Motiva Oy 2012 Opas sähkön pientuottajalle 2012)

4.2 Voimalaitoksen suojaus

Monet mikrogeneraattorituotantolaitoksen ominaisuudet vaikuttavat sen toimintaan sähköverkossa. Tuotantolaitoksen nimellisteho, maadoittaminen ja generaattorin suojalaite ovat merkittäviä asioita. Laitoksen käynnistysvirta voi olla laitostyyppistä riippuen jopa 8 kertaa suurempi kuin nimellisvirta. Näillä asioilla on merkitystä erityisesti tuotantolaitoksen liittymiskohdan valinnassa. Liitäntälaitteen suojaustoimien tarkoituksena on varmistaa, ettei mikrogeneraattorin liittäminen heikennä jakeluverkon toimintakykyä eikä käyttöturvallisuutta. Tuotantolaitoksen käyttötapa vaikuttaa sähköntuottajan ja verkonhaltijan välisiin sopimuksiin. Rinnankäynnin esto tarkoittaa, että laitos on mekaanisesti erotettu käymästä rinnan jakeluverkon kanssa. Tahdistus tarkoittaa, että laitos kykenee tahdistumaan samaan tahtiin jakeluverkon kanssa ja pysymään siinä. Yhteensopivuus kuvaa laitoksen ja jakeluverkon sähköistä yhteensopivuutta. Saarekekäytön estolla tarkoitetaan suojausta, joka estää tuotantolaitosta syöttämästä sähköä jännitteettömään verkkoon. (Energiateollisuus, Inka Lehto)

Tuotantolaitokset pitää varustaa soveltuvilla suojauslaitteilla. Suojauksen tarkoitus on varmistaa, ettei tuotantolaitos rikkoonnu sähköverkon mahdollisissa häiriötilanteissa. Lisäksi suojaus varmistaa sen, ettei tuotantolaitos syötä verkkoon huonolaatuista sähköä, joka voi rikkoa muiden sähkölaitteita ja pahimmillaan aiheuttaa vakavia turvallisuusriskejä ihmisille ja omaisuudelle.

Enintään 50 kVA suuruiset tuotantolaitokset on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät tuotantolaitoksen irti yleisestä verkosta. Jos verkkosyöttö katkeaa tai jännite tai taajuus laitteiston liitäntäkohdassa poikkeaa normaaleista ilmoitetuista arvoista. Suojauksen asetteluarvot on esitetty taulukossa 1, jossa U_n tarkoittaa jakeluverkon normaalia nimellisjännitettä.

Taulukko 1. Tuotantolaitteiston suojalaitteiden asetteluarvot (Energiateollisuus, Inka Lehto)

Parametri	Toiminta-aika	Asetteluarvo
Ylijännite	0,2 s	$U_n + 10\%$
Alijännite	0,2 s	$U_n - 15\%$
Ylitaajuus	0,2 s	51 Hz
Alिताajuus	0,2 s	48 Hz
Saarekekäyttö	enintään 5 s	

Taulukon arvot on määritelty ottaen huomioon laitosten koko ja ominaisuudet sekä olemassa olevista asennuksista saadut kokemukset. Verkonhaltija voi poiketa arvoista tapauskohtaisesti.

Mikäli tuotantolaitos irtoaa verkosta suojalaitteiston toiminnan johdosta, saa se kytkeytyä verkkoon vasta, kun verkon jännite ja taajuus ovat palautuneet suojausasetteluarvojen sallimiin rajoihin ja ne ovat pysyneet rajojen sisäpuolella tietyn minimiajan. Tämä minimiaika on vaihtosuuntaajan välityksellä verkkoon liitetyille laitoksille 20 sekuntia ja toisille tuotantolaitoksille 3 minuuttia. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN 50438)

4.3 Sähkön laatu ja sähköturvallisuus

Sähköverkonhaltijan tehtävä on toimittaa laadukasta sähköä asiakkailleen. Tästä syystä sähkön laadun hallinta on erittäin keskeistä myös sähkön pientuotannossa. Sähkön laatua tulee katsoa sekä liittymäpisteen sähkön laadun että voimalaitoksen laatuvaikutusten näkökulmasta. Liittymään liitetty tuotantolaitos ei saa huonontaa sähkön laatua eikä merkittävästi vaikuttaa jännitteen laatuun liittymiskohdassa. Tuotantolaitosten tulee toteuttaa vähintään kansallisissa (SFS) ja kansainvälisissä (IEC ja GENELEC) standardeissa asetetut sähkön laatua koskevat vaatimukset. Näissä Standardeissa viitataan häiriötä tuottavien laitteiden ryhmästandartteihin. Laiteasennuksissa on noudatettava voimassa olevia sähköturvallisuussäädöksiä. (Energiateollisuus, Inka Lehto. Suomen Standardoimisliitto SFS-2012/14.6.1996/498)

Yleisten sähköturvallisuusvaatimusten mukaan tuotantolaitos on varustettava erotuslaitteella, jossa on asennonosoitus tai näkyvä avausväli ja johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy. Kytkimessä on oltava myös lukitusmahdollisuus. Erotuslaite tarvitaan sähköturvallisuuden varmistamiseksi. Yleiset turvallisuusvaatimukset henkilöiden työskentelylle sähkölaitteistossa tai niiden läheisyydessä on annettu standardissa EN 50110. Lisäksi sovelletaan myös kunkin maan kansallisia määräyksiä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS EN 50438,5 2012)

Seuraavassa taulukossa on esitetty standardeja.

Taulukko 2. Häiriösaiteilyä tuottavien laitteiden ryhmää koskevat standardit.

Parametri	Mikrogeneraattorin nimellisvirta	Standardi	Vaatus
Harmoniset Yliaallot	$\leq 16A$	EN 6100-3-2	Luokka A
Nopeat jännitevaihtelut	$\leq 16A$	EN 61000-3-3 Dc=3,3 % Max	

4.4 Mikrogeneraattorin tiedot

Asennettavasta mikrogeneraattorista on ilmoitettava valmistajan nimi tavaramerkki, tyyppimerkintä, valmistenumero tai merkintä, jolla on mahdollista saada laitteen tuotetiedot valmistajalta, mitoitus-teho, nimellisjännite, nimellistaajuus, vaiheiden lukumäärä ja tehokerroin. Tiedot on ilmoitettava käyttöohjeessa. Näiden lisäksi sarjanumero on merkittävä ainakin arvokilpeen. Kaikki mikrogeneraattoriin liittyvät tiedot on merkittävä sen maan kielellä ja käytännön mukaisesti, johon mikrogeneraattori aiotaan sijoittaa. (Suomen Standardoimisliitto SFS EN 50438, 12,2012)

4.4.1 Varoitusmerkinnät

Mikrogeneraattoriin on kiinnitettävä varoitusmerkintä sellaiseen kohtaan, että henkilö, joka aikoo päästä käsiksi jännitteisiin osiin, huomaa ennakkovaroituksen. Eritystä huomiota tulisi kiinnittää siihen, ettei jännite katkea laitteen verkkolaitteesta, ennen kuin generaattorin liitäntälaitteen suojakytin avataan. (Suomen Standardisoimisliitto SFS EN 50438, 13,2012)

Varoituskilvet tulee sijoittaa vähintään seuraaviin kohtiin:

- Sähkökeskukseen, verkkoyhtiön keskukseen tai kuluttajan sähkökeskukseen ilmoittaen, että keskukseen on liitetty mikrogeneraattori.
- Kaikkiin sähkökeskuksiin, jotka ovat kuluttajan sähkökeskuksen ja mikrogeneraattorin välillä
- Mikrogeneraattorin ulkovaippaan tai itse mikrogeneraattoriin
- Kaikkiin kohteisiin, joista mikrogeneraattori voidaan erottaa jakeluverkosta.

Kaikki varoituskilven tiedot on merkittävä sen maan kielellä ja käytännön mukaisesti, johon mikrogeneraattori aiotaan sijoittaa.

4.4.2 Laitoksesta verkonhaltijalle toimitettavat dokumentit

Ennen tuotantolaitoksen liittämistä verkkoon tulee verkonhaltijalle toimittaa keskeiset laitosta koskevat dokumentit ja tiedot. Verkonhaltija tarvitsee ainakin perustiedot laitteistosta (generaattorityyppi, nimellisteho, nimellisvirta) sekä tiedot liitäntälaitteena käytettävästä vaihtosuuntaajasta (suuntaajan tyyppitiedot ja asetteluarvot). Nämä tiedot kannattaa toimittaa verkonhaltijalle riittävän aikaisessa vaiheessa, mieluiten ennen tuotantolaitoksen hankkimista.

Toimitettavat tiedot:

- Laitoksen tyyppi, nimellisteho ja nimellisvirta
- Liitäntälaitteen (vaihtosuuntaajan) tyyppitiedot
- Suojauksen asetteluarvot ja toiminta-ajat
- Tiedot saarekekäytön estosuojauksen toteutuksesta (menetelmä ja toiminta-aika)

Sähköntuotantolaitoksen liittamisestä verkkoon löytyy tietoa Suomen standardoimisliitto SFS-EN 50438 Käsikirjasta.

Liitteissä on Savon Voiman 1.3.2013 antamia ohjeita sähköntuotantolaitoksen liittamisestä jakeluverkkoon.

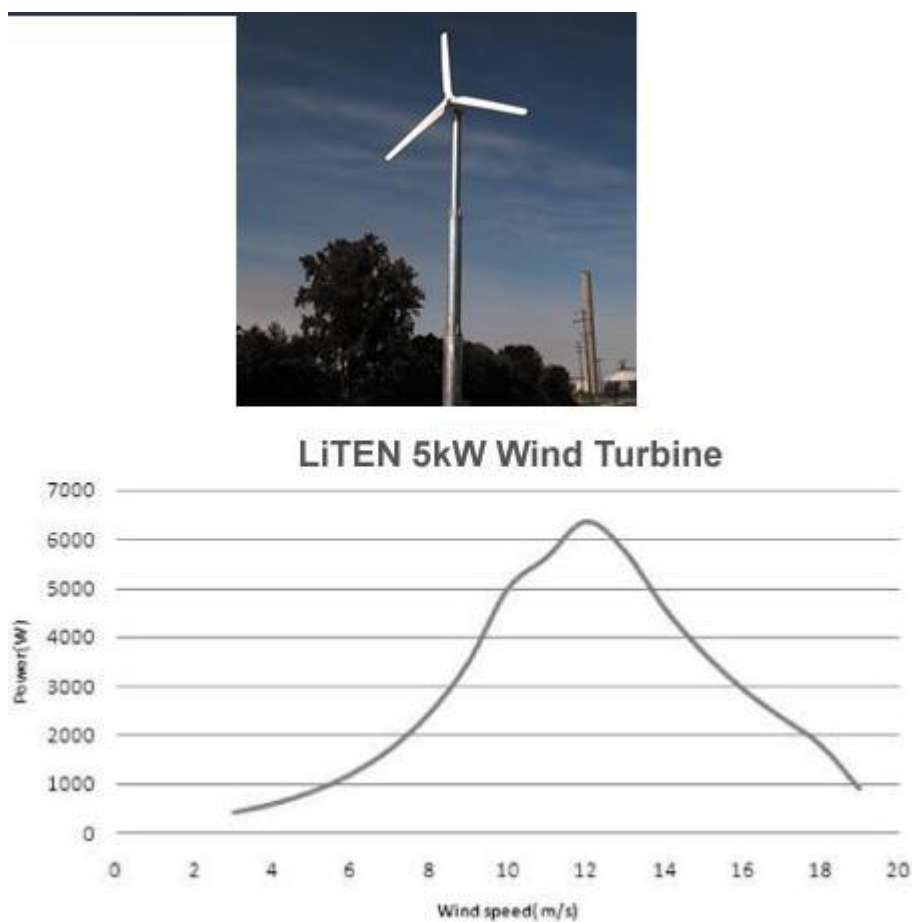
5 SÄHKÖNTUOTANTO TUULIVOIMALLA

Tuulivoiman tuotannon arviointiin käytettiin todellisen 5 kW tuulimyllyn teknisiä tietoja ja Opistotien sääasemalta mitattuja tuulennopeustietoja.

Tuulivoimalan (kuva 1) tekniset tiedot ovat:

- Tyyppi: LT 6.4-5 kW
- Laskentateho: 5 kW
- Maksimiteho: 6 kW
- Jännite: 220 – 300 V
- Generaattori: Kolmivaihe, kestopagneetti
- Tuulennopeus käynnistyessä: 2 m/s
- Optimaalinen tuulennopeus: 10 m/s
- Maksimi tuulennopeus: 25 m/s
- Optimaalinen roottorin nopeus: 200 kier/min
- Lapoja roottorissa: 3
- Roottorin halkaisija: 6.4 m
- Lapamateriaali: Lasikuitumuovi
- Turbiinin paino roottoreineen: 416 kg
- Alennusvaihe Ei, suoraveto
- Lapakulman säätö: Kiinteä lapakulma
- Vaihdelaatikko: suoraveto
- Myrskysuoja: automaattinen
- Maston korkeus: 12/18 m
- Mastotyyppi: vapaasti seisova tai harustettu
- Suunnanmääritys: 3-vaiheinen koneellinen säätö
- Melutaso: 36.2 dB

(Aeolos Wind Turbine, 4.10.2013)



Kuva 1. Valmistajan ilmoittama tehontuotto eri tuulenopeuksilla
(Aeolos Wind turbine, 4.10.2013)

Tuulivoimalaitoksen energiantuotto riippuu sijoituspaikan tuuliolosuhteista, koska jo pieni kasvu tuulenopeudessa lisää paljon energiantuottoa. Energian tuotto riippuu myös laitoksen tehokäyrästä, käytettävyydestä sekä suuremman ryhmän kyseessä ollen muiden laitosten varjostusvaikutuksesta. (Medwin, 2013)

5.1 Tuulenmittaustiedot ja tuulisähkön tuotanto

Tuuliturbiinin energiantuotto kasvaa tuulennopeuden mukaan ja se käy ilmi seuraavista mittauksista. Tuulenmittaustulokset on saatu Savonia-ammattikorkeakoulun Tekniikan Kuopion yksikön katolla sijaitsevasta mittauslaitteesta. Laitte on Vaisalan WXT510-säälähetin. Mittaustiedot on analysoitu tunti-tasolla.

Alla olevassa taulukossa on tuulen mittaustiedot tammikuulta 2012, ensimmäisen vuorokauden ajalta, joiden perusteella on laskettu myllyn tehon tuotto. Mittaukset tallennetaan 3 minuutin välein, 20 mittausta tunnissa. Alle 2 m/s olevat tuulennopeudet on jätetty laskelmista pois, koska mylly käynnistyy 2 m/s tuulennopeuksista alkaen.

Taulukko 3. Tuulennopeustiedot 1.1.2012

				myllyn teho	= 5*(v/10)^3	
Pvm	Tunti (UTC)	N	Tuulennopeus m/s	W		
1.1.2012	0	20	1,7	0		
1.1.2012	1	21	1,8	0		
1.1.2012	2	19	1,5	0		
1.1.2012	3	20	2	40		
1.1.2012	4	20	2	40		
1.1.2012	5	20	2,6	88		
1.1.2012	6	20	3	135		
1.1.2012	7	20	2,9	122		
1.1.2012	8	20	3	135		
1.1.2012	9	20	2	40		
1.1.2012	10	20	2,3	61		
1.1.2012	11	21	2,4	69		
1.1.2012	12	20	2,6	88		
1.1.2012	13	19	2,3	61		
1.1.2012	14	20	2,4	69		
1.1.2012	15	20	2,4	69		
1.1.2012	16	20	2,7	98		
1.1.2012	17	20	2,6	88		
1.1.2012	18	20	2,3	61		
1.1.2012	19	20	2,7	98		
1.1.2012	20	20	2,8	110		
1.1.2012	21	20	2,6	88		
1.1.2012	22	21	3,6	233		
1.1.2012	23	20	3,2	164		

Taulukko 4. Myllyn laskennalliset tehon tuotot, vuosi 2012.

kuukausi	energia		yksikkö
Tammikuu	74		kWh
Helmikuu	150		kWh
Maaliskuu	70		kWh
Huhtikuu	100		kWh
Toukokuu	90		kWh
Kesäkuu	59		kWh
Heinäkuu	41		kWh
Elokuu	44		kWh
Syyskuu	79		kWh
Lokakuu	82		kWh
Marraskuu	120		kWh
Joulukuu	88		kWh
Vuosi 2012	997		kWh

Taulukossa 4 on esitetty laskelma koko vuoden sähkötuotannosta.

6 SÄHKÖENERGIAN TASELASKENTA

Taselaskennassa verrataan myllyn tuottoa tyypillisen kuluttajan (maatilan tai omakotitalon) energian tarpeeseen. Tarkastelujakson tehot ja energiat on arvioitu tuntitasolla.

6.1 Sähkönkulutuskohteet

Taulukoissa 5, 6 ja 7 on arvioitu kolmen tyypillisen kuluttajan sähkönkulutustiedot. Kuluttajat ovat:

- sähkölämmitetty omakotitalo- tai rivitalo,
- omakotitalo, jossa ei ole sähkölämmitystä sekä
- maatila (tarkemmin maitotila).

Kun kohteiden kulutusta verrataan mahdolliseen sähköntuotantoon, käytetään vertailusta nimitystä taselaskenta.

Taulukko 5. Sähkölämmitetyn omakotitalon sähkönkulutus, tavallinen varustelutaso
(120 m², neljä henkilöä)

	Energian kulutus/vuosi	Yksikkö
Lämmitys	9 600	kWh
Veden lämmitys	3 600	kWh
Kylmälaitteet	600	kWh
Kiuas	1 000	kWh
Ruoanvalmistus ja astianpesu	680	kWh
Kodin elektroniikka	700	kWh
Pyykinpesu ja -kuivaus	600	kWh
LVI-laitteet	600	kWh
Auton lämmitys	400	kWh
Muu kulutus	700	kWh
Yhteensä vuodessa	18 480	kWh

Taulukko 6. Omakotitalon sähkönkulutus, ei sähkölämmitystä, tavallinen varustelutaso.

	Energian kulutus/vuosi	Yksikkö
Kylmälaitteet	600	kWh
Kiuas	1000	kWh
Ruoanvalmistus ja astianpesu	680	kWh
Kodin elektroniikka	770	kWh
Pyykinpesu ja kuivaus	600	kWh
Valaistus	1150	kWh
Auton lämmitys	300	kWh
Muu kulutus	700	kWh
LVI-laitteet	1500	kWh
Yhteensä vuodessa	7300	kWh

Taulukko 7. Sähkönkulutus maitotila

	Energian kulutus/vuosi	Yksikkö
Valaistus	8 300	kWh
Ruokintalaitteet	12 400	kWh
Lämmitys	20 600	kWh
Lypsylaitteet	13 800	kWh
Ilmastointi	6 900	kWh
Muu kulutus	6 900	kWh
Yhteensä vuodessa	68 800	kWh

6.1.1 Sähkönkulutus

Koska sähköä ei voida varastoida, sitä on tuotettava joka hetki täsmälleen kulutuksen ja häviöiden verran ja tuotannon on kyettävä seuraamaan kulutuksen vaihteluita. Tästä seuraa, että osa käytössä olevasta voimalaitoskapasiteetista on jätettävä varatehoksi. Työ ja elinkeinoministeriön energiaosaston mukaan Suomeen tarvitsemaa säätövoimaa voidaan tulevaisuudessa saada yhä paremmista sähkönsiirtoyhteyksistä Viron ja Ruotsin kautta. Säätövoimaa tarvitaan etenkin uusiutuvien energiamuotojen turvaksi silloin, kun sään vuoksi ei esimerkiksi voi tuottaa tuuli- tai aurinkovoimaa. Suomessa on viime kuukausina puhuttu etenkin vesivoiman lisäämisestä säätövoimaksi.

Sähkönkulutuksen mallintamisessa Suomessa käytetään tavallisesti kuormituksen indeksisarjamallia, jossa lähtötiedot annetaan kaksiviikkoindeksien ja tunti-indeksien avulla. Tunti-indeksit on määritelty arki-, aatto- ja pyhäpäivien tunneille. Näitten indeksien perusteella lasketaan tuntitehot halutulle kuluttajalle ja halutulle ajankohdalle kaavalla 2.

$$P(\text{kaksiviikkojakso, tunti}) = \frac{\text{kaksiviikkoindeksi}}{100} \cdot \frac{\text{tunti-indeksi}}{100} \cdot \frac{\text{vuosienergia}}{8736 \text{ h/a}} \quad (2)$$

Esimerkiksi omakotitalokuluttajan vuoden ensimmäisen kaksiviikkojakson indeksi on 121.

Vuoden ensimmäinen päivä on pyhäpäivä, joten käytetään sen mukaisia suhteellisia arvoja. Taulukossa 8 esitetään omakotitalokuluttajan vuoden ensimmäisen päivän tunti-indeksit.

Taulukko 8. Pyhäpäivän sähkönkulutuksen tunti-indeksit

klo	24-01	65		klo	12-13	80
	01-02	60			13-14	77
	02-03	60			14-15	85
	03-04	58			15-16	120
	04-05	60			16-17	142
	05-06	100			17-18	145
	06-07	140			18-19	120
	07-08	150			19-20	105
	08-09	125			20-21	90
	09-10	105			21-22	85
	10-11	95			22-23	75
	11-12	85			23-24	70

Esimerkkinä arvioidaan vuoden ensimmäisen päivän keskimääräinen kulutus klo 7-8 aamulla, kun vuotuinen sähköenergian tarve $W = 7300 \text{ kWh/a}$:

$$P(\text{jakso 1, pyhäklo 24 - 01}) = \frac{121}{100} \cdot \frac{65}{100} \cdot \frac{7300 \text{ kWh/a}}{8736 \text{ h/a}} = 0,7 \text{ kW}$$

6.2 Energiataselaskenta

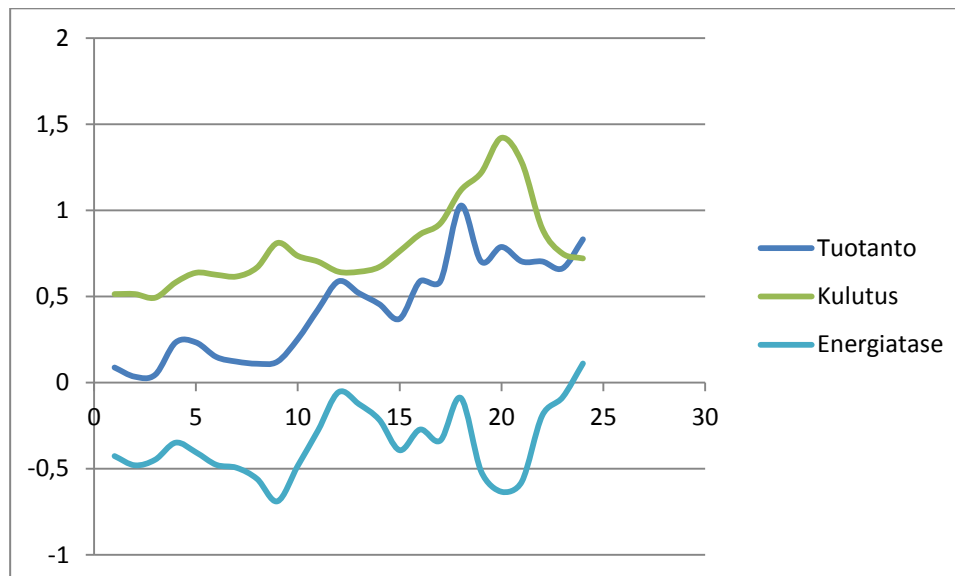
Laskentamallin avulla tuloksena on saatu energiatasemalli, jossa lähtötietoina ovat tuotanto ja kulutus tunneittain. Laskentamallissa on käytetty tuotantona tuulivoimalaitosta, 5 kW mikrogeneraattoria, jonka tehontuotto on arvioitu Opistotien sääaseman tuulimittauksista luvussa 5 esitetyllä tavalla. Kulutus on arvioitu kuluttajakohtaisten indeksisarjojen avulla. Kulutusta on arvioitu maatilan tai omakotitalon kulutustiedoilla. Energiatase kertoo tuotannon ja kulutuksen välisen eron.

Energiatase on laskettu tunneittain vähentämällä tuotannosta kulutus. Siten energiatase on positiivinen, jos tuotanto on suurempi kuin kulutus, ja negatiivinen, jos kulutus on suurempi kuin tuotanto. Taulukossa 9 esitetään esimerkki omakotitalon energiataseesta ja kaaviossa 1 on esitetty vastaavat tiedot käyrinä.

Taulukko 9. Energiatase, omakotitalo, ei sähkölämmitystä.

Tunti	Tuotanto		Kulutus		Energiatase
1	0,088	kW	0,514	kW	-0,426
2	0,034		0,514		-0,479
3	0,046		0,493		-0,446
4	0,233		0,581		-0,348
5	0,233		0,637		-0,404
6	0,149		0,625		-0,476
7	0,122		0,616		-0,494
8	0,110		0,668		-0,558
9	0,122		0,810		-0,688
10	0,253		0,735		-0,482
11	0,425		0,701		-0,276
12	0,589		0,643		-0,055
13	0,519		0,643		-0,124
14	0,456		0,671		-0,215
15	0,370		0,762		-0,392
16	0,588		0,860		-0,272
17	0,588		0,924		-0,335
18	1,026		1,115		-0,088
19	0,703		1,217		-0,514
20	0,787		1,420		-0,633
21	0,703		1,277		-0,574
22	0,703		0,894		-0,191
23	0,663		0,748		-0,085
24	0,831		0,720		0,111

Kaavio 1. Energiatase, omakotitalo

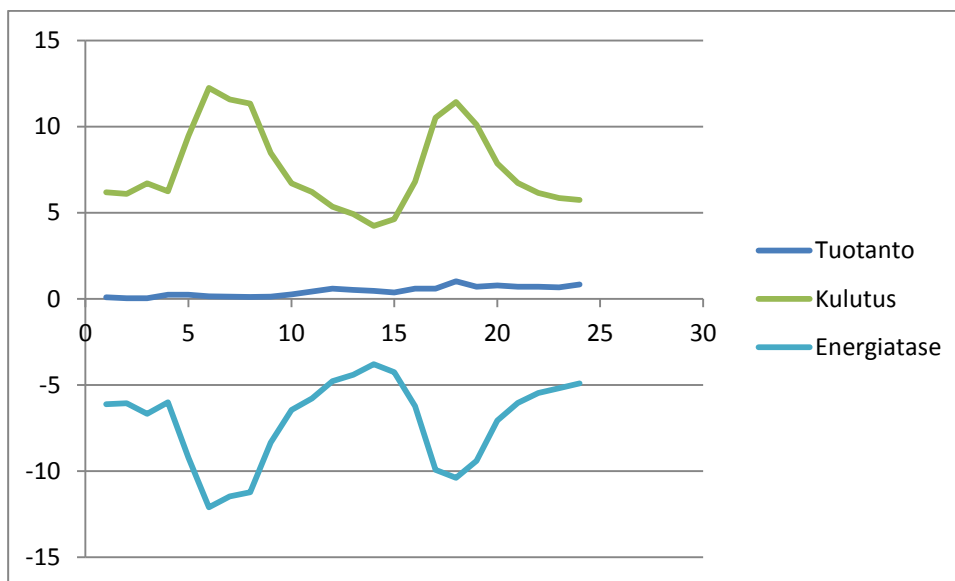


Taulukossa 10 esitetään esimerkki maatalon energiataseesta ja kaaviossa 2 on esitetty vastaavat tiedot käyrinä.

Taulukko 10. Energiatase, maatila.

Tunti	Tuotanto		Kulutus		Energiatase
1	0,087	kW	6,193	kW	-6,105
2	0,034		6,094		-6,060
3	0,046		6,713		-6,667
4	0,233		6,236		-6,003
5	0,233		9,449		-9,215
6	0,148		12,236		-12,087
7	0,121		11,575		-11,453
8	0,109		11,339		-11,229
9	0,121		8,464		-8,342
10	0,253		6,697		-6,443
11	0,425		6,208		-5,782
12	0,588		5,354		-4,766
13	0,519		4,913		-4,394
14	0,455		4,244		-3,788
15	0,370		4,618		-4,247
16	0,588		6,803		-6,215
17	0,588		10,510		-9,922
18	1,026		11,417		-10,390
19	0,703		10,110		-9,407
20	0,787		7,854		-7,067
21	0,703		6,732		-6,029
22	0,703		6,157		-5,454
23	0,663		5,846		-5,183
24	0,831		5,732		-4,900

Kaavio 2. Energiatase, maatila



Taulukoista on nähtävissä kuinka energian tuotanto ja kulutus vaihtelevat tunneittain ja energiataasekäyrästä nähdään, voiko tuotetun sähkön käyttää omaan sähkönkulutukseen. Mylly näyttää tuottavan omakotitalokäytössä kohtuullisen hyvin verrattuna kulutukseen. Maatilakäytössä mylly tuottaa melko pienen osan suhteessa tilan kulutukseen, mutta vaikuttaa silti energiataaseeseen positiivisesti.

7 TUULIVOIMALAN HANKINTA

Suunniteltaessa tuulimyllyä pitää huomioida, että tuulivoimala tuottaa vain sen verran energiaa kuin tuulee. Sen takia sijainnin tuuliolosuhteet on analysoitava. Meren läheisyydessä, sekä avoimilla paikoilla on usein erinomaiset tuuliolosuhteet, sisämaassa ja kukkuloilla tuuliolosuhteet ovat usein hyvät tai kohtalaiset. Metsänreunoilla sisämaassa on usein huonot olosuhteet. Mitä korkeampi tuulivoimala on, sitä parempi on energiantuotanto. Päästäksesi parhaisiin tuloksiin, näkyvyys tuulivoimalan navasta tulisi olla avoin ja vapaa. Suomen tuuliolosuhteita voi tutkia Tuuliatlas-sivustolta. Saadaksesi tarkimmat tiedot kannattaa suorittaa tuulimittauksia paikan päällä.

Omakotitalon sähkönkulutusta (ilman sähkölämmitystä) kattamaan tarvitaan vähintään 20 neliön pyyhkäisyypinta-alan omaava voimalaitos, mikä tarkoittaa että vaaka-akselisen roottorin halkaisija tulisi aina olla vähintään viisi metriä. (Medvind 3.4.2013)

7.1.1 Voimalan sijoituspaikan valinta

Paikallisesti kannattaa valita mahdollisimman tuulinen paikka. Tuulen nopeus vaikuttaa energiantuotantoon, joka nähdään edellisistä mittauksista. Teho on siis verrannollinen tuulennopeuden kolmannen potenssiin; kun tuulen nopeus kasvaa kaksinkertaiseksi, esimerkiksi 4 m/s:sta arvoon 8 m/s, kasvaa tuulen liike-energia nelikertaiseksi ja tuulen teho kahdeksankertaiseksi.

Generaattorin jännitteen ollessa korkea voimala voidaan sijoittaa monen sadan metrin etäisyydelle käyttökohteesta ilman että huomattavia siirtotappioita syntyy. (Medvind 3.4.2013)

Asioita, joita kannattaa miettiä paikkaa valittaessa, ovat:

- Paikalla on hyvät tuuliolosuhteet
- Tuulivoimala alue on riittävän laaja kyseiselle voimalalle
- Paikalle pääsy tulee olla esteetön asennusta varten
- Voimalan varjo voi aiheuttaa epämiellyttävää välkkymistä.
- Voimala tulee sijoittaa niin, että varjot eivät ulotu rakennuksien ikkunoihin.
- Voimala kannattaa rakentaa vähintään 30 metriä piha-alueelta meluhäiriöiden vuoksi.

7.1.2 Tuulivoimalan osto

Tuulella on suuri voima, joten pitää varmistaa, että voimala ja masto ovat mekaanisesti kestäviä. Suojaus salaman iskua varten tulee myös tarkistaa, koska korkeissa mastoissa on aina salamaniskun vaara. Kannattaa varmistua takuuajan pituudesta ja että kaikki suojausmekanismit ovat kunnossa ja laitteen mukana tulevat tarvittavat asennusohjeet. Tuotteen mekaaniset sekä sähköiset osat on täytettävä eurooppalaiset standardit ja tuote tulee olla CE-merkitty. Tuulivoimalatuottajan on pystyttävä näyttämään mittaustietoja tehokäyriä ja äänimittauksia. Monet toimittavat voimaloita avaimet käteen periaatteella, mikä on helppo ratkaisu asiakkaalle. Tuulivoimalatoimittajalta kannattaa kysyä

suosituksia, mitä asennuksia on olemassa ja miten voimalat ovat toimineet ja mahdollista arviota vuosituotosta, jne. Kannattaa mahdollisuuksien salliessa käydä tutustumassa jo asennettuihin voimaloihin. (Vindkraftföreningen, publikationer, Småmöllekatalog)

7.1.3 Luvat

Lupamenettely vaihtelee kunnittain. Kunnan rakennusviranomaiselta saa tietoa siitä, minkälainen lupa tarvitaan tuulivoimalan pystyttämiseen. Asemakaava-alueella tavallisin lupamenettely on rakennuslupa tai toimenpidelupa riippuen voimalan korkeudesta. Toimenpidelupa on kyseessä yleensä asemakaava-alueen ulkopuolella. Kannattaa hyvissä ajoin olla yhteydessä sen kunnan rakennusviranomaisen kanssa, minne tuulivoimala sijoitetaan. Rakennuslupahakemukseen tai toimenpidelupahakemukseen on liitettävä karttaote tai asemapiirros, mihin tuulivoimalan sijainti merkitty. Sen lisäksi on liitettävä piirustus tuulivoimalan julkisivusta. (Medvind 3.4.2013)

7.1.4 Energiavero

Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta velvoittaa maksamaan sähköveroa ansiotoiminnassa tuotetusta sähköstä. Sähköverosta vapautunut on se, joka tuottaa sähköä alle 50 kW tehoisella generaattorilla.

7.1.5 Asennus ja Ylläpito

Tuulivoimalan asennuksen päävaiheet ovat perustan rakentaminen, voimalan asennus, jonka yleensä suorittaa valmistaja tai sen voi tehdä itse asennusohjeiden perusteella, sekä voimalan sähkötyöt ja kiinteistöön suoritettavat sähkötyöt.

Tuulivoimala tarvitsee säännöllistä huoltoa. Ainakin kerran vuodessa tuulivoimalan kunto on tarkistettava silmämääräisesti. Joka viides vuosi pitää suorittaa perusteellinen huolto, jonka tekee valmistaja tai sen voi tehdä itse. Säännöllisellä huollolla voidaan pidentää tuulivoimalan elinikää. (Medvind 3.4.2013)

8 YHTEENVETO

Työssä käsiteltiin pientuulivoimaloiden verkkoon liittämistä ja taselaskentaa, erityyppisiä tuulivoimalaitosmalleja, tuulienergian hyödyntämistä eri alueilla ja energiatasetarkastelua sähkölämmitetyille omakotitalolle ja maatilalle. Työssä käytiin läpi tuulivoiman ympäristövaikutuksia ja tuulivoiman tulevaisuuden näkymiä Suomessa, kuten kustannusrakennetta ja säätökapasiteetin tarvetta. Tämän lisäksi tarkasteltiin sähköntuotantoa mikrogeneraattorilla, voimalaitoksen suojausta ja arvioitiin sähkön laatuun ja turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia.

Paikalliset tuuliolosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti tuulivoiman energiantuotantoon, joten kannattaa olla huolellinen ennen tuulivoimalan hankkimista. Tuulivoimalan lupa-asiat, verotus, asennukset ja ylläpito vaikuttavat kustannuksiin ja kannattavuuteen.

Opinnäytetyössä arvioitiin 5 kW tuulimyllyn energian tuotantoa. Arvioinnin pohjana oli Kuopiossa mitatut vuoden 2012 tuulitiedot. Tuotantoa verrattiin tyypillisten kuluttajien (maatila, omakotitalo) sähkön kulutukseen. Taseanalyysissä esitettiin tuotannon ja kulutuksen erot.

LÄHTEET

- Aeolos Wind Turbine, 4.10.2013. Saatavissa: <http://www.windturbinestar.com/>
- Energiateollisuus ry. 25.9.2013. Saatavissa: <http://energia.fi/>
- Energiateollisuus, Motiva. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>
- Elikeinoelämän keskusliitto, MTK 2011. Saatavissa: <http://www.ek.fi/> <http://www.mtk.fi/>
- Energiateollisuus, Inka Lehto. Saatavissa: <http://energia.fi/>
- Hannele Holttinen: Tuulivoiman sijoittelu ja integrointi-tuulivoiman mahdollisuudet Suomessa 2008, väitöskirja
- Juhani Rouvali: Opetusmonisteet, Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, 2004
- Medvind. Saatavissa: <http://wind.vei.fi/>
- Motiva Oy 2008, Energianet.fi 2013. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/> <http://www.energianet.fi/>
- Motiva Oy 2012 Opas sähkön pientuottajalle 2012. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>
- Oy Windside Produktion Ltd 2013. Saatavissa: <http://www.windside.com/fi>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS- EN 50438 2012
- Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN 50438
- Suomen Standardisoimisliitto SFS EN 50438,5 2012
- Suomen Standardoimisliitto SFS EN 50438, 12,2012
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2.4.2013. Saatavissa: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/>
- Suomen Tuulivoimayhdistys, Programme Report 14/2002 Final Report, Tekes, Helsinki 2002. Saatavissa <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/>
- Tuulienergia, Wikipedia 2013. Saatavissa: <http://www.wikipedia.org/>
- VTT Energia Suomessa, 2004
- VTT Suomen tuulivoimatilastot 2013. Saatavissa: <http://> <http://www.vtt.fi/>

LIITE 1: SÄHKÖNTUOTANTOLAITOKSEN LIITTÄMINEN JAKELUVERKKOON



Paananen Eero

Ohje

1(2)

1.3.2013

Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon

Nimellisteholtaan enintään 50 kVA laitos

Tähän ohjeeseen on kerätty keskeistä tietoa nimellisteholtaan enintään 50 kVA suuruisen tuotantolaitoksen liittämisestä Savon Voima Verkko Oy:n jakeluverkkoon.

1. Yleistä Sähköntuotantolaitoksen toiminnasta sähköjakeluverkossa

Liitettäessä tuotantolaitosta yleiseen sähköverkkoon ja käytettäessä sitä rinnan yleisen sähköverkon kanssa, on ensisijaisen tärkeää varmistua siitä, että tuotantolaitos täyttää sähköturvallisuusvaatimukset eikä aiheuta häiriötä verkkoon ja esimerkiksi riko muiden sähkökäyttäjien sähkölaitteita. Näistä syistä tuotantolaitoksia koskevat tietyt tekniset vaatimukset.

Tuotantolaitos ei saa kytkeytyä yleiseen sähköverkkoon, ellei sähköverkon jännite ja taajuus ole sovittujen asettelurajojen sisäpuolella. Tuotantolaitos ei saa jäädä syöttämään sähköverkkoa, kun sähköjakeluverkossa on keskeytys. Kun verkkojännite palautuu, laitos voi kytkeytyä verkkoon automaattisesti, tai se voidaan kytkeä käsin takaisin verkkoon, mikäli verkonhaltijan kanssa näin on sovittu.

Mikäli verkon kanssa rinnankäyvä tuotantolaitos halutaan käyttää myös varavoimana sähkökatkoissa, tulee järjestelmään asentaa kaksoiskytkentämahdollisuus, jossa toisella kytkennällä tuotantolaitos toimii verkon kanssa rinnan ja toisella kytkennällä täysin verkosta erotetussa saarekkeessa. Tämä vaatii erillisen kytkimen ja lisälaitteiston. Kun sähköverkko on jännitteetön, saarekekäytössä oleva laitos ei saa olla yhteydessä sähköverkkoon. Tämä on ehdottoman välttämätöntä verkon viankorjaus- ja asennustöiden turvallisuuden takia.

Sähköntuotantolaitoksen haltija on vastuussa laitteistonsa tuottaman sähkö aiheuttamista vahingoista muille sähkökäyttäjille ja Savon Voima Verkolle, mikäli laitteiston tuottama sähkö ei ole standardien ja muiden vaatimusten mukaista.

2. Voimalaitoksen suojausasettelu

Tuotantolaitokset tulee varustaa soveltuvilla suojauslaitteilla. Suojauksen on tarkoitus varmistaa, ettei tuotantolaitos rikkoonnu sähköverkon mahdollisissa häiriötilanteissa. Lisäksi suojaus varmistaa sen, ettei tuotantolaitos syötä verkkoon huonolaatuista sähköä, joka voi rikkoa muiden verkonkäyttäjien laitteita ja pahimmillaan aiheuttaa vakavia turvallisuusriskejä ihmisille ja omaisuudelle.

Tuotantolaitokset on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkvät tuotantolaitoksen tai tuotantolaitoksen syöttämän saarekkeen irti yleisestä verkosta, jos verkkosyöttö katkeaa tai jännite tai taajuus laitteiston liitäntäkohdassa poikkeaa sähköverkon normaaleista ilmoitetuista arvoista.

Suojauksen asetteluarvot on esitetty alla olevassa taulukossa, joissa Un tarkoittaa jakeluverkon normaalia nimellisjännitettä.

Parametri	Toiminta-aika	Asetteluarvo Suomi	Normi VDE-AR-N-4105
Ylijännite	0,2 s	Un + 10 %	Un + 10 %
Alijännite	0,2 s	Un - 15 %	Un - 20 %
Ylitaajuus	0,2 s	51 Hz	51,5 Hz
Alिताajuus	0,2 s	48 Hz	47,5 Hz
Saarekekäyttö	enintään	5 s	5 s

Taulukon arvot poikkeavat Suomelle asetetuista maakohtaisista arvoista standardissa EN 50438. Taulukon arvot on määritelty ottaen huomioon laitosten koko ja ominaisuudet sekä olemassa olevista asennuksista saadut kokemukset. Edellä mainittujen suojausasetusten lisäksi myös teknisiltä ominaisuuksiltaan Saksan mikrotuotantonomin VDE-AR-N-4105 mukaiset laitteet soveltuvat jakeluverkkoon kytkettäväksi (koskee enintään 30 kVA tuotantolaitoksia).

Mikäli tuotantolaitos irtoaa verkosta suojauslaitteiston toiminnan johdosta, saa se kytkeytyä takaisin verkkoon vasta, kun verkon jännite- ja taajuus ovat palautuneet suojausasetteluarvojen sallimiin rajoihin ja ne ovat pysyneet rajojen sisäpuolella tietyn minimiajan. Tämä minimiaika on vaihtosuuntaajan välityksellä verkkoon liitetyille laitoksille 20 sekuntia ja muille tuotantolaitoksille 3 minuuttia.

3. Sähkön laatu

Savon Voima Verkon tehtävä on toimittaa laadukasta sähköä asiakkailleen. Tästä syystä sähkön laadun hallinta on erittäin keskeistä myös sähkön pientuotantoon liittyvissä kysymyksissä. Sähkön laatua tulee katsoa sekä liityntäpisteen sähkön laadun että voimalaitoksen laatuvaikutusten näkökulmasta.

Liittymään liitetty tuotantolaitos ei saa huonontaa sähkön laatua eikä merkittävästi vaikuttaa jännitteen laatuun liittämiskohdassa. Tuotantolaitosten tulee toteuttaa vähintään sitä koskeissa kansallisissa (SFS-) ja kansainvälisissä (IEC- ja CENELEC-) standardeissa asetetut sähkön laatua koskevat vaatimukset. Yksivaiheisena laitoksen maksimiteho saa olla 3.7 kVA (16 A).

4. Sähköturvallisuus

Tuotantolaitos on varustettava erotuslaitteella, jossa on asennonosoitus tai näkyvä avausväli ja johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy. Kytkimessä on oltava myös lukitusmahdollisuus. Erotuslaite tarvitaan sähkötyöturvallisuuden varmistamiseksi. Verkkoonkytkentälaitteen (invertteri) tulee olla T-N-S- järjestelmän laite (ei IT- järjestelmän).

5. Laitoksesta verkonhaltijalle toimitettavat dokumentit

Ennen tuotantolaitoksen liittämistä verkkoon tulee Savon Voima Verkolle toimittaa keskeiset laitosta koskevat dokumentit ja vähintään seuraavat tiedot. Savon Voima Verko tarvitsee perustiedot laitteistosta (generaattorityyppi, nimellisteho, nimellisvirta) sekä tiedot liitäntälaitteena käytettävästä vaihtosuuntaajasta (suuntaajan tyyppitiedot ja asetteluarvot). Nämä tiedot kannattaa toimittaa meille riittävän aikaisessa vaiheessa, mieluiten ennen tuotantolaitoksen hankkimista.

Toimitettavat tiedot:

- Laitoksen tyyppi, nimellisteho ja nimellisvirta
- Liitäntälaitteen (vaihtosuuntaajan) tyyppitiedot
- Suojauksen asetteluarvot ja toiminta-ajat
- Tiedot saarekekäytön estosuojauksen toteutuksesta (menetelmä ja toiminta-aika)

6. Sopimukset

Sähkönjakeluverkon kanssa rinnankäyvästä sähköntuotantolaitoksesta on aina tehtävä tuotannon siirtosopimus Savon Voima Verkon kanssa, vaikka sähköä ei myytäisikään sähkömarkkinoille.

7. Laitteiston asennusta koskevat ehdot

Emme salli pistotulpalla kiinteistön sähköverkkoon liitettävää sähköntuotantolaitosta. Liitäntä on tehtävä joko puolikiinteästi tai kiinteästi.

Sähköntuotantolaitoksen verkkoon kytkemisen voi tehdä vain sähköalan ammattihenkilö ja kytkennästä on toimitettava Savon Voima Verkolle käyttöönottoilmoitus yleistietolomaketta käyttäen.

Järjestelmän / laitteistojen maahantuojan tai toimittajan pitää itse varmistaa, että laitteiston suojaustoiminnot täyttävät kohdan 2 mukaiset suojauksen asetteluarvot ja toimittaa siitä Savon Voima Verkolle joko laitevalmistajan dokumentit tai linkki kyseiseen dokumenttiin. Valmistajan myynti- tai yleisesite ei riitä.

8. Yhteyshenkilöme

Sähköntuotantolaitoksen liittämiseen liittyvissä asioissa annamme mielellämme asiantuntija-apua. Yhteyshenkilöinä puoleltamme toimivat Eero Paananen, Jussi Antikainen ja Antti Martikainen. Sähköpostiosoite: etunimi.sukunimi@savonvoima.fi

LIITE 2: MIKROTUOTANTOLAITTEISTON YLEISTIETOLOMAKE

MIKROTUOTANTOLAITTEISTON
YLEISTIETOLOMAKE

Tällä lomakkeella asiakas voi ilmoittaa tiedot Savon Voima Verkolle sähköverkon kanssa rinnan käyvän nimellistehoitan enintään 50 kVA tuotantolaitteiston liittämistä varten. Lomakkeen voi täyttää asiakas itse tai sen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevälle sähköurakoitsijalle.

Huom. Katso lomakkeen toimitusosoitteet sivun alalaidasta.

1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitteiston haltija		Puhelinnumero
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tuotantolaitteiston osoite (sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero	Käyttöpaikan pääsulakekoko	
Yhteyshenkilö		Puhelinnumero

2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto		
<input type="checkbox"/> Aurinko <input type="checkbox"/> Tuuli <input type="checkbox"/> Vesi <input type="checkbox"/> Muu, mikä?		
Verkkoonliitännälaitteen valmistaja		Verkkoonliitännälaitteen malli
Tuotantolaitteiston nimellisteho	Tuotantolaitteiston syöttämä enimmäisvirka	Laitteiston kytkentä
kVA	A	<input type="checkbox"/> 3-vaiheinen <input type="checkbox"/> 1-vaiheinen, merkitse vaihe: <input type="checkbox"/> L1 <input type="checkbox"/> L2 <input type="checkbox"/> L3

3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset mukaan lukien verkkoonliitännälaitteen suojausasettelut ja irtikytkymisajat. Valitse seuraavista vaihtoehtoista:

<input type="checkbox"/> Energiateollisuus ry:n suositus 2011, tekninen liite 1	<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimuskirjasto VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)
<input type="checkbox"/> Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset	<input type="checkbox"/> Muu, mikä? (täytä osio 3.1)

3.1 Tuotantolaitteiston verkkoonliitännälaitteen suojausasettelut ja irtikytkymisajat

Täytä tämä osio vain, jos valitset kohdassa 3. vaihtoehdon "Muu, mikä?".

Parametri (°jos on)	Asettelu-arvo	Toiminta-alka	Parametri (°jos on)	Asettelu-arvo	Toiminta-alka
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2°			Ylitaajuussuojaus 2°		
Alljännitesuojaus 1			Alljääjuussuojaus 1		
Alljännitesuojaus 2°			Alljääjuussuojaus 2°		
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistus- misaika verkkojännitteen palaututtua	s	Saarekekäyntönestosuojausten toteutuslupa ja toiminta-alka			<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty

3.2 Tuotantolaitteiston erottaminen

<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy	Erotuskytkimen sijainti
<input type="checkbox"/> Liittymän pääkeskuksella on varoituskyttilä takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiseksi	

4. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN / URAKOITSIJAN TIEDOT

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	Sähköposti
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö		Puhelinnumero

Savon Voima Verkko Oy, Y-tunnus 2078265-2. Puhelin 017 223 111,
faksi 017 223 900, postiosoite PL 1024 (Kapteeninväylä 5), 70901 Toivala,
asiakaspalvelu 0800 301 40, asiakaspalvelu@savonvoima.fi, www.savonvoima.fi

**5. LIITTEET JA LISÄTIEDOT**

Täällä lomaketta täydentää (liitteiden lukumäärä)	liitettä
Lisätietoja	

Savon Voima Verkko Oy, Y-tunnus 2078265-2. Puhelin 017 223 111,
faksi 017 223 900, postiosoite PL 1024 (Kapteeninväylä 5), 70901 Toivala,
asiakaspalvelu 0800 301 40, asiakaspalvelu@savonvoima.fi, www.savonvoima.fi

Yleistietolomakkeen toimitusosoite:
Kirjepostina: Savon Voima Verkko Oy, Tekninen myynti, PL 1024, 70901 Toivala
Sähköpostin liitteenä pdf- tiedostona: tekninen.myynti@savonvoima.fi