Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön

Tampereella tuulee -projekti

Sisällysluettelo

1. Tuulivoima 4

2. Tuulivoimalan rakenne ja ominaisuudet 4

Asennuspaikka 5

Masto 6

Tekniset ominaisuudet 6

Melu 7

Tuottokäyrä 8

3. Perustietoa tuulivoimaloiden vertailun avuksi 9

Pinta-ala 9

Tuulennopeus 10

Voimalan tehokerroin C_p ja hyötysuhde 10

Siivet 11

Vaihteisto, laakerit ja generaattori 11

4. Tuulivoimalan käyttötavat 12

Verkkoonsyöttö 13

Lämmityskäyttö 14

Akku- ja varavoimakäyttö 15

5. Tuulivoimaprojekti käytännössä 15

6. Kannattaako tuulivoimala hankkia? 16

7. Lisätietoja 20

Frenckellinaukio 2 B

PL 487

33101 Tampere

www.eco2.fi

© 2011 Esa Eklund, Kodin vihreä energia Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ISBN: 978-951-609-509-0. PDF-versio.

1. Tuulivoima

Tuulessa on voimaa. Jokainen myrskyllä ulkona liikkunut tietää sen. Myös vähemmän tuulisessa säässä on energiaa ja se voidaan valjastaa hyötykäyttöön. Tuulivoimala on laite, joka muuttaa tuulen liike-energian käyttökelpoiseen muotoon, useimmin sähköksi.

Suurtuulivoimaloissa on kyse teollisista laitoksista, joiden korkeus yltää sataan metriin ja joiden siipien pituus on kymmeniä metrejä. Pientuulivoimalat ovat samankaltaisia laitteita, mutta vain pienoiskoossa. Kun suurtuulivoimalalla tuotetaan sähköä tuhansien omakotitalojen käyttöön, niin pientuulivoimalalla voidaan huolehtia osittain tai kokonaan yhden talon energiantarpeesta.

Pientuulivoimala on laite, jonka voi asentaa omakotitalon tai kesämökin yhteyteen. Tavallisimmat käyttötavat ovat ”töpselisähkön” tuottaminen, jolloin sähköyhtiöltä tarvitsee ostaa vähemmän sähköä tai sähkön käyttäminen suoraan vesi- tai lämmitysvaraajassa. Kesämökkikäytössä tuulivoimalalla ladataan akkuja, joista sähkö otetaan valaistuksen tai laitteiden käyttöön. Tällöin mökkiä ei tyypillisesti ole liitetty sähköverkkoon.

Tämä opas pyrkii antamaan perustiedot siitä miten pientuulivoimaa voi käyttää oman kiinteistön yhteydessä.

2. Tuulivoimalan rakenne ja ominaisuudet

Tuulivoimala voi perustua kahteen toimintaperiaatteeseen. Jos tuulivoimalassa on potkuri, toiminta perustuu lapoihin syntyvään aerodynaamiseen voimaan, joka saa potkurin pyörimään. Kyse on samasta voimasta, joka nostaa lentokoneen ilmaan. Näitä potkurivoimaloita kutsutaan myös vaaka-akselisiksi voimaloiksi (HAWT, horizontal axis wind turbine).

Toinen tuulivoimalatyypeistä on pystyakselinen voimala (VAWT, vertical axis wind turbine). Pystyakselisen voimalan toiminta voi perustua joko tuulen työntävään vaikutukseen, aerodynaamiseen voimaan tai näiden yhdistelmiin. Yksi tunnetuimmista pystyakselisista voimaloista on Savonius-tyyppinen voimala, joka on suomalainen 1920-luvulla tehty keksintö. Toinen pystyakselinen voimalatyyppi on Darrieus, jossa siivet pyörivät pystyasennossa.

Vaaka-akselinen potkurivoimala on edellä mainituista tuulivoimalaratkaisuista kustannustehokkain, koska potkurin avulla on edullisinta kattaa mahdollisimman suuri pinta-ala tuulta vasten. Pystyakseliset Savonius- ja Darrieus-voimalat tarvitsevat enemmän tuulta tuottaakseen saman tehon kuin potkurivoimalat eli niiden hyötysuhde on potkurivoimaloita pienempi. Pystyakseliset voimalat ovat kuitenkin vähemmän herkkiä turbulensseille eli ilman pyörteille.

Kuva 1: Perinteinen potkurivoimala ja suomalainen savonius voimala (kuvat Windspot ja Cypress Wind Turbines Oy)

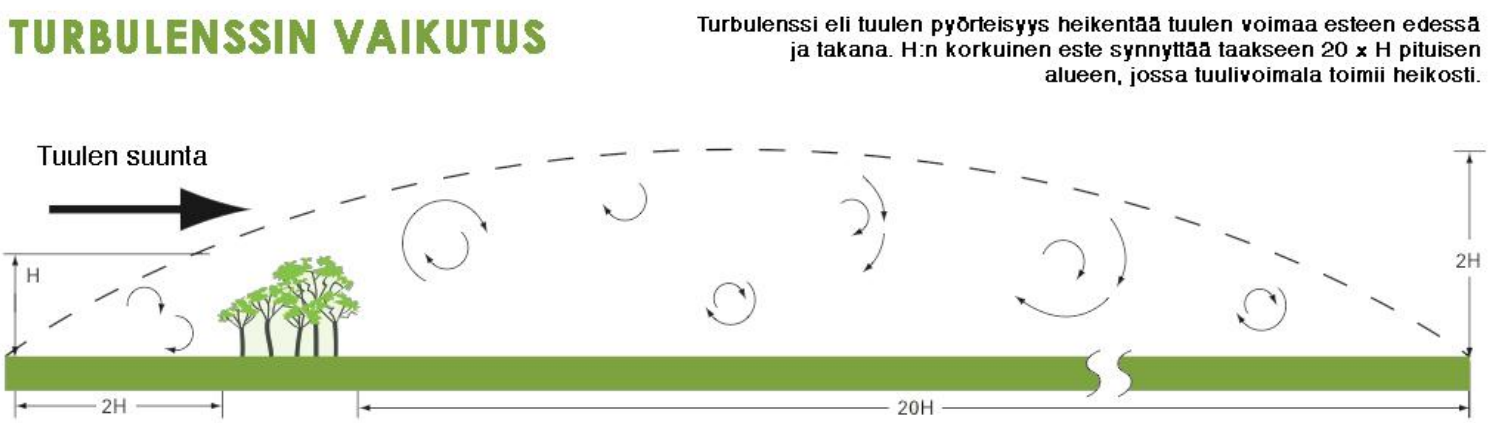
Asennuspaikka

Tuulivoimala tarvitsee tuulta toimiakseen, joten asennuspaikkaan tulee kiinnittää erityisen paljon huomiota. Ympäristö vaikuttaa paikan tuuliolosuhteisiin merkittävästi eikä kaikkialla tuule samalla tavoin. Valitulla sijoitusalueella pitää kiinnittää huomiota tuuliolosuhteiden kannalta parhaan mahdollisen paikan löytämiseen. Yleisesti ottaen tuulivoimala toimii hyvin paikassa, jossa vallitsevassa tuulensuunnassa on paljon avointa, esteetöntä aluetta, jolla tuuli voi kiihdyttää vauhtiaan.

Tuulivoimalalle sopivia asennuspaikkoja ovat rannikko ja saaristo, vesistöjen ääret ja peltoaukeat. Parhaimpia sijoituspaikkoja ovat kuitenkin kukkuloiden huiput, jolloin tuuli kerää lisää nopeutta noustessaan rinnettä ylös. Kaikki esteet, kuten rakennukset ja puut aiheuttavat tuuleen turbulenssia eli pyörteisyyttä. Pyörteisyys heikentää tuulen tehoa ja tuulen tempoilu myös rasittaa voimalaa ja lyhentää näin sen käyttöikää.

Mikäli vallitsevan tuulen suunnalla on esteitä, tuulivoimalan etäisyyden tulisi olla vähintään 10 kertaa esteen korkeus, jotta pyörteily vaimenee. Jos voimala on esteen, kuten rakennuksen tai metsän läheisyydessä, voimalan tulisi olla kaksi kertaa esteen korkeudella tai vähintään 7-10 m estettä ylempänä.

Toisinaan tuulivoimala halutaan asentaa rakennuksen katolle, koska silloin ollaan jo valmiiksi korkealla. Rakennus aiheuttaa kuitenkin tuuleen voimakasta pyörteilyä, josta siksi tuulivoimalan tulee olla vielä 10 m rakennuksen harjan yläpuolella. Kattoasennuksessa tulee huolehtia kiinnityskohtien vaimennuksesta, jotta tuulivoimalan värähtelyt eivät kulkeudu ääninä talon rakenteissa.



Kuva 2: Turbulenssin vaikutus tuuleen (Home Power Magazine)

Masto

Tuulivoimala asennetaan mastoon, joka on tavallisesti 15 – 30 m korkea. Maston tulee ulottua useita metrejä puuston yläpuolelle, jotta tuulivoimala voi hyödyntää mahdollisimman hyvin ilmavirtauksia. Maston perustyyppejä on kolme:

Harustettu masto on putki tai ristikkorakenne, joka on tuettu pystyyn harusvaijereilla. Harustettu masto on edullisin ratkaisu, koska sen ei tarvitse olla raskastekoinen. Harusvaierit vaativat puolestaan tilaa, joten kaikille tonteille ei harustettua mastoa pystytä asentamaan.

Itsestään seisova putkimasto on huippua kohden kapeneva, useista osista koottu masto. Putkimasto tarvitsee vahvan valetun perustuksen. Vaihtoehtoisesti perustus voi olla maanpinnan päällä oleva valmisperustus, joka tuodaan paikalleen nosturilla ja voidaan verhoilla esimerkiksi kukkapenkiksi.

Ristikkomasto on myös itsestään seisova masto, joka tarvitsee vahvan perustuksen. Ristikkomasto on putkimastoa kevyempi ja edullisempi vaihtoehto.

Tekniset ominaisuudet

Maailmalla on yli kaksisataa pientuulivoimavalmistajaa. Tähän joukkoon mahtuu kauan markkinoilla toimineita yrityksiä, uusia keksintöjä, laadukkaita voimaloita sekä halpatuontilaitteita.

Pientuulivoimala poikkeaa teollisista tuulivoimaloista vain kokonsa puolesta. Pientuulivoimaloiden laatuvaatimukset ovat samat kuin suurilla tuulivoimaloilla. Voimaloiden tulee pärjätä kovissa myrskyissä, mutta toimia hyvin jo heikoilla tuulilla, kestää pakkasta, sadetta ja muuta ympäristön kuormitusta.

Koska pientuulivoimaloiden vaatimukset ovat kovat, ostajan tulee kiinnittää erityistä huomiota laitteen kestävyyteen ja turvallisuuteen. Kansainvälinen insinöörijärjestö IEC on standardoinut pientuulivoimaloiden tekniset vaatimukset. IEC 61400-2, 2.ed. -standardin mukaan suunniteltua tuulivoimalaa voidaan pitää luotettavana

Kuva 3: Putkimasto valmisperustuksessa (vas.) ja ristikkomasto (oik.)

Varsinainen todiste luotettavuudesta on se, että voimala on *tyyppihyväksytty* jonkin kansainvälisen katsastuslaitoksen testaamana. Tyyppihyväksynnät ovat kuitenkin toistaiseksi harvinaisia, koska niiden toteuttaminen on kallista. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa on käytössä tyyppihyväksyntä MCS, joka vaaditaan tariffitukeen hyväksyttäviltä voimaloilta.

Melu

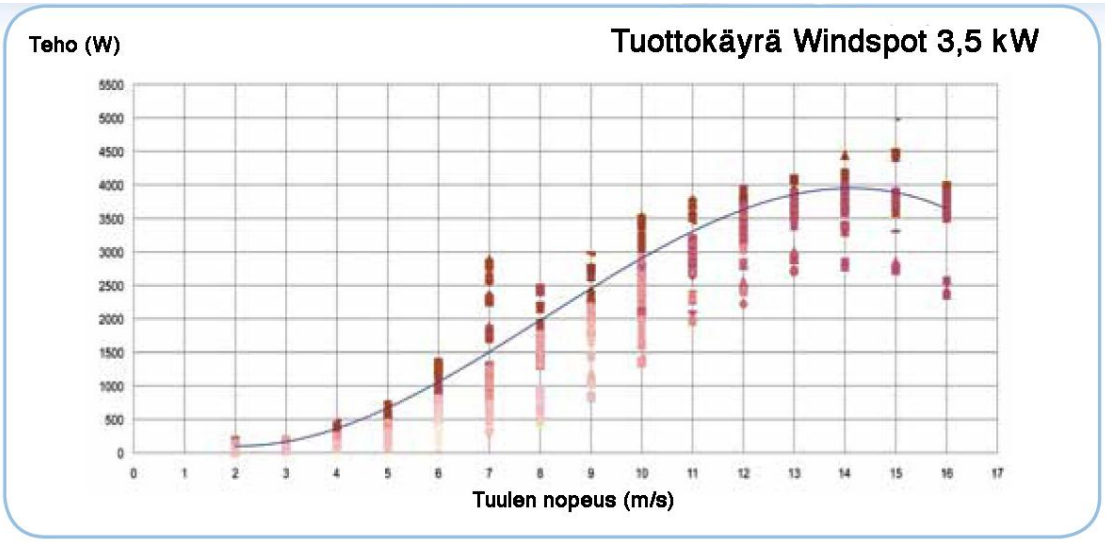
Tuulivoimala on mekaaninen laite, joten se synnyttää ääntä. Käytännössä pientuulivoimalan äänilähteenä ovat siivet, jotka pyörivät vinhasti. Siiven kärki voi pyöriä jopa niin lujaa, että se lähentelee puolta äänen nopeudesta. Tätä tapahtuu etenkin pienissä mökkivoimaloissa, joiden potkurin halkaisija on alle kaksi metriä.

Pientuulivoimaloiden synnyttämää ääntä on tutkittu kansainvälisesti. Nykyaikaisissa voimaloissa, joissa siivet on suunniteltu huolellisesti ja kierrosnopeus pysyy muutamissa sadoissa kierroksissa minuutissa, ääniongelmia ei juuri ole. Havaittavaa ääntä alkaa syntyä vasta, kun tuulen nopeus ylittää 8 m/s. Tällöin ympäristössä itsessäänkin syntyy luonnon omaa ääntä, mikä yleensä peittää tuulivoimalan äänen.

Tuottokäyrä

Tuulivoimalan on tarkoitus tuottaa sähköä tehokkaasti. Voimalan kykyä tuottaa sähköä eri olosuhteissa kuvataan valmistajan ilmoittamalla tuottokäyrällä. Tuottokäyrä kertoo kuinka paljon sähköä voimala tuottaa milläkin tuulennopeudella. Tuottokäyrää tulkittaessa kannattaa kiinnittää huomiota siihen, kuinka paljon tehoa voimalasta saadaan yleisimmillä tuulennopeuksilla eli 4 - 6 m/s -luokassa.

Tuulivoimalat myydään usein nimellistehon mukaan, mutta vain tuottokäyrästä selviää onko voimalan nimellisteho ilmoitettu matalan vai korkean tuulennopeuden mukaan. Esimerkiksi kuvassa neljä on tuottokäyrä tuulivoimalalle, jonka nimellistehoksi on ilmoitettu 3,5 kW. Jos nimellisteho on ilmoitettu esim. 8 m/s tuulelle, on lukema totuudenmukaisempi arvio kuin, jos se ilmoitetaan 12 m/s tuulelle, joka on Suomen oloissa harvinaisen voimakas myrskytuuli.



Kuva 4: Tuulivoimalan tuottokäyrä

Tuottokäyrästä on tärkeä varmistaa, että se on mitattu todellisissa olosuhteissa joko valmistajan itse tekemänä tai riippumattoman ulkopuolisen tahon varmentamana. Jos myyjä ei voi toimittaa todellisia mittaustietoja, niin tuottokäyrän todenmukaisuudesta ei ole mitään vakuutta.

Siipien määrällä ei ole juuri vaikutusta voimalan sähköntuotantoon ja jopa yhdellä siivellä toimivia voimaloita on olemassa. Esimerkiksi viisi siipeä voi toimia matalissa tuuliolosuhteissa herkemmin kuin kolme siipeä, mutta ero on hyvin pieni. Jos siipien määrä kasvaa suureksi, voimalan pyörintänopeus laskee, kun taas vääntömomentti kasvaa. Tästä syystä useampisiipisiä voimaloita käytetään veden pumppaukseen.

3. Perustietoa tuulivoimaloiden vertailun avuksi

Tuulivoimala saa energiansa tuulesta, joten mitä enemmän tuulta on käytössä, sitä tehokkaammin tuulivoimala toimii. Tuulivoimalan toimintateho voidaan määritellä matemaattisesti seuraavan kaavan mukaan.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cp \cdot A \cdot V^3$$

jossa

ρ = ilman tiheys, $\frac{kg}{m^3}$

Cp = tehokerroin

R = lavan pituus, m

A = $\pi \cdot R^2$ eli pyyhkäisypinta-ala

V = tuulen nopeus, m/s

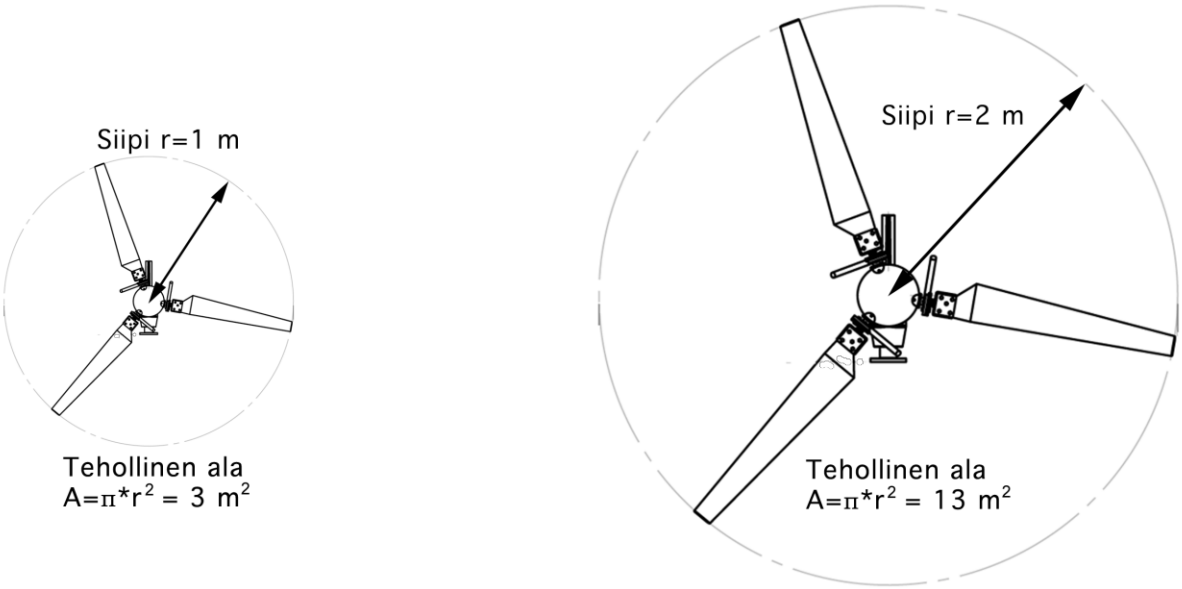
Tämän kaavan ymmärtäminen auttaa meitä tuulivoimalan valinnassa.

Pinta-ala

Mitä suuremmalla pinta-alalla tuulesta voidaan varastaa energiaa, sitä enemmän energiaa saadaan talteen. Tällä perusteella kahta tuulivoimalaa on helppo verrata. Jos toisen voimalan potkurin koko on 10 m^2 ja toisen 20 m^2, niin jälkimmäinen on silloin todennäköisesti kaksi kertaa tehokkaampi.

Potkurivoimaloissa pinta-ala lasketaan kaavalla $\pi * r^2$, jossa r on ympyrän säde eli sama kuin tuulivoimalan siiven pituus ja π luonnonvakio pii eli 3,14. Tästä johtuen pinta-ala ei kasva vain kaksinkertaiseksi siiven pituuden kaksinkertaistuessa, vaan se nelinkertaistuu!

Jos yhden voimalan siiven pituus on 1 metri ja toisen 2 metriä, niin näiden voimaloiden kattamat pinta-alat ovat 3,14 m^2 ja 12,6 m^2. Suurempi voimala on todennäköisesti neljä kertaa pienempää tehokkaampi.



Kuva 5: Siiven pituuden vaikutus potkurin työpinta-alaan.

Oheisessa taulukossa on esitetty eri tehoisten voimaloiden kokoluokkia.

Potkurin halkaisija (m)	Generaattorin koko (kW)	Vuosituotanto (kWh)
2 - 3	0,2 - 1	< 1 000
3 - 4	1 - 3	1 000 – 3 000
4 - 6	3 - 5	3 000 – 7 000
6 - 10	5 - 10	7 000 – 25 000

Tuulennopeus

Mitä nopeammin tuulee, sitä enemmän tuulessa on energiaa. Mutta tämä asia on vielä enemmän totta, kuin voisi kuvitella. Äskeisessä kaavassa tuulivoimalan teho P riippuu tuulen nopeuden potenssista kolme, eli nopeus kerrotaan kolme kertaa itsellään. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuulen nopeuden kaksinkertaistuessa energian määrä kahdeksankertaistuu.

Tuulen nopeuden vaikutusta tuulivoimalasta saatavan energian määrään voidaan hahmottaa vertaamalla kahta päivää, joiden keskituulennopeudet ovat 3 m/s ja 5 m/s Kun lasketaan nämä nopeudet potenssiin, niin saadaan kaksi vertailuarvoa: 27 (=3*3*3) ja 125 (=5*5*5). Tuulisempana päivänä tuulivoimala tuottaa siis lähes viisi kertaa enemmän energiaa kuin heikkotuulisena päivänä.

Tuulivoimala tulee siis asentaa paikkaan, jossa on mahdollisimman tuulista. Tähän on usein yksinkertainen ratkaisu. Mitä korkeammalle tuulivoimala asennetaan, sitä enemmän tuulta se vastaanottaa.

Voimalan tehokerroin C_p ja hyötysuhde

Kaikilla teknisillä laitteilla on hyötysuhde, joka kertoo kuinka hyvin ne toimivat. Myös tuulivoimaloissa on osia, jotka vaikuttavat voimalan hyötysuhteeseen.

Lisäksi tuulivoimalalla on fysikaalinen toimintarajoitus; se ei voi ottaa tuulesta kaikkea energiaa pois, koska silloin ilman pitäisi pysähtyä tuulivoimalan taakse. Hyötysuhteen teoreettinen maksimi on 59 % tehokerroin, mutta erilaisista häviöistä johtuen se on aina pienempi. Käytännössä pientuulivoimalat toimivat useimmin n. 30–40 % tehokertoimella. Seuraavat tekijät vaikuttavat siihen kuinka hyvin tuulivoimala toimii.

Siivet

Tuulivoimalan siipien suunnittelu on haasteellinen tehtävä, koska siiven pitää toimia monilla eri tuulennopeuksilla ja pyörimisnopeuksilla. Siipi voidaan suunnitella toimimaan hyvin matalilla tuulennopeuksilla, jolloin tuulivoimala soveltuu käytettäväksi sisämaassa tai vaihtoehtoisesti voimakkailla tuulilla, jolloin tuulivoimala on tarkoitettu rannikolle tai saaristoon. Siiven toiminnasta kertoo se, millä tuulennopeudella valmistaja ilmoittaa tuulivoimalan tuottavan nimellistehon verran energiaa.. Nopeus voi olla esimerkiksi 8 m/s tai 11 m/s. Suomen sisämaan olosuhteissa parhaiten toimivat siivet, jotka on mitoitettu matalille tuulennopeuksille.

Vaihteisto, laakerit ja generaattori

Pientuulivoimaloissa ei tavallisesti ole vaihteistoa, vaan potkuri on suoraan kiinni generaattorin akselissa. Vaihteisto kuluttaisi hitusen energiaa hukkaan, mutta ennen kaikkea sen paino ja vaatima huolto tekevät siitä epäkäytännöllisen pientuulivoimaloissa.

Pientuulivoimaloiden generaattori on tavallisesti kestomagneettigeneraattori eli samanlainen kuin polkupyörän dynamo. Generaattorin sähköntuotantoon voidaan vaikuttaa kahdella tavalla: joko pyörittämällä sitä hyvin nopeasti tai käyttämällä vahvoja magneetteja.

Jos tuulivoimalan pyörimisnopeus on hyvin suuri, esimerkiksi 3 kW:n tehoiselle voimalle yli 300 kierrosta minuutissa (RPM), voimalan valmistuksessa on käytetty heikkoja magneetteja. Korkean pyörimisnopeuden saavuttamiseksi tarvitaan voimakkaita tuulia, joten tällainen voimala soveltuu heikommin sisämaan asennuskohteisiin Suomessa. Korkea pyörimisnopeus kasvattaa myös voimalan mekaanista rasitusta ja vaikuttaa sen kestävyyteen. Lisäksi nopeasti pyörivät siivet voivat synnyttää enemmän ääntä.

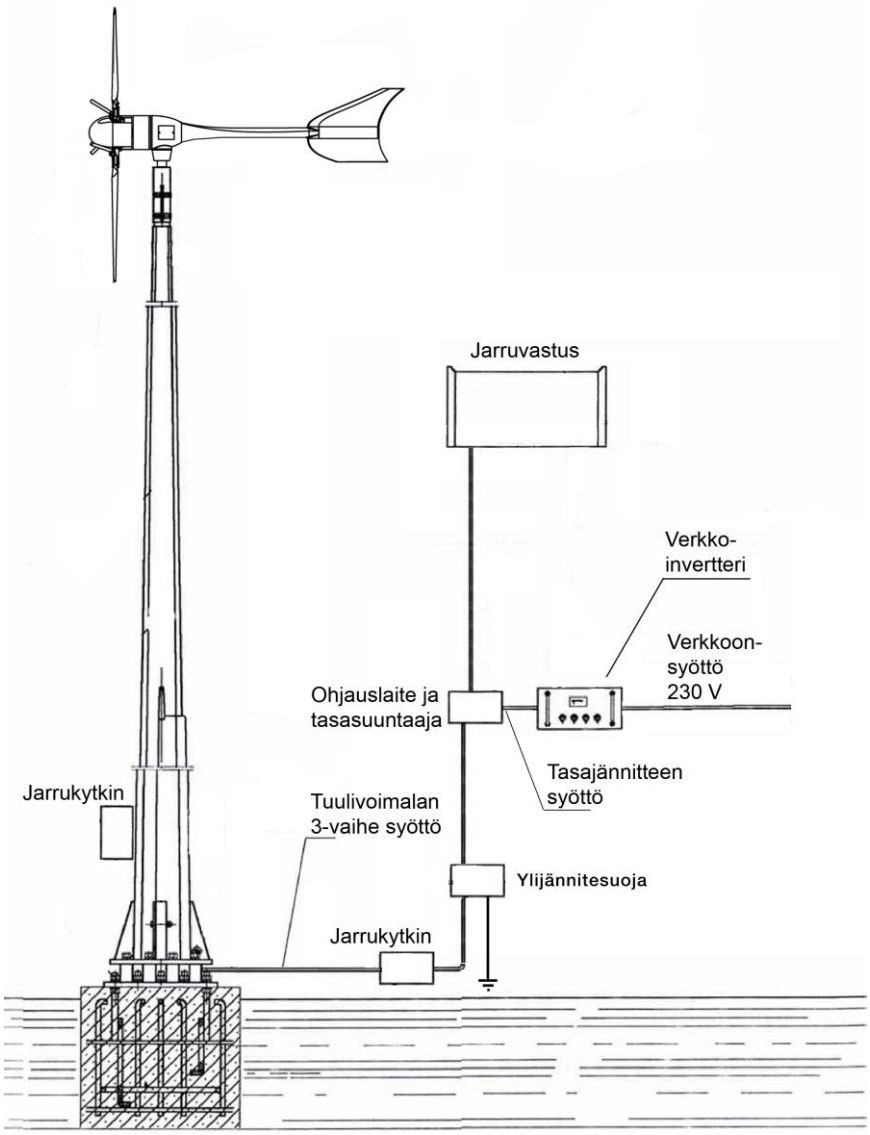
Generaattorin voimakkaat magneetit lisäävät tuulivoimalan painoa, jolloin voimalan pystyttäminen voi olla hankalampaa. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että painavammat voimalat ovat yleensä kestävimpiä.

Hyvän generaattorin tunnistaa myös siitä, että se lähtee kevyesti pyörimään. Voimalan laakerointi on silloin toteutettu hyvin. Silloin jo kevyt tuuli saa sen pyörimään. Laakeroinnin toimivuuden voi helposti todeta pyörittämällä generaattoria kädellä akselista tai siiven tyvestä.

4. Tuulivoimalan käyttötavat

Tuulivoimalalla tuotetaan tavallisesti sähköä, vaikkakin tuulivoimalaa voidaan käyttää myös veden pumppaamiseen. Kiinteistökäytössä helpoin tapa hyödyntää tuulivoimaa on muuttaa sen tuottama sähkö tavalliseksi verkkosähköksi. Tuulivoimala voidaan kytkeä myös osaksi kiinteistön sähkölämmitysjärjestelmää esimerkiksi vesivaraajaan tai sillä voidaan tuottaa peruslämpöä talven aikana kesämökillä.

Kolmas vaihtoehto on akkukäyttö. Se on yleisin kesämökkikäytössä paikoissa, joissa sähköverkkoa ei ole saatavilla, mutta akkuja voidaan käyttää myös silloin kun halutaan rakentaa varajärjestelmä sähkökatkojen varalta.



Kuva 6: Tuulivoimalajärjestelmän osat

Tuulivoimalajärjestelmään kuuluvat kuvassa 6 nähtävät osat. Tuulivoimala tuottaa tuulen mukaan vaihtelevaa sähköä, joka tasasuunnataan ensin tuulivoimalan ohjauslaitteella. Ohjauslaite syöttää sähkön eteenpäin invertterille tai akuille. Mikäli sähköä ei voida käyttää, ohjauslaite kytkee päälle jarruvastuksen. Jarruvastuksen tehtävä on jarruttaa tuulivoimala ja jopa pysäyttää se. Siihen ohjataan tuulivoimalan tuottama sähkö, jolloin se kuumenee voimakkaasti. Jarruvastus on kuitenkin harvoin käytössä, lähinnä vain silloin, jos akut ovat täynnä tai sähköverkko on poikki.

Verkkoonsyöttö

Tuulivoimalan sähkö voidaan muuttaa normaaliksi ”töpselisähköksi”, eli yksivaiheiseksi 230V verkkojännitteeksi. Muunnos tapahtuu vaihtosuuntaajaksi tai verkkoinvertteriksi kutsutulla laitteella.

Verkkoinvertteri toimii siten, että se tunnistaa sähköyhtiöltä tulevan sähkön taajuuden ja jännitteen ja syöttää sen rinnalle tuulivoimalasta tulevan sähkön. Verkkoinvertteri on kytketty sulaketauluun ja se syöttää tätä kautta sähköä kiinteistöön. Tällöin tuulivoimalan tuottama hyöty näkyy suoraan säästönä sähkölaskussa.

Jos tuulivoimalan tuottama sähkö ei riitä kokonaan omaan kulutukseen, niin tarvittava osuus otetaan sähköverkosta. Tilanteen ollessa toisinpäin, eli tuulivoimalan tuottaessa enemmän sähköä, kuin kiinteistössä kulutetaan, ylijäämä siirtyy verkon puolelle yleiseen käyttöön.

Ylijäämän tuotannosta ei Suomessa toistaiseksi saa korvausta sähköyhtiöltä. Useissa maissa on käytössä netotukseksi kutsuttu menettely, jossa esim. yöllä tuotettu ylijäämäsähkö hyvitetään sähkölaskussa. Suomessa tätä ei ole vaadittu lainsäädännöllisesti, vaikka paikallisia kokeiluja on meneillään joidenkin sähköyhtiöiden kanssa. Netotuksen mahdollisuutta voi tiedustella omalta sähköyhtiöltä.

Jos sähköverkkoon tulee vika, myös verkkoinvertteri lopettaa automaattisesti sähkön tuotannon. Tämä on sähköverkkojen turvallisuusvaatimus. Verkkoinvertteri ei siis toimi yksin varavirtajärjestelmänä, vaan sellaiseen tarvitaan aina myös akut.

Jos verkkoon syötetään yksivaiheista sähköä, saa tuulivoimala Suomessa Energiateollisuus ry:n suositusten mukaisesti olla teholtaan korkeintaan 3,7 kW. Tätä tehokkaampien tuulivoimaloiden pitää syöttää kolmivaihevirtaa.

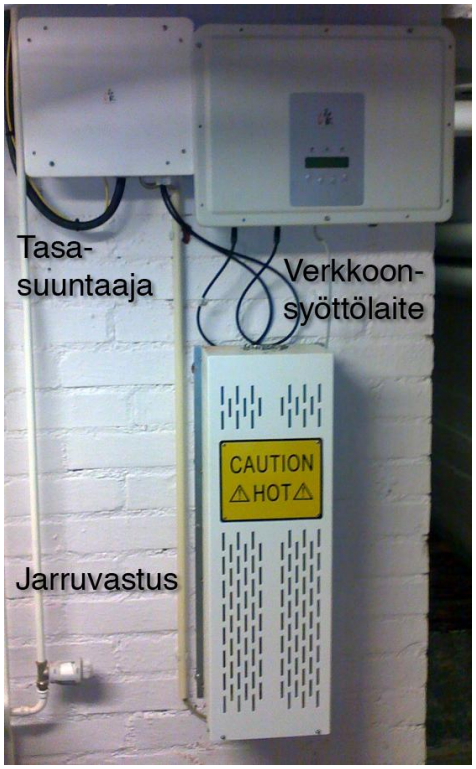
Verkkoinvertterin kytkentään tarvitaan aina sähköyhtiön lupa ja laitetta ei saa ottaa käyttöön ennen sähköasentajan suorittamaa käyttöönottoa.

Sopivan verkkoinvertterin valinnassa ja asennustöiden suorittamisessa auttaa tuotteen jälleenmyyjä. Ennen kuin hankitaan verkkoonsyöttävä tuulivoimala, tulee keskustella paikallisen sähköverkkoyhtiön kanssa siitä, mitä vaatimuksia heillä on verkkoinvertterin teknisten ominaisuuksien suhteen.

Verkkoinvertterin valinnassa tulee huomioda että se vastaa Suomessa voimassa olevia sähköverkkostandardeja. Energiateollisuus ry. on antanut näistä asetusarvoista suosituksen, jota useimmat sähköyhtiöt noudattavat. Kaikki

markkinoilla olevat verkkoinvertterit eivät täytä suomalaista suositusta, vaan voivat olla jonkin toisen eurooppalaisen maan verkkostandardin mukaiset. Ennen verkkoinvertterin ostamista tulee tarkistaa sähköyhtiöltä, että kyseinen laite hyväksytään kytkettäväksi sähköverkkoon. Tampereella asuvat ovat Tampereen Sähkönmyynti Oy:n sähkönjakelun piirissä. Yhteystiedot löytyvät oppaan viimeiseltä sivulta.

Verkkoinvertterien hintaluokka 2-3 kW koossa on n. 2-3.000 euroa (2012).



Kuva 7: Ohjauslaite, jarruvastus ja 2kW tehoinen verkkoinvertteri

Lämmityskäyttö

Tuulivoimala voidaan kytkeä osaksi lämmitysjärjestelmää, esim. vesivaraajan vastuksiin. Lämmityskäyttöä varten tarvitaan omanlaisensa lämmityssäädin, joka osaa kytkeä esimerkiksi erisuuruisia lattialämmityksen vastuksia termostaatin ohjaamana päälle.

Jotkin tuulivoimalat on mahdollista kytkeä järjestelmään käyttämällä yksinkertaista elektronista ohjauslaitetta suoraan yksittäiseen lämmitysvastukseen. Yksinkertaisten ohjauslaitteiden hintaluokka on muutamia satoja euroja ja monipuolisempi säädin on puolestaan n. 2 000 euroa (2011).

Jos tuulivoimalla halutaan kokonaan turvata kiinteistön lämmitys, tarvitaan omakotitalon kokoluokassa vähintään 5 kW tehoinen tuulivoimala.

Kuva 8: Tuulivoimalan lämmityssäädin (Finnprop Oy)

Akku- ja varavoimakäyttö

Toistaiseksi yleisin tapa käyttää tuulivoimaa on mökkikäyttö, jolloin voimala on kytketty lataamaan akkuja. Akkujännite on 12V – 48V ja yleensä sitä korkeampi mitä suuremmasta käyttötarpeesta on kyse.

Haja-asutusalueella sähköliittymän kustannukset ovat tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia euroja, joten itse toteutettu energiantuotanto tulee edullisemmaksi etenkin vähäisemmässä kesämökkikäytössä.

Mikäli asuinkiinteistöön halutaan olla omaa tuotantoa sähkökatkojen varalta, voidaan tuulivoimalalla toteuttaa itsenäinen ns. saarekeverkko, joka otetaan käyttöön sähköverkon katketessa. Saarekeverkossa akut tasaavat tuulivoimalan vaihtelevaa tuotantoa kulloisenkin kulutuksen mukaiseksi.

5. Tuulivoimaprojekti käytännössä

Kun tuulivoimahanke on edennyt niin pitkälle, että ollaan valmiita tekemään hankintapäätös, täytyy ryhtyä käytännön toimiin.

Tuulivoimalan asentamista varten tarvitaan taajamassa rakennus- tai toimenpidelupa. Asennusluvista voi kysyä kaupungin rakennusvalvonnasta, jonka yhteystiedot löytyvät oppaan lopusta. Lupahakemukseen tarvitaan naapurien kuuleminen, mikä tarkoittaa naapurien tiedottamista hankkeesta.

Pientuulivoimala voi aiheuttaa naapureille melu- ja vilkkumishaittoja. Vilkkumisella tarkoitetaan tilannetta, että aurinko paistaa tuulivoimalan pyörivien siipien takaa ja siipien liike saa auringon vilkkumaan. Vilkkumisilmiötä esiintyy kuitenkin harvoin, koska pientuulivoimalan potkuri on pieni ja siivet pyörivät nopeasti. Laadukkaiden pientuulivoimaloiden synnyttämä ääni on tuskin havaittavaa eikä aiheuta haittaa.

Jos tuulivoimala kytketään invertterillä sähköverkkoon, tulee sähköverkkoyhtiöltä kysyä tarvitaanko siihen lupa.

Seuraava vaihe on itse tuulivoimalan ja maston valinta. Maston valintaan vaikuttaa käytettävissä olevan tontin pinta-ala. Ennen asennusta tulee selvittää mahtuuko masto kääntymään juuressa olevan saranan avulla vai pitääkö se nostaa nosturilla paikalleen. Lisäksi pitää selvittää mahtuuko masto kääntymään tontilla alas huoltoa varten, vai täytyykö myös huolto suorittaa nosturin avulla. Jos joudutaan käyttämään nosturia, tulee selvittää onko tontilla tarpeeksi tilaa nosturille.

Tuulivoimalan valinnassa tulee olla huolellinen. Ennen voimalan valintaa kannattaa selvittää onko myyjän tarjoamasta tuulivoimalasta käytännön toimivia esimerkkejä lähiseudulta. Lisäksi pitää tarkistaa minkälaisen takuun maahantuoja myöntää laitteelle ja täyttääkö tuulivoimala tekniset ja turvallisuuden edellyttämät vaatimukset. Suomen tuulivoimayhdistys on julkaissut ostajan ohjeet, joihin voi tutustua yhdistyksen verkkosivuilla.

Kun pientuulivoimalahankkeelle on saatu lupa sekä sähköyhtiöltä että rakennusvalvonnalta, projekti voi alkaa. Perustuksien rakentaminen vaatii kaivuu- ja valutöitä ja sähköasentajaa tarvitaan suorittamaan kytkennät. Lisäksi voimalan kokoaminen ja maston pystytys ovat ammattitaitoa vaativia tehtäviä.

Tuulivoimala vaatii myös ajoittaista huoltoa, joka vaihtelee laitekohtaisesti. Tyypillisesti vuoden tai kahden välein voimalan laakerit tulee rasvata, pulttien tiukkuus tarkistaa ja siivet puhdistaa.

6. Kannattaako tuulivoimala hankkia?

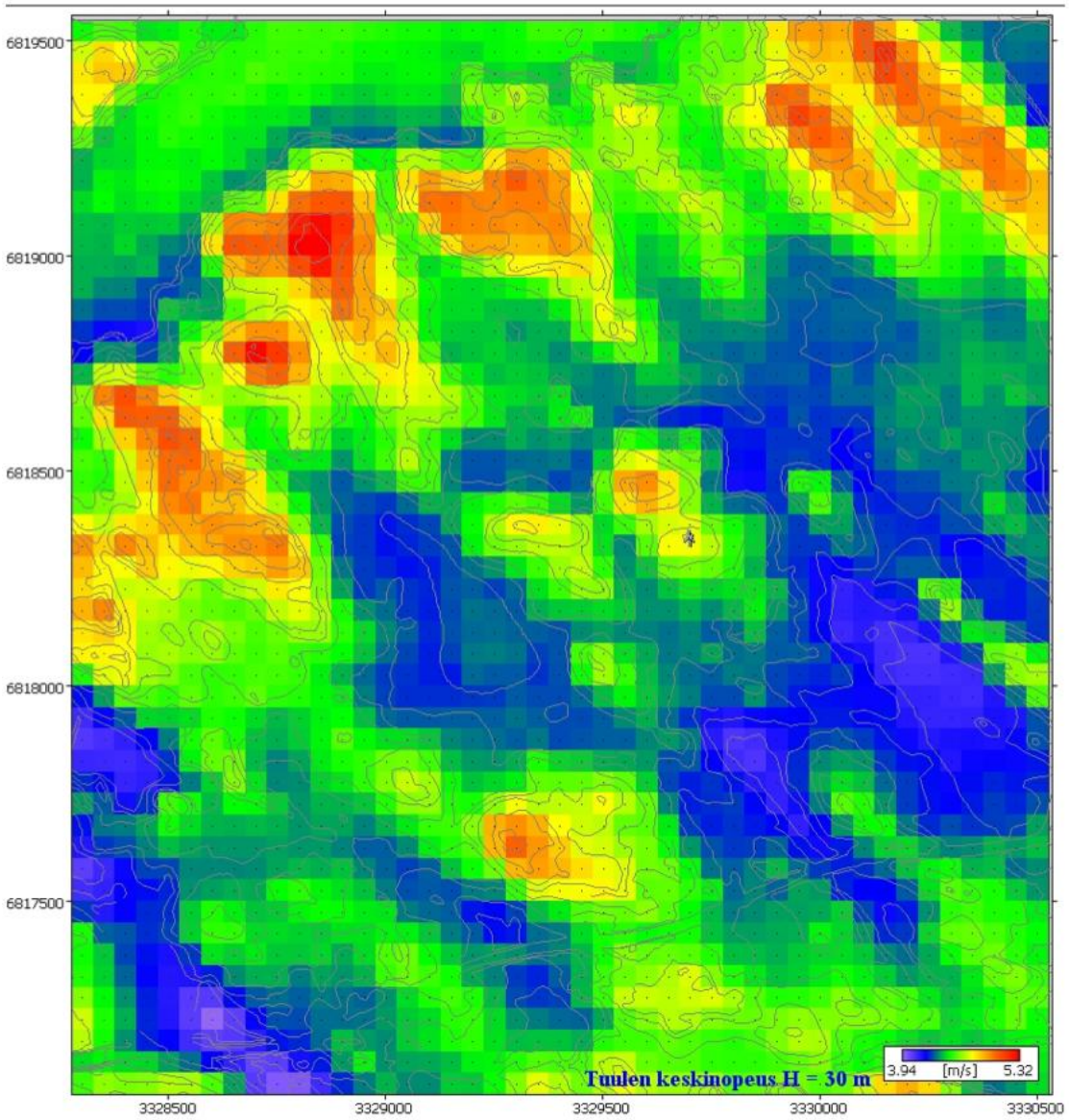
Asennuspaikan ympäristö ja tuuliolosuhteet vaikuttavat eniten tuulivoimalan taloudelliseen kannattavuuteen. Suomessa sisämaan tuuliolosuhteet ovat luokkaa 2,5 – 4 m/s, jossa jälkimmäistä voi pitää jo todella hyvänä arvona. Se saavutetaan korkealla mastolla tai edullisessa maastossa, kuten korkealla kukkulalla tai rannikolla.

Tuulivoimalan asentamista harkittaessa ensimmäinen selvitettävä asia onkin tuulen voimakkuus. Tuulitietoja voi tiedustella kaupungilta, esim. Vuoreksen alueella on suoritettu tuulimittauksia ECO2 – Energiatehokasta Tampere 2020 -projektissa juuri pientuulivoimaloiden hankintaa ajatellen. Selvityksen tulokset löytyvät hankkeen verkkosivuilta http://www.eco2.fi/hankkeet/tampereella-tuulee/.

Mikäli tuulitietoja ei ole, olosuhteita voidaan arvioida laskennallisin menetelmin käyttäen hyväksi Ilmatieteenlaitoksen Tuuliatlasta. Tuuliatlakseen on arvioitu Suomen tuuliolosuhteita suurtuulivoimaa ajatellen, jonka takia tuulitiedot on ilmoitettu yli 50 m korkeudelle. Pientuulivoimalat ovat kuitenkin vain 10 – 30 m korkeudessa, joten Tuuliatlaksen tuulitiedot antavat pientuulivoimalaa harkitsevalle vain viitteellistä tietoa siitä kuinka tuulinen paikka on.

Oheisessa kartassa on laskennallisesti arvioitu tuuliolosuhteita Vuoreksen alueella. Kartta osoittaa arvioidun keskimääräisen tuulennopeuden 30 m korkeudessa. Parhaat tuulet esiintyvät mäkien laella. Tuulen nopeudet on ilmoitettu kartassa väreillä, joista punainen vastaa tuuliluokkaa 5 m/s. Pientuulivoimala asennetaan

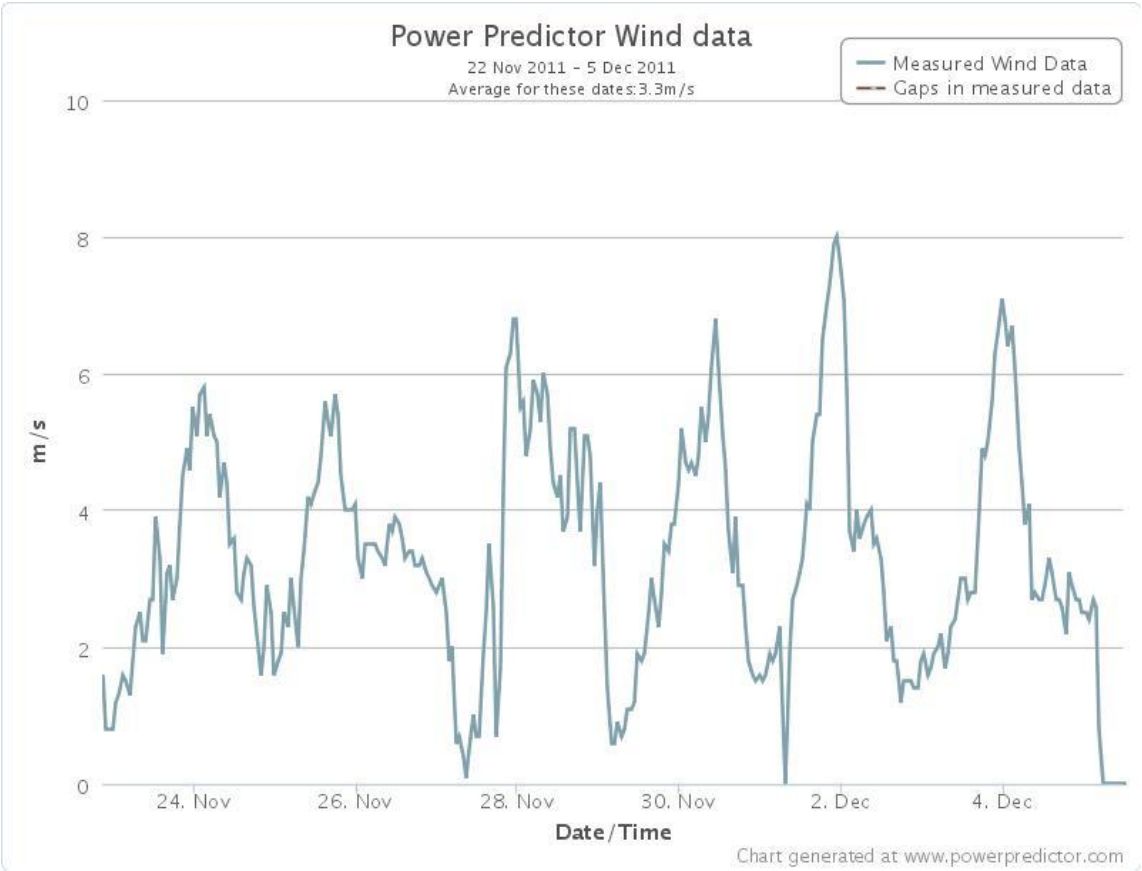
harvoin näin korkealle, siksi tuulen nopeudet ovat käytännössä kartan arvoja alhaisemmat.



Kuva 9: Keskituulennopeus Vuoreksen alueella (© Tuulitaito Oy 2011)

Yksinkertaisin ja luotettavin tapa on asentaa oma tuulimittari ja mitata tuuliolosuhteita itse. Pientuulikäyttöön tarkoitetut mittarit maksavat muutamia satoja euroja. Mittauksia varten tarvitaan usein myös masto, joka voidaan vuokrata mittalaitteita myyviltä yrityksiltä.

Kuvassa 10 nähdään Vuoreksen alueella suoritetun tuulimittauksen tulokset marras-joulukuun vaihteelta 2011. Tänä mittausaikana tuulen nopeus on ollut keskimäärin 3,4 m/s, jota voidaan pitää keskinkertaisena tuloksena. Mittaus on suoritettu 18 m korkeudelta mastossa, joka oli asennettuna Vuoreksen alueen jätteenkäsittelylaitoksen takaisen kukkulan laelle.

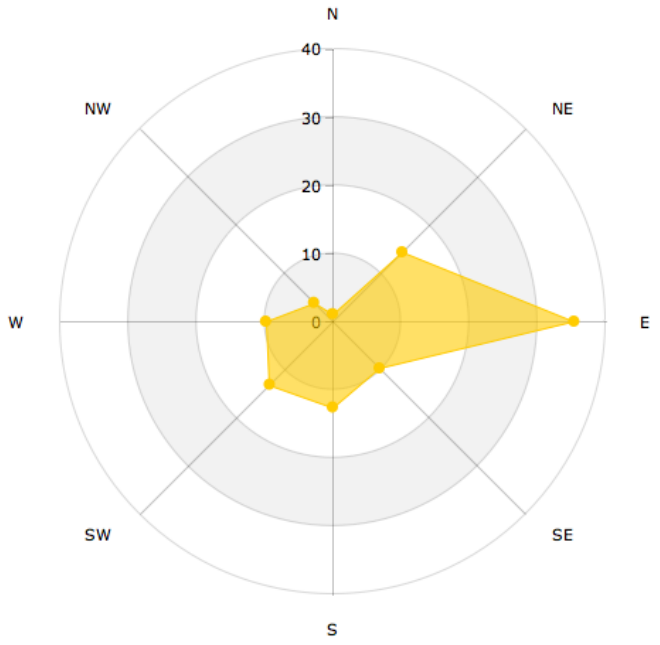


Kuva 10: Tuulimittaus

Tuulimittauksen yhteydessä tallennetaan tietoa myös tuulen suunnasta. Kuvassa 11 esitetystä tuuliruususta nähdään missä määrin eri ilmansuunnista tuulee. Tästä kuvasta on hyötyä kun mietitään tuulivoimalan asennuspaikkaa. Jos siinä suunnassa, mistä tuulee eniten, on esteitä kuten rakennuksia tai puustoa, tulee huolehtia siitä että voimala asennetaan riittävästi näiden esteiden yläpuolelle.

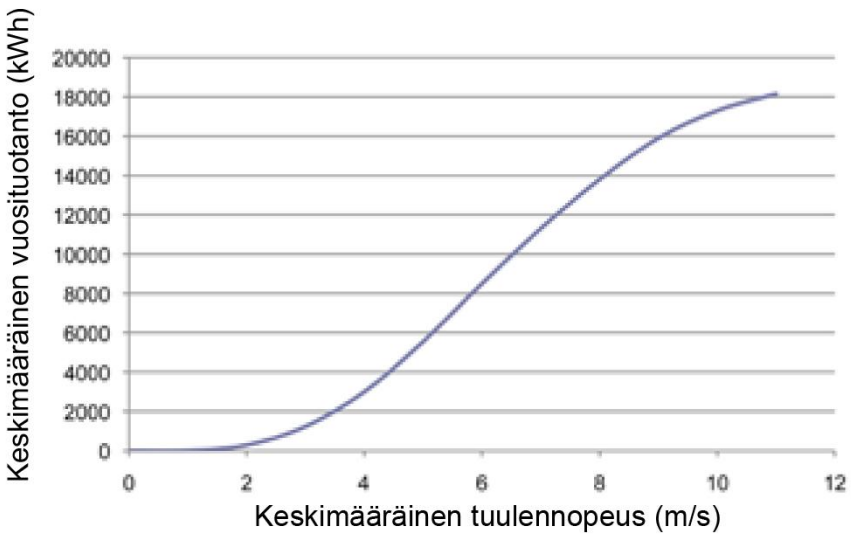
Tuulimittauksen tulisi kestää useita kuukausia ja mieluusti jopa vuoden. Tämä johtuu siitä, että eri vuodenaikoina tuuliolosuhteet vaihtelevat huomattavasti. Kun tuuliolosuhteet on mitattu, keskituulennopeutta verrataan valmistajan tuulivoimalalle ilmoittamaan tuottoarvioon. Tuottoarvio on kuitenkin aina arvio, koska luonnonolosuhteet vaihtelevat. Oheisesta tuottokäyrästä nähdään, että 3,5 kW:n tehoisen voimalan tuotanto 3,5 m/s keskituulessa on vuodessa 2 000 kWh.

Tuulivoimala kannattaa mitoittaa siten, että sen keskituotanto on samaa luokkaa kuin kiinteistön keskikulutus. Oman keskimääräisen kulutuksen voi katsoa sähkölaskusta tai kysyä sähköyhtiöltä neuvoa. Tuulivoimalan ei kannata olla keskimääräiseltä teholtaan omaa kulutusta suurempi ellei ylituotantosähköä voida myydä sähköyhtiön verkkoon.



Kuva 11: Tuuliruusu kertoo tuulen suuntajakauman

Käytännössä pientuulivoimaloiden tehot ovat aina normaalin omakotitalon keskikulutuksen alapuolella. Pientuulivoimalan kapasiteettiarvo on luokkaa 15 %, joka tarkoittaa sitä, että voimala toimii keskimäärin 15 % teholla nimellistehostaan. Eli 5 kW tehoinen voimala tuottaa keskiarvona 750 W sähköä vuoden jokaisena tuntina.



Kuva 11: Tuulivoimalan vuosituottokäyrä

Tuulivoimalan hankinta on ennen kaikkea päätös uusiutuvan energian puolesta. Jokaisella itse tuotetulla kilowattitunnilla säästää 0,75 kg hiilidioksidipäästöjä hiilellä tuotettuun sähköön verrattuna.

7. Lisätietoja

Suomen tuulivoimayhdistys:
Pientuulivoimalan ostajan opas
http://www.tuulivoimayhdistys.fi

SEPEN: tuulivoimaloiden testaus-raportteja englanniksi ja ranskaksi
http://www.sepen-montplaisir.fr

BWEA: Iso-Britannian tuulivoima-yhdistyksen pientuulivoimaa käsittelevät sivut
http://www.bwea.com/small

Home Power Magazine -aikakauslehti
http://www.homepower.com

ECO_2- Ekotehokas Tampere 2020:
www.eco2.fi

Nordic Folkecenter
Tietoa pientuulivoimasta kuluttajille
http://www.folkecenter.net

Tampereen Sähköverkko Oy
p. (03) 5653 5112
Käyntiosoite:
Voimakatu 11 (ent. Jokikatu 5)
33100 Tampere
Sähköposti: kirjaamo@sahkolaitos.fi
Postiosoite: PL 175, 33101 Tampere

Tampereen rakennusvalvonta
rakennusvalvonta@tampere.fi
p. 03 5656 6909
Käyntiosoite:
Frenckellinaukio 2 B
PL 487
33101 Tampere
toimisto auki ma - pe 9.00 - 15.00

Tämä opas on julkaistu osana Tampereen kaupungin ECO_2 – Ekotehokas Tampere 2020 -hanketta.