



Kaupunkituulivoiman laitetarjonta ja markkinakatsaus

**Kaupunkituulivoima – käyttöönoton edellytykset ja kannattavuus
(SMARTCITYWIND)**

Kestävät energijärjestelmät -tutkimusryhmä



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Suomalaisen verkkokauppojen laitetarjonta.....	1
2.1 TESUP Suomi.....	1
2.2 Vihreä Watti Oy.....	2
2.3 Oy Windside Production Ltd.....	4
3 Kansainvälinen laitetarjonta.....	4
3.1 CDON -verkkokauppa.....	4
3.2 Flower Turbines.....	4
3.3 Freen.....	5
3.4 Istabreeze.....	6
3.5 RidgeBlade.....	7
4 Yhteenveto ja markkinoiden kehitysnäkymä.....	8
Lähteet.....	9

1 Johdanto

Tämä raportti on kirjoitettu osana Kaupunkituulivoima – käyttöönoton edellytykset ja kannattavuus (SMARTCITYWIND) -hanketta. Raportissa tehdään markkinakatsaus kaupunkiympäristöön soveltuviin pientuulivoimaloiden laitetarjontaan, jota varten tarkastellaan sekä kotimaisten että kansainvälisten pientuulivoimaloiden ja verkkokauppojen tarjontaa. Kaupunkiympäristössä käytettävien pientuulivoimaloiden tulee lähtökohtaisesti olla asennettavissa kiinteistöjen katoille, mutta tähän raporttiin on sisällytetty myös maahan asennettavia laitteistoja. Yleisesti voidaan todeta, että laitteistokanta on monipuolistunut edellisen kahden vuoden aikana ja laitteiden hinnat ovat laskeneet. Tyypillinen pientuulivoimalan laitteistokokonaisuus sisältää turbiinin, generaattorin, asennusjalustan, lataussäätimen, invertterin ja akuston.

Pientuulivoimaloiden laitetiedot perustuvat pitkälti valmistajien ilmoittamiin arvoihin, eikä tarjolla ole puolueettoman tahon varmentamaa tietoa. Tässä raportissa esitettävää laitetarjontaa tulee lukea tämä asia mielessä. Laitteistoista saatavilla oleva tieto on myös todella erilaista ja tietoa on saatavilla vaihtelevasti riippuen valmistajasta sekä laitteen kehitysvaiheesta. Pidempään markkinoilla olleista laitteista on saatavilla paljonkin tietoa, kun taas markkinoille murtautuvista kehitysvaiheessa olevista laitteista on luonnollisesti rajallisemmin tietoa. Laitteistojen vertaileminen suoraan keskenään on täten haastavaa. Tämän vuoksi jokaisen laitevalmistajan tarjonta esitetään omana kokonaisuutenaan ja lopun yhteenvedossa tuodaan esille laitteiden yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia niiltä osin, kun niitä on järkevää vertailla.

2 Suomalaisen verkkokauppojen laitetarjonta

2.1 TESUP Suomi

TESUP on perustettu 2016 Lontoossa ja sillä on toimintaa yli 30 maassa, myös Suomessa. TESUP:lla on tarjolla kaksi erilaista tuuliturbiinia. Nämä ovat pystysuuntainen Atlas ja vaakatasoinen Magnum (Kuva 1). Molempien mallien nimellisteho on 10 kW. Yritys tarjoaa tuotteitaan sekä verkkoon liitettävänä vaihtoehtoina, kuin myös off-grid ratkaisuna.

TESUP ei tarjoa verkkosivuillaan tuuliturbiinilaitteistoja yhtenä kokonaisuutena, vaan osat on hinnoiteltu ja hankittava erikseen. Sekä Atlas että Magnum tuuliturbiinigeneraattorin hinta on 699 €, invertterin hinta on 599 €, lataussäätimen 199 € ja tuuliturbiinien lapasetti 199–299 €. Kokonaisuus tulee siis kustantamaan vaadittavien laitteiden osalta noin 1700–1800 €.



Kuva 1. Atlas -turbiini (vasen) ja Magnum -turbiini (oikea).

Atlas-malliin on saatavilla useampi eri lapasetti ja sen valintaan vaikuttaa alueellinen tuulen nopeus. Korkean tuulen nopeuden lapojen toiminta-alue on 5–35 m/s, kohtalaisen tuulen nopeuden lapojen toiminta-alue on 4–25 m/s ja alhaisen tuulen nopeuden lapojen toiminta-alue on 2–20 m/s. Magnum-malliin on saatavilla vain yksi lapasetti ja sen toiminta-alue on 6–35 m/s tuulen nopeudessa.

Molemmat turbiinit asennetaan rakennuksen katolle ja niiden asentaminen on tehty yksinkertaiseksi avoimesti saatavilla olevien asennusvideoiden avulla. Asennus vaatii tasakaton. Tuuliturbiinien tuottoa pystyy myös seuramaan helposti puhelinsovelluksen avulla. Akulla varustettuun kokonaisuuteen on mahdollista liittää yrityksen tarjoamia Flex-aurinkopaneeleja varustettuna MPPT-säätimellä. (TESUP, n.d.)

2.2 Vihreä Watti Oy

Vihreä Watti on suomalainen tuulivoimaratkaisuja tarjoava yritys. Yrityksellä on tällä hetkellä tarjolla seitsemän erilaista SkyPower-tuulivoimalajärjestelmää, joiden nimellistehot vaihtelevat 5–50 kW välillä. Kaikkiin järjestelmiin sisältyy turbiini, generaattori, torni, akusto, lataussäädin ja hybridi-invertteri. Tuulivoimalajärjestelmistä kolme on vertikaalisia ja neljä horisontaalisia. Järjestelmät keskeisine ominaisuuksineen esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Vihreä Watti Oy:n tuulivoimalajärjestelmät.

SkyPower	Nimellisteho (kW)	Käynnistys tuulen nopeus (m/s)	Maks. Tuotto (m/s)	Tornin korkeus (m)	Siipien määrä	Akuston kapasiteetti (kWh)
Vertikaali	5	2	11	6, 8, 10 tai 12	3	5,12
Vertikaali	10	2	11	8, 10 tai 12	3	25,6
Vertikaali	20	2	11	15 tai 20	5	25,6
Horisontaali	5	2,8	12	8, 10 tai 12	3	5,12
Horisontaali	10	3	12	8, 10 tai 12	3	25,6
Horisontaali	20	3	12	15 tai 20	3	25,6
Horisontaali	50	3	12	20	3	50

Yritys ilmoittaa sivuillaan vertikaalisten voimaloiden käyttöiän olevan 30 vuotta ja horisontaalisten 20 vuotta. Voimalaratkaisut asennetaan lähtökohtaisesti maantasolle, sillä kevyimmänkin järjestelmän turbiinin ja tornin kokonaispaino on noin 1000 kg, jolloin kattorakenteiden kestävyys aiheuttaisi haasteita. Kuvassa 2 esitetään yrityksen tarjoama 5 kW vertikaali tuulivoimala.



Kuva 2. SkyPower 5 kW vertikaali tuulivoimala asennetaan vakiona kahdeksan metriseen torniin (Vihreä Watti, n.d.).

Yrityksen tarjoamat ratkaisut eivät rajoitu vain tuulivoimalan ja akun muodostamaan kokonaisuuteen, vaan se tarjoaa myös hybridiratkaisuja. Näihin ratkaisuihin on mahdollisuus sisällyttää aurinkoenergiaa ja osallistua akulla reservimarkkinoille. Ratkaisuja tarjotaan avaimet käteen periaatteella ja ne on mahdollista hankkia myös palvelumallina (EaaS, Energy as a Service), jolloin ratkaisussa vältytään isoilta alkuinvestoinneilta. (Vihreä Watti, n.d.)

2.3 Oy Windside Production Ltd

Windside valmistaa useaa eri tuulivoimalamallia. Nämä ovat WS-0,15, WS-0,30, WS-2, WS-4, WS-12 ja WS-30. Numero nimessä viittaa kyseisen mallin pyyhkäisyypinta-alaan eli esimerkiksi WS-0,15 tuulivoimalan pyyhkäisyypinta-ala on 0,15 m². Kaikki voimalamallit vaativat asennuksen jalustan tai tornin päälle ja niiden käynnistymisnopeus vaihtelee 2–3,8 m/s tuulen nopeuksissa. Alhaisimmalla tuulen nopeudella näistä käynnistyy WS-2 pientuulivoimalan City-malli, joka on suunnattu käytettäväksi sisämaan olosuhteisiin. Kaikki malleja, lukuun ottamatta WS-30, käytetään ensisijaisesti akkujen lataamiseen ja näistä monen ensisijaisena käyttökohteena toimivatkin sijainnit, missä ei ole verkkosähköä saatavilla.

Windsiden tuulivoimaloista erityisesti WS-2, WS-4 ja WS-12 voi nähdä asennettuna kaupunkiympäristössä kauppakeskusten ja huoltoasemien katoilla. Yrityksen kotisivujen mukaan WS-2 mallin voimala on asennettu esimerkiksi Viitasaaren ABC:n mainostornin päälle, WS-4 voimala on asennettu Vaasan yliopiston katolle ja WS-12 Raision kauppakeskus Myllyn katolle. (Windside, n.d.)

3 Kansainvälinen laitetarjonta

3.1 CDON -verkkokauppa

CDON on ruotsalainen verkkokauppa, josta löytyy tuotteita kodinkoneista aina puutarhakalusteisiin asti. Hakuhetkellä ja hakusanalla ”tuuliturbiini” verkkokaupasta löytyy 285 tuotetta, kun kriteeriksi valitsee tuotteet, joiden hinta on yli 250 €. Näin joukosta saa suodatettua pois lähes kaikki legot ja pienoismallit. Laitteistojen hinnat vaihtelevat 250 € ja 1200 € välillä. Valikoimasta löytyy niin pystyakselisia, kuin vaaka-akselisia turbiineja ja tuotteiden nimellisteho vaihtelee 200 W ja 8000 W välillä. Suurinta osaa verkkokaupassa myytäviä tuotteita yhdistää se, että niistä ei kerrota valmistajan tietoja. (CDON, n.d.)

3.2 Flower Turbines

Flower Turbines on Yhdysvalloissa perustettu yritys, jonka Euroopan tytäryhtiö sijaitsee Alankomaissa. Yrityksen tarjoamat tuuliturbiinit koostuvat kahdesta vertikaalisesta siivestä, joiden muodostama kokonaisuus on tulppaanin muotoinen (kuva 3). Muotoilun avulla kaikkien yrityksen tarjoamien turbiinien käynnistyminen tapahtuu 0,7 m/s tuulen nopeudella.



Kuva 3. Flower Turbines tuuliturbiinit ovat tulppaanin muotoisia. Tässä kuvassa on yhtiön iso turbiini (Large Turbine).

Yritys kertoo, että muotoilu johtaa 'Bouquet-ilmiöön', jossa tuulen nopeus kasvaa siipien ulkoreunoilla ja heti niiden läheisyydessä, jolloin lähekkäin sijoitetut turbiinit pystyvät tuottamaan sähköä suuremmalla teholla niiden pyörimisnopeuden kasvaessa verrattuna yhden erillisen turbiinin toimintaan. Yritys on patentoinut tekniikan useissa maissa. Taulukossa 2 esitetään yrityksen tarjoamien tuulivoimaloiden ominaisuuksia.

Taulukko 2. Flower Turbines yrityksen tuulivoimaloiden keskeisimmät tiedot.

Laite	Nimellisteho (kW)	Maks. Tuotto (m/s)	Käynnistys tuulen nopeus (m/s)	Hinta (\$)	Paino (kg)
Small Turbine	0,1	14,5	0,7	1 214,06	20
Medium Turbine	0,5	11	0,7	14 716,33	227
3-M Turbine	1	11	0,7	20 085	400
Large Turbine	5	11,5	0,7	35 100	1000

Edellä mainittujen tuuliturbiinien lisäksi yritys tarjoaa myös energiakeskuksia, joissa tuuliturbiinit on yhdistetty samaan kokonaisuuteen aurinkopaneelien kanssa. Tätä kokonaisuutta tarjotaan myös ratkaisuksi latausasemille. Tämän lisäksi valikoimaan kuuluu tuulivoimala AL13 Power Tower, joka on suunniteltu ottamaan talteen energiaa esimerkiksi isompien kiinteistöjen ilmanvaihdon poistoilmasta. (Flower Turbines, n.d.)

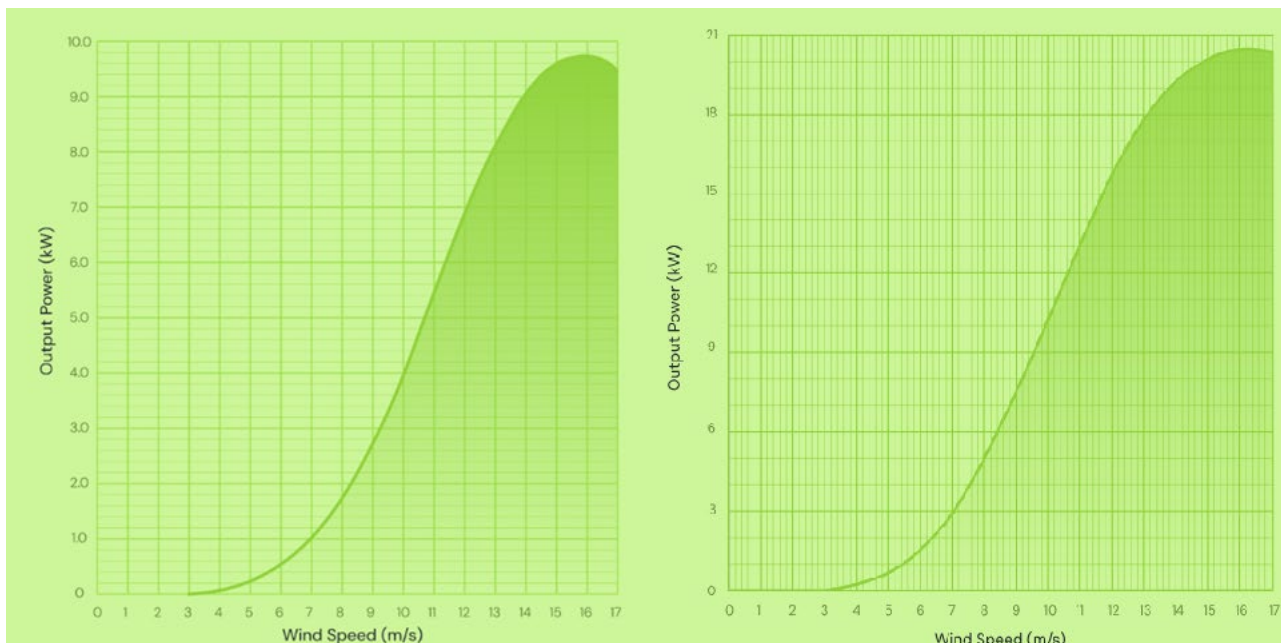
3.3 Freen

Freen on virolainen yritys, joka tarjoaa tällä hetkellä kahta pientuulivoimalamallia Darrieus-turbiinilla. Molemmat mallit asennetaan maahan tornin päälle ja voimaloiden käyttöikäksi kerrotaan 20 vuotta. Nämä voimalamallit ovat Freen-9 ja Freen-20. Voimaloiden nimellistehot ovat 9 kW ja 20 kW ja niihin on mahdollista yhdistää akkuratkaisu. Tuulivoimaloiden teknistä tietoa esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Freenin tarjoamien tuulivoimaloiden Freen-9 ja Freen-20 keskeisimmät tekniset tiedot.

Freen	Nimellisteho (kW)	Käynnistys tuulen nopeus (m/s)	Maks. Tuotto (m/s)	Tornin korkeus (m)	Hinta (€)
Freen-9	9	3	14	18	19 500
Freen-20	20	3,5	14,9	12	35 000

Taulukosta 3 havaitaan, että molempien voimaloiden käynnistyminen ja nimellistuotantoteho saavutetaan suunnilleen samoissa tuulen nopeuksissa. Molemmat tuulivoimalat pystyvät tuottamaan sähköä vielä 17 m/s tuulen nopeudessa, mutta tämän jälkeen ne joudutaan ajamaan alas. Voimaloiden tuotantoteho suhteessa tuulen nopeuteen esitetään kuvassa 4.



Kuva 4. Freen-9 (vasen) ja Freen-20 (oikea) tuotantoteho (kW) suhteessa tuulen nopeuteen (m/s).

Kuvasta 4 huomataan, että vaikka molemmat voimalat alkavat tuottamaan sähköä verrattain matalilla tuulennopeuksilla, vaativat ne tuulta vähintään 7 m/s ennen kuin tuotantoteho alkaa nousemaan jyrkemmin. (Freen, n.d.)

3.4 Istabreeze

Istabreeze tarjoaa matalille tuulen nopeuksille kahta tuulivoimalaratkaisua. Nämä ovat Heli 2.0 ja Heli 4.0. Molempiin ratkaisuihin sisältyy itse turbiinin lisäksi invertteri ja lataussäädin. Turbiinit alkavat pyörimään 2,9 m/s tuulen nopeudella ja niiden tärkeimmät tekniset tiedot esitetään taulukossa 4. (Istabreeze, n.d.)

Taulukko 4. Heli-sarjan tuulivoimaloiden tekniset tiedot.

	Nimellisteho (kW) 11 m/s	Maksimi teho (kW)	Käynnistys tuulen nopeus (m/s)	Hinta (€)	Paino (kg)
Heli 2.0	2	3,5	2,9	1 900	81
Heli 4.0	3,8	7,4	2,9	4 400	100

Taulukosta 4 havaitaan, että molemmat mallit saavuttavat nimellistehonsa 11 m/s tuulen nopeudessa, mutta niiden tuottama teoreettinen maksimiteho on tätä korkeampi. Voimaloiden tuotanto ajetaan automaattisesti alas, kun tuulen nopeus ylittää 13 m/s. (Istabreeze, n.d.)

3.5 RidgeBlade

RidgeBlade tarjoaa kahden tyyppisiä pientuulivoimaloita RB1 ja RB2. RB1 tuulivoimalat on suunniteltu pienempiin käyttökohteisiin, kuten kotitalouksiin. RB2 tuulivoimala on RB1 voimalaa suurempi ja tehokkaampi, ja sen on suunniteltu sopivan kaupallisiin rakennuksiin. Molemmat mallit asennetaan katon harjalle eli sen korkeimpaan kohtaan (Kuva 5) ja niiden kiinnittäminen onnistuu samanlaisilla telineillä kuin aurinkopaneelien asennus. Valmistaja ilmoittaa katon optimikulman tuulienergian valjastamiseksi olevan 45°. (RidgeBlade, n.d.)



Kuva 5. Katon harjalle asennettu RB2 pientuulivoimajärjestelmä. (RidgeBlade, n.d.)

Yhden RB2 roottoriyksikön leveys on 1,2 metriä ja tavallinen järjestelmä koostuu kymmenestä yksiköstä. Kymmenen yksikön järjestelmän huipputeho on 4 kW eli yhden yksikön tehoksi tulee 400 W. (RidgeBlade, n.d.) Ruotsalainen energiaratkaisuja tarjoava yritys Windon kertoo kotisivuillaan RidgeBlade-tuuliturbiinin olevan vielä kehitysvaiheessa, mutta toivovansa sen kaupallistamista lähitulevaisuudessa. (Windon, 2026.)

RidgeBlade on kehittänyt myös hybridiratkaisun, jossa yhdistetään tuulivoimala ja aurinkopaneelit. Järjestelmään on mahdollista liittää varastointiratkaisu ja se on yhteensopiva sekä RB1 ja RB2 laitteiden kanssa. (RidgeBlade, n.d.)

4 Yhteenveto ja markkinoiden kehitysnäkymä

Raportissa esitetyistä pientuulivoimalaratkaisuista havaitaan, että yleinen käynnistymisnopeus voimaloille on yleensä 2–3,5 m/s ja nimellistuotantoteho saavutetaan yli 10 m/s tuulen nopeuksissa. Eli vaikka useimmat voimalat käynnistyvät matalilla tuulen nopeuksilla, vaativat generaattorit huomattavasti voimakkaampia tuulia, jotta tuotannosta pääsee oikeasti hyötymään. Taloudelliset keskituulinopeudet ovat 5m/s ja sitä suurempia, joiden löytyminen rakennetusta ympäristöstä on haasteellista.

Vinkkejä sopivan pientuulivoiman onnistuneeseen hyödyntämiseen

- Tarkista aina tuuliolosuhteet asennuskohteessa etsi optimaalisin kohta
- Sijoita tuuliturbiini ympäröivää maastoa korkeammalle
- Älä valitse tuuliturbiinia vain mainostetun tehon tai ulkomuodon mukaan vaan tuuliolosuhteiden mukaan
- Etsi vertailukelpoista mittaustietoa (IEC 61400)
- Huomioi ulkopuoliset kommentit valitessasi tuotetta
- Vältä suoraan asuinrakennuksiin kiinnitettäviä turbiinasennuksia

Pidempään markkinoilla olleet laitteistokokonaisuudet sisältävät usein itse turbiinin lisäksi tarvittavat laitteet sähköenergian taltioimiseksi. Laitepaketit sisältävät useasti generaattoriin sovitettua akuston, lataussäätimen ja inverterin. Samalla laitteistojen hankintahinnat ovat tulleet edullisimmiksi.

Kehitysvaiheessa tai vähän aikaa markkinoilla olleet ratkaisut sisältävät usein vain itse turbiinin ja muut käyttöön vaadittavat komponentit on hankittava erikseen.

Pientuulivoiman markkinat ovat edelleen kehitysvaiheessa vielä vuosia ja tullaan näkemään uusien tuotteiden ilmestymisiä markkinoille samalla kuin markkinoilta katoaa aiempia tuotteita, jotka eivät ole pystyneet lunastamaan lupaamiaan hyötyjä tai tehokkuutta. Jokainen uusi innovaatio pyrkii ratkaisemaan rakennetun ympäristön aiheuttamia haasteita tuulienergian hyödyntämisessä. Laitteistojen kestävyys on useasti toisarvoista ja todentuu vasta asiakaskokemuksien kautta. Tuotteiden kehityskaaren nopeutuessa ei jää enää aikaa testaukselle vaan usein testauskulut jäävät asiakkaiden kannettavaksi.

Lähteet

CDON. (n.d.) Hakutulos ”tuuliturbiini”.

https://cdon.fi/s/?facets=fi_price_inc_vat_amount%3A%5B250%2C1635%5D&q=tuuliturbiini&searchAction=search_in_main&sort=fi_price_inc_vat_amount%20desc

Flower Turbines. (n.d.) Flower Turbines Technology & Design – Perfectly Aligned.

<https://www.flowerturbines.com/>

Freen. (n.d.) Small wind turbines. <https://freen.com/small-wind-turbines/>

Istabreeze. (n.d.) Pioneering wind turbines for renewable energy. <https://en.istabreeze.store/>

RidgeBlade. (n.d.) Introducing Ridgeblade. <https://ridgeblade.com/>

TESUP. (n.d.) Suomen myydyimmät puhtaan energian tuotteet. <https://tesup.com/fi/tuotteet>

Vihreä Watti. (n.d.) Palvelut. <https://www.vihreawatti.fi/fi/palvelut>

Windon. (2026). Ridgeblade – framtidens vindturbin för tak. <https://windon.se/ridgeblade>

Windside. (n.d.) Windside -tuotteet. <https://windside.com/fi/tuotteet/>