

materiaalitehokkuus koulut energiansäästö  
kuluttajat teollisuus kuljetus hiilidioksidi  
hake liikenne kiinteistöt julkinen sektori  
uusiokäyttö uusiutuva energia ympäristö ilmastomuutos  
energiatehokkuus kunta-ala  
palveluala vesivoima tuulivoima yhteistyö  
aurinkoenergia

## Tuulivoima Suomessa

Tuulivoimakiertue 2009

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

## Tuulivoima ennen ja nyt



USA 1888



Tanska 1942



Suomi 3 MW 2008



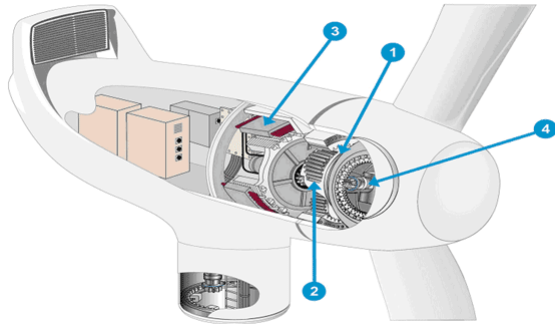
Tanska 1880-1910



Bonus 30 kW 1980

Lähteet: Tuuliteho ja WinWind Oy

## Tuulivoimalan tekniikkaa



Kuva: WinWind Oy

Malli, jossa on vaihdelaatikko

- Lavat, konehuone, muuntaja, torni ja perustukset
- Tornin korkeus vaihtelee 40–130 m voimalan koosta ja sijainnista riippuen
- Roottorin halkaisijat vaihtelevat 40–125 m
- Nykyään uusien isojen voimaloiden teho on 1–5 MW

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoimalan tekniikkaa



Suoravetoinen malli

- Vaihteeton tuulivoimala sisältää vähän liikkuvia osia
  - Vaatii vähemmän huoltoa
  - On luotettava
- Kestomagneettigeneraattori
  - Vähemmän tehohäviöitä
  - Korkea tehokkuus alhaisilla kuormilla
- Suunniteltu erityisesti hyvätuulisiin olosuhteisiin rannikolle ja offshore-alueille

Lähde: Hafmex Group

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Erikokoisia voimaloita



Minivoimalat  
<20 kW

- Kotitaloudet
- Kesämökkit
- Tutkimusasemat
- Napakorkeus noin 10 m



Pienet voimalat  
20–100 kW

- Maatilat
- Saaret
- Teollisuus
- Napakorkeus noin 20 m



Keskikokoiset  
100–1000 kW

- Maatilat
- Teollisuus
- Sähkön kaupallinen tuotanto
- Napakorkeus n. 40 m



Suuret >1000 kW

- Teollisuus
- Sähkön kaupallinen tuotanto
- 2008 keskikoko 2 MW
- Napakorkeus >70 m

Kuvat: Tuulivoimala.com ja WinWind

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

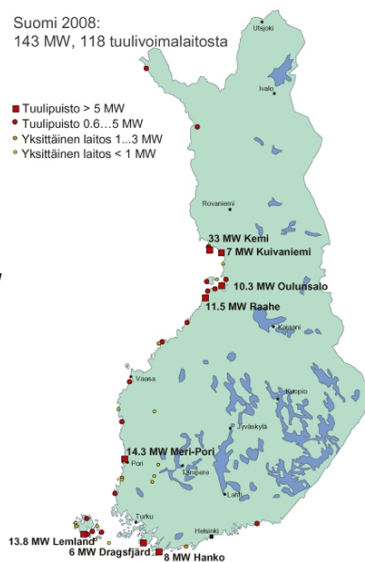
## Tuulivoiman Suomessa – nyt

Suomi 2008:  
143 MW, 118 tuulivoimalaitosta

- Tuulipuisto > 5 MW
- Tuulipuisto 0.6...5 MW
- Yksittäinen laitos 1...3 MW
- Yksittäinen laitos < 1 MW

Tuulivoiman tunnuslukuja 2008:

- Tilastoitu tuulivoiman tuotanto oli 0,260 TW
- Tuotanto vastaa 0,3 % sähkönkulutuksesta
- Keskimääräinen voimalakoko 1,2 MW
- Vuonna 2008 kapasiteetti lisääntyi 33 MW
- Uusia voimaloita 11 kpl vuonna 2008

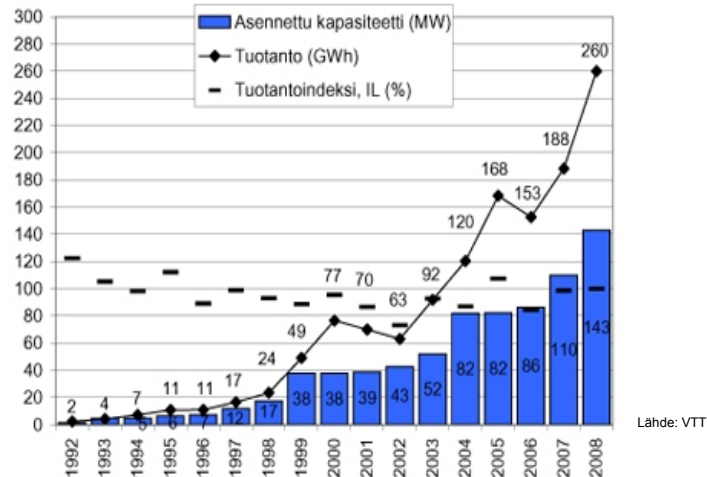


Lähde: VTT

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoimatuotannon kehittyminen Suomessa



Motiva

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Megawattit ja megawattitunnit

- Teholtaan 1 MW:n voimala
  - tuottaa hyvissä olosuhteissa sähköenergiaanoin 2000–2800 MWh/a
  - määrä vastaa noin 100–150 sähkölämmiteisen omakotitalon vuodessa käyttämää energiaa
- 1 MW vesivoimaa
  - tuottaa noin 200 sähkölämmiteisen omakotitalon vuodessa tarvitseman sähkön
- 1 MW ydinvoimaa
  - tuottaa vuoden sähköt noin 400 sähkölämmiteiseen omakotitaloon



Motiva

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoima Euroopassa

- Saksassa suurin tuulivoimakapasiteetti yli 22 200 MW
- Saksan osuus lähes 40 % kokonaiskapasiteetista (EU)
- Eniten uutta kapasiteettia vuonna 2007 rakennettiin Espanjassa ~3500 MW vuoden 2008 lopussa yhteensä 15 145 MW rakennettua kapasiteettia
- Tuulivoimalla tuotetun sähkön osuus kokonaiskulutuksesta:
  - Tanska ~21 %
  - Espanja ~12 %
  - Saksa ~7 %
  - Eurooppa 2–3 %
- Saksan tavoitteena on lisätä tuulivoima osuus 25 %:iin vuoteen 2030 mennessä
- Tanskan tavoitteena 35 %:n osuus sähkönkulutuksesta vuonna 2015

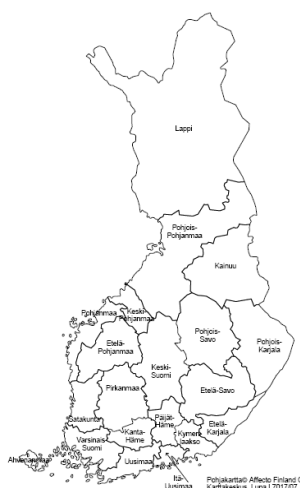
**Motiva**

Lähde:EWEA

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tulevaisuuden näkymät maakunnissa

- Maakuntakaavoihin tehdyt/tekeillä olevat aluevaraukset merituulivoimaloille
  - Lappi ja Pohjois-Pohjanmaa yhteensä 5 000 MW
  - Pohjanmaa 3 000 MW
  - Uudenmaa 500 MW
  - Satakunta 250 MW
  - Varsinais-Suomi ja itäinen Suomenlahti alle 200 MW



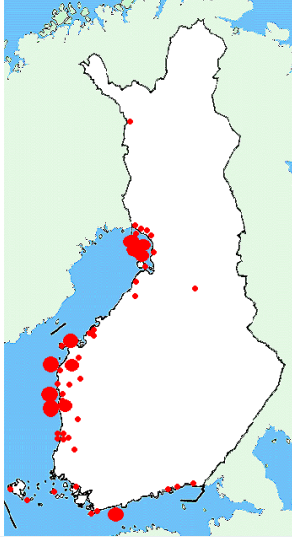
**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

Lähde: Tuulivoimatavoitteiden toteutusnäkömät Suomessa 2007 (Pöyry)

Kuva: Maakunnat 2008

## Esimerkkejä uusista hankesuunnitelmista



- Maalle "onshore" (Yhteensä 812 MW)
  - Rajakiiri Oy, Tornio Röyttä, 28 MW
  - ST 1, Pori Tahkoluoto, 3 MW
  - ST 1, Pori Mäntyluoto, 9 MW
  - Ålands Vindenergiandelslag, Långnabba, 15 MW
  - Kotkan Energia, Ruotsinpyhtää, 10 MW
  - PVO Innopower Oy, Riutunkari, 6 MW
  - PVO Innopower Oy, Kemi, Ajos, 30 MW
  - WPD Finland, Hanko, Koverhar, 15 MW
- Merelle "offshore" (Yhteensä 3655 MW)
  - PVO Innopower, Kristiinankaupunki, 200–400 MW
  - WPD Finland, Suurhiekkä, 400 MW
  - WPD Finland, Korsnäs, 500–600 MW
  - PVO Innopower ja Oulun Energia, Oulun-Haukiputaan edustan merialue 500–800 MW
  - EPV ja Helsingin Energia 500–1000 MW, Siippy ja Inkoo

Lähde: VTT, 19.11.08

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Rakentamisessa huomioitavaa

- Tuulisinta on rannikko- ja merialueilla
- Sisämaassa on tuulisinta
  - Lapin tuntureilla
  - ympäristöään korkeammilla mäillä
  - suurten järvien rannoilla
  - laajoilla peltoaukeilla
- Tuulisuuden lisäksi voimalan sijoituspaikan valintaan vaikuttavat
  - olemassa oleva infra eli tiestö
  - sähköverkko
  - kaavoitus
  - alueen muu maankäyttö esim. asutus



Kuva: Jari Kurvinen/Vastavalo

**Motiva**

Lähde: Ympäristöministeriö

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Kaavoitus ja luparatkaisut

- Maankäyttö- ja rakennuslaki ohjaa myös tuulivoiman rakentamista
  - Kaavoitus
  - Suunnittelutarveratkaisu
- Lähtökohtaisesti kaavoitusmenettely
  - Maakunta-, yleis- tai asemakaava
- Rakentaminen vaatii aina joko rakennusluvan tai toimenpideluvan

Kunnat vastaavat yleis- ja asemakaavojen laadinnasta ja maakuntien liitot maakuntakaavojen laadinnasta. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset lupa-asiat kuuluvat pääsääntöisesti kunnan toimivaltaan. Poikkeamispäätökset suunnittelutarpeesta ranta-alueella tekee kuitenkin alueellinen ympäristökeskus.

## ...lupa-asiat jatkuu

- Vesistörakentaminen edellyttää aina vesilain mukaista lupaa
- Rakentaminen voi edellyttää myös ympäristölupaaesimerkiksi, jos lähistöllä asutusta
- Merkittävien tuulivoimahankkeiden ympäristövaikutukset arvioidaan YVA-lain mukaisessa menettelyssä

**Tuulivoimarakentamisen suunnittelussa tarvittavia teknisiä ja taloudellisia tietoja ovat:**

- tuulisuus ja muut sijainnin taloudellisuuteen liittyvät seikat
- liittynyt sähköverkkoon, tekninen huolto
- rakenteiden perustamisolosuhteet
- merialueilla veden syvyys ja jääolot

## Tuulivoiman ympäristövaikutukset (+)

- Tuulisähkö on puhdasta, päästötöntä energiaa
  - ei päästöjä maaperään, veteen tai ilmaan
- Ei polttoaineen hankinnasta ja käytöstä aiheutuvia ympäristövaikutuksia
- Ei tuhkan tms. kuljetuksesta ja loppusijoituksesta aiheutuvia ympäristöhaittoja
- Suurin osa tuulivoimalan rakennusmateriaaleista kierrätettävissä
- Tuulivoimatuotanto vähentää sähköntuotannon päästöjä
- Voimalan rakentamiseen käytetty energia tuotetaan muutamassa kuukaudessa
- Merituulipuistojen jalustat tarjoavat suojaa eläimistöille



**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoiman ympäristövaikutukset (-)

- Näkyvät vaikutukset
  - Muuttaa maisemaa
  - Valon heijastuminen, liike ja varjo
- Ääni voimalan lähellä
  - Lavoista kuuluva "suhina"
  - Koneistoäänet, runkoäänet
- Vaikutukset ympäröivään alueeseen
  - Suojaetäisyydet
- Mahdolliset haittavaikutukset eläimiin
- Rakennustöiden vaikutukset
  - Puuston raivaus, maapohjan muokkaukset, rakentamisesta aiheutuvat äänet



**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoima & säätövoima

- Suomen sähköverkko osana yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää:
  - Järjestelmässä jo nyt säätövoimaa kulutusvaihteluista ja äkillisiä laitosvikoja varten, yhteiset markkinat
  - Tuulivoiman kokonaistehonvaihtelut tasaantuvat
  - Jossain tuulee aina
- Tuulivoiman vaikutuksia voidaan hallita:
  - Tuotantoennusteiden käyttö: ennusteiden päivittäminen ja suurimpien ennusvirheiden hoitaminen sähkökaupalla ennen käyttötuntia
  - Verkkoliityntävaatimukset, siirtoverkkojen suunnittelu

## Tuulivoima & säätövoima

- Tuulivoiman säätövoiman tarpeesta vallitsee erilaisia näkemyksiä (VTT, Fingrid, sähköntuottajat)
  - Tanska, Saksa, Espanja: 6–20 % tuulivoimaosuus, ei ole rakennettu lisää säätövoimaa, mutta säätöä käytetään selvästi enemmän (VTT)
  - Pohjoismaissa 10 % tuulivoimaosuus ei VTT:n mukaan vaadi lisää säätövoiman rakentamista
  - Suomessa varauduttava hetkiin, jolloin säätö saatava Suomen alueelta: suunnitellut vesivoiman tehonnostot riittävät VTT:n mukaan pitkälti kattamaan vuoteen 2020 mennessä kaavailun tuulivoimarakentamisen tuoman säätövoiman tarpeen
  - Fingrid on selvittämässä tarkemmin säätövoiman tarpeita ja aikoo vahvistaa verkkoa
  - Sähkön kysyntäjoustoja kehitetään

## Tuulivoima ja kulutushuiput

- Huippukulutuksen aikana oltava tarpeeksi voimalaitoksia (ja ulkomaanyhteyksiä) kattamaan kulutus
  - Tehon riittävyys: laskelmat perustuvat todennäköisyyksiin – kaikki voimalaitokset jollakin todennäköisyydellä poissa käytöstä
- Tuulivoima näkyy riittävyyslaskelmissa todennäköisyytenä että tuulee
  - Tuulivoiman tehovaikutus huomattavasti pienempi kuin muulla voimantuotannolla (5–15 %)
  - Tätä tutkitaan lisää
- Haasteena tuulivoimaosuuden kasvaessa: pidettävä huoli siitä että huipunaikainen teho on riittävä
  - Esim. ei liikaa vanhoja laitoksia pois markkinoilta
- Sähkön kysyntäjousto edesauttaa kulutushuippujen tasoittumista

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoimarakentamisen hyödyt kunnille

- Kiinteistöverotulot
- Vuokratulot maa-alueista
- Työllisyysvaikutukset
- Kunnalla voi olla mahdollisuus osallistua esim. osakkeenomistajana hankkeeseen
- Kunnan imagon kohoaminen
- Nähtävyys
- Matkailu

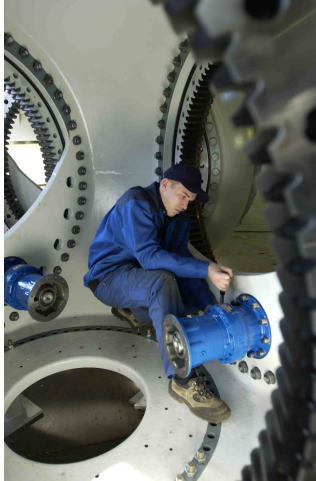
Kuva: Tanja Saukko/Vastavalo



**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Tuulivoima työllistää



Kuva: WinWind Oy

- Suomessa n. 30 yritystä valmistaa voimaloiden komponentteja, kotimarkkinat tärkeitä jo pelkästään T&K:n vuoksi
- Mm. ABB, Rotatek, Moventas, Ruukki, Switch
- Liikevaihto yhteensä 500 milj. €
- Työllistävät tuhansia henkilöitä Suomessa
- Voimalaitosten valmistajia Suomessa
  - WinWind (isot voimalat)
  - Windside, Eagle Tuulivoimalat (pienvoimalat)

**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

## Mistä voin ostaa tuulisähköä?

- Osuuksien ostaminen voimalaitoksista
- Tiedustelemalla asiaa sähkönmyyjältä
- Kattava palvelu tuulisähkön ja Norppasähkön tuottajista hintatietoineen
  - [www.vaihdavirtaa.net](http://www.vaihdavirtaa.net)
- Norppasähkö on hyväksytty ympäristömerkki
  - [www.norppaenergia.fi](http://www.norppaenergia.fi)
- Sähkön hintavertailu
  - [www.sahkonhinta.fi](http://www.sahkonhinta.fi)



**Motiva**

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy

**Motiva**

Lisää tietoa  
[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

Tuulivoimakiertue 2009, Motiva Oy