Wind power investment and generation

Ola Carlson

Chalmers University of Technology

20110505

Energy over view and wind power

Extremt höga halter av koldioxid

Aldrig på flera miljoner år har det funnits så mycket koldioxid i jordens atmosfär som just nu. Under fjolåret ökade halten av denna växthusgas snabbare än någon gång sedan 1700talets slut.

Igår kom siffror från den nordamerikanska havs- och atmosfärövervakningen NOAA som visar att koldioxidhalten i jordens atmosfär steg med 2,6 miljondelar under fjolåret. Det är den kraftigaste årliga ökningen sedan industrialismens början i slutet av 1700-talet. En enda miljondel motsvarar drygt två miljarder ton rent kol.

- Koldioxidhalten har ökat kraftigt under hela 2000-talet men fjolårets siffra innebär ett rekord, kommenterar Lennart Bengtsson, professor i meteorologi i Hamburg och Reading i England.

 Förmodligen är det Kinas och Indiens allt större förbrukning av fossila bränslen som ger utslag ovanpå utsläppen från industrinationerna.

Jordens hav och växtlighet tar hand om en hel del av koldioxidutsläppen men allt mer hamnar i atmosfären.

 Det är förmodligen så att världshaven under vissa omständigheter avger koldioxid till luften, säger Lennart Bengtsson.

– Man vet att det sker under de vädersituationer i Stilla havsområdet som går under namnet El Nino. Men någon sådan rådde inte under 2005, vilket gör ökningen av koldioxidhalten än mer oroande.

Koldioxid står för den största delen av den ökning av växthuseffekten som mänsklig verksamhet orsakar. Vid 1800-talets början var halten i atmosfären 270 miljondelar, nu har den ökat till 381 miljondelar och om 20 år kan den ligga på 550 miljondelar.

 En fördubbling av koldioxidhalten beräknas ge en höjning av den globala temperaturen i atmosfåren med en grad, fortsätter Lennart Bengtsson.

Men klimatet kan bli ännu varmare.

 Utvecklingen är otrevlig, säger Lennart Bengtsson. Människan måste snart komma till rätta med problemen med fossila bränslen.

GP 15/3 - 06 031-62 41 25 cg@gp.se

Extremt höga halter av koldioxid

Aldrig på flera miljoner år har det funnits så mycket koldioxid i jordens atmosfär som just nu. Under fjolåret ökade halten av denna växthusgas snabbare än någon gång sedan 1700talets slut.

The recent human influence on the carbon cycle



Figure 2 Atmospheric CO₂ concentration from the Vostok ice core record with the recent human perturbation superimposed. The inset shows the observed contemporary increase in atmospheric CO₂ concentration from the Mauna Loa (Hawaii) Observatory. Sources: Petit et al. (1999) Nature 399, 429-436 and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA Average Global Temperature, 1867-2001



The world a dark night



What is life without Electric Energy ?

- •No light
- No electric heat
- No electric motors
- •No computers, phones, TV

and

Oil has reached its top production
Gas soon on top production, but CO2
Coal can be used for many years, but CO2

Needs for renewable electric power is great and there is a Need for Electric Power Engineers to develop the future

Figure 49: Global primary energy supply, 1990-2006



SOURCE: IEA ENERGY BALANCES OF NON-DECD COUNTRIES, 2008

Figure 59: World electricity production, by type of plant, 1990-2005



SOURCE: IEA ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES, 2008, IEA ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES, 2008

Sweden electrical production

Hydro power in the north, 45 %

Nuclear in the south, 44 %

Combined heat and power production 9%

Wind Power,



DET NORDISKE TRANSMISSIONSNET The Transmission Grid in the Nordic Countries



Figure 23: Electricity production in Sweden, by types of production plant, 1970–2007



SOURCE: STATISTICS SWEDEN, ADDITIONAL PROCESSING BY THE SWEDISH ENERGY AGENCY





Renewables and new energy systems

- Hydro power
- Wind power
- Solar energy
- Wave Energy
- CO₂ separation and storage for converting natural gas to power
- Green certificates trading



Wind conditions

m/s >6.0 5.0-6.0 4.5-5.0 3.5-4.5 <3.5	₩/m ² >250 150-250 100-150 50-100 <50	m/s >7.5 6.5-7.5 5.5-6.5 4.5-5.5 <4.5	₩/m ² >500 300-500 200-300 100-200 <100	m/s >8.5 7.0-8.5 6.0-7.0 5.0-6.0 <5.0	₩/m ² >700 400-700 250-400 150-250 <150	m/s >9.0 8.0-9.0 7.0-8.0 5.5-7.0 <55	₩/m ² >800 600-800 400-600 200-400 <200	m/s >11.5 10.0-11.5 8.5-10.0 7.0-8.5 <7.0	W/m ² >1800 1200-1800 700-1200 400-700 <400	
		>7.5 5.5-7.5 <5.5								

Weibull distribution

Schematic power spectrum of wind speed (according to van der Hoven). Power spectral density S(f) 3 days 10 min 1 min weather turbulence spectral gap 1E-07 1E-06 1E-05 0,0001 0,001 0,01 0,1 1

f (Hz)

Wind speed measured at the harbour of Gothenburg, Sweden

Higher up more wind

Different rotor positions of a three-blade turbine. The tower shadow and the wind gradient, both contribute to power fluctuations

$\propto v^3$ Power from the wind turbine

$$\mathbf{P} = \frac{1}{2}\rho \mathbf{A} C p V^3$$

Where Cp is power coefficient

Power of the wind

$$\mathbf{P}_{kin} = \frac{1}{2} \left(\rho \mathbf{A} V \right) V^2 = \frac{1}{2} \rho \mathbf{A} V^3$$

Mass flow rate

 $\dot{m} = \rho A V$

ρ = air density[kg/m³]
V = air velocity[m/s]
A = rotor disk area[m²]
m = mass of the air

Average value

Power Curve from a 2.3 MW wind turbine at Lillgrund

I grafen presenteras resultatet av vind-effektmätningen för vindkraftvert C-DB. Medelvärdet (gul symbol) i varja fack...

Relativ Power from wind turbines in the wind farm

Electric power from Swedish wind turbines per day

Diagram 3, verkens elproduktion per dygn över året.

Typical wind power nacelle

Limitations of wind power

- Pitch control turn the blades
- Stall control Ridged blades, turbulence limit the power
- Active stall the pitch angle can be adjusted

- At emergency stop will the blades turn
- At emergency stop will the outer part of the blades turn
- At emergency stop will the blades turn

Stall control

Energy from a wind turbine

<u>4 kW wind turbine</u>
gives 10 MWh/year
10 m high,
5 m diameter
0.5 house / turbine

600 kW wind turbine gives 1300 MWh/year 40 m high, 42 m diameter 65 house / turbine

3.000 kW wind turbine gives 8900 MWh/year 80 m high 90 m diameter 445 house / turbine

Electric heaten house 20 MWh/year

Wind turbine pays back

A wind turbine in a windy place has after 4 to 6 months produced, as much energy as was needed for the production of the wind turbine

There after will the turbine be in operation 20-25 years

But it takes 10-15 years to make a profit.

When the life time of the wind turbine is ended it is just to take down the turbine and use the land for something else

Costs for 25 TWh

Sweden plans for 25 TWh wind power, The investment will be10-15 billion Euro

Worldwide Wind Power (MW)

Wind Power in Sweden

Figure 25: Wind power production, 1982–2007

SOURCE: SWEDISH ASSOCIATION OF ELECTRICAL UTILITIES AND THE SWEDISH ENERGY AGENCY'S ANNUAL REPORT ON THE ELECTRICITY CERTIFICATE SYSTEM

Vestas

- 3 MW,
- Diameter 90 m

Direct driven generator- Enercon

- Extreme high weight due to small air gap
- Generator weight 220 ton
 - (4,5 MW)
- Look at the man!

Enercon

• 2,0 MW

- Diameter 82m
- Navhöjd 58-113 m

WinWinD WWD-1, WWD-3

- •Finish manufacture
- •1MW and 3MW
- •Compact design with 1-step planetary gerabox
- Permanent magnet synchronous low speed generator

You need a reliable wind turbine. We kan supply one.

Wind turbines between the buildings

- •Bahrein World Trade Center, in operation 2006
- •240 m high buildings
- •3 x 22 kW wind turbines
- •Designer Danish Ramboll and Norwin

2 MW, 78-100 m

Repower

6,12 MW, 126 m

Offshore GE-wind turbines outside Kalmar, Utgrunden

1.5 MW