

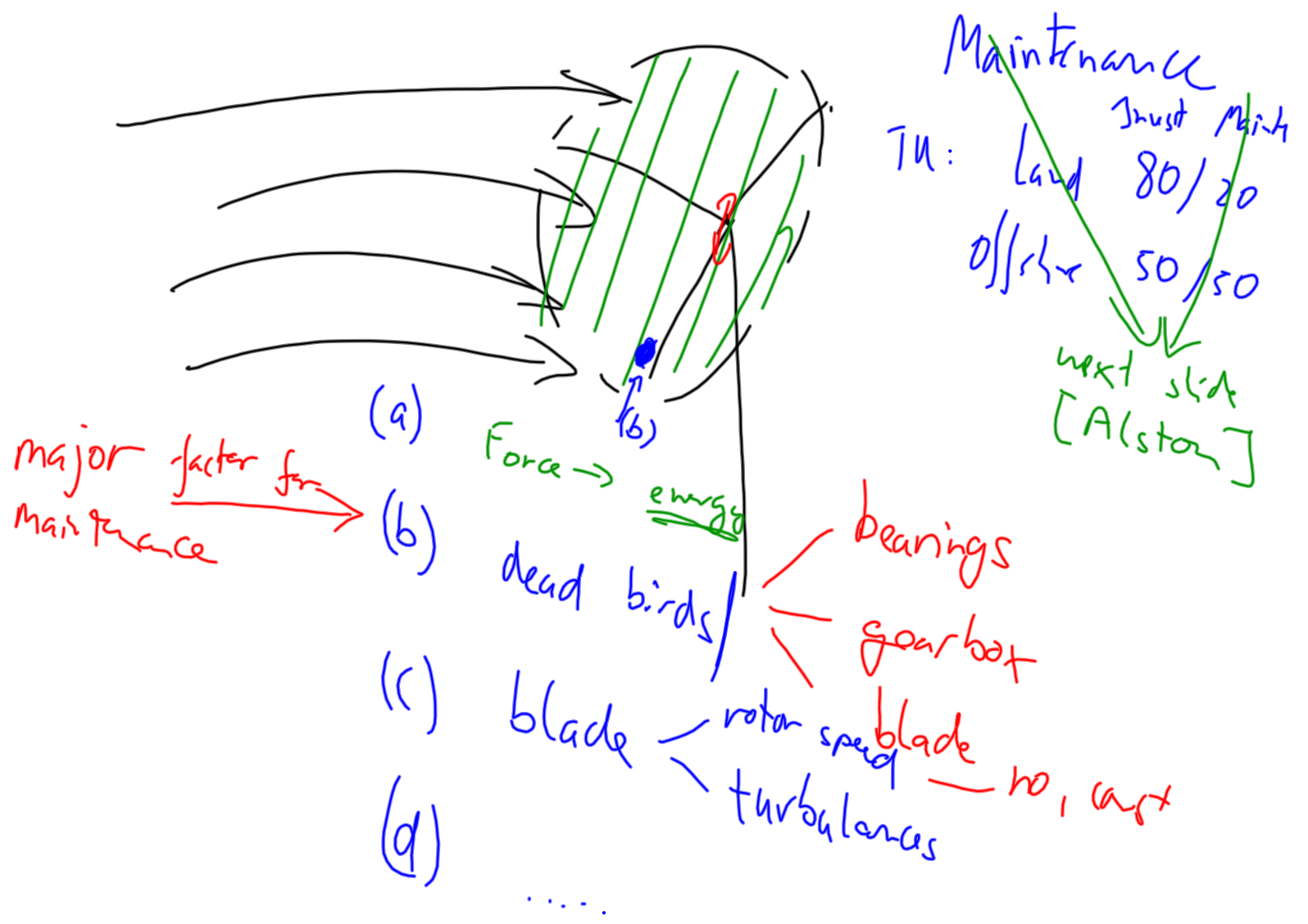
# Agenda

- Model

- EEA grants - EØS → Norway - Romania / 20 M USD  
" " " " / 300 M USD  
" " " " / 2014-15

- Maintenance costs on your semantic model

TU.

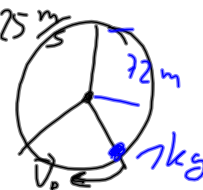


Maintenance  
 Just think  
 TU: Land 80/20  
 offshore 50/50  
 next slide  
 [Alston]

+++

$$G = \frac{v^2}{r \cdot g} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{72 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0.88$$

$\vec{v}_D = \text{rotation speed? } 25 \text{ m/s}$   
 $\text{RPM} = 0.06/\text{s}$



Extra force

$$F_D = m \cdot \vec{a} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$= 8.7 \text{ N} \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

home.online.no/~orjanbye/fyfazanf1/fysikk/130r.html

"130R" var, som sikkert mange vet, navnet på en ganske beryktet sving på Suzuka-banen (sjekk kartet i seksjonen "kartografen" hvis noen skulle være i tvil om hvilken sving det er snakk om). Det er også betegnelsen på svingens radius i antall meter. Med utgangspunkt i den velkjente "gymnasformelen" for sentripetal-akselerasjon for legemer i sirkulær bevegelse, er det lett å beregne akselerasjonen som føreren utsettes for gjennom svingen:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Hvor: a = sentripetal-akselerasjonen, v = bilens fart og r = svingens radius.

Nå er det slik at vi mennesker ikke føler akselerasjonen, men snarere kraften som virker på oss. Kraft = masse \* akselerasjon, og formelen for sentrifugalkraft blir da:

$$F = m \cdot a = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Hvor: F = kraften, m = massen, a = akselerasjonen

Det er vanlig å angi sentrifugalkraften i antall G, som tilsvarer G ganger tyngdekraften. Jordas tyngdeakselerasjon (dvs akselerasjonen et eple f.eks. får når det faller til bakken) skrives vanligvis g (og er omtrent lik  $9.81 \text{ m/s}^2$ ). Forurel for antall G blir da sentrifugalkraften  $\vec{a}$ -delt med tyngdekraften:

$$G = \frac{\left( \frac{m \cdot v^2}{r} \right)}{m \cdot g} = \frac{v^2}{r \cdot g}$$

For å illustrere hva vi snakker om, her er et video-klipp av Michael Schumacher på Suzuka i 2001 hvor han blir målt til 304 kv/t gjennom svingen 130R:



(.asf-format, 7.46 Mb)

(304 km/t kan regnes om til m/s ved å dividere med 3.6)  $304/3.6 = 84.4 \text{ m/s}$ . Dette skulle tilsa en G-kraft lik:

$$G = \frac{(84.4 \text{ m/s})^2}{130 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 5.6$$

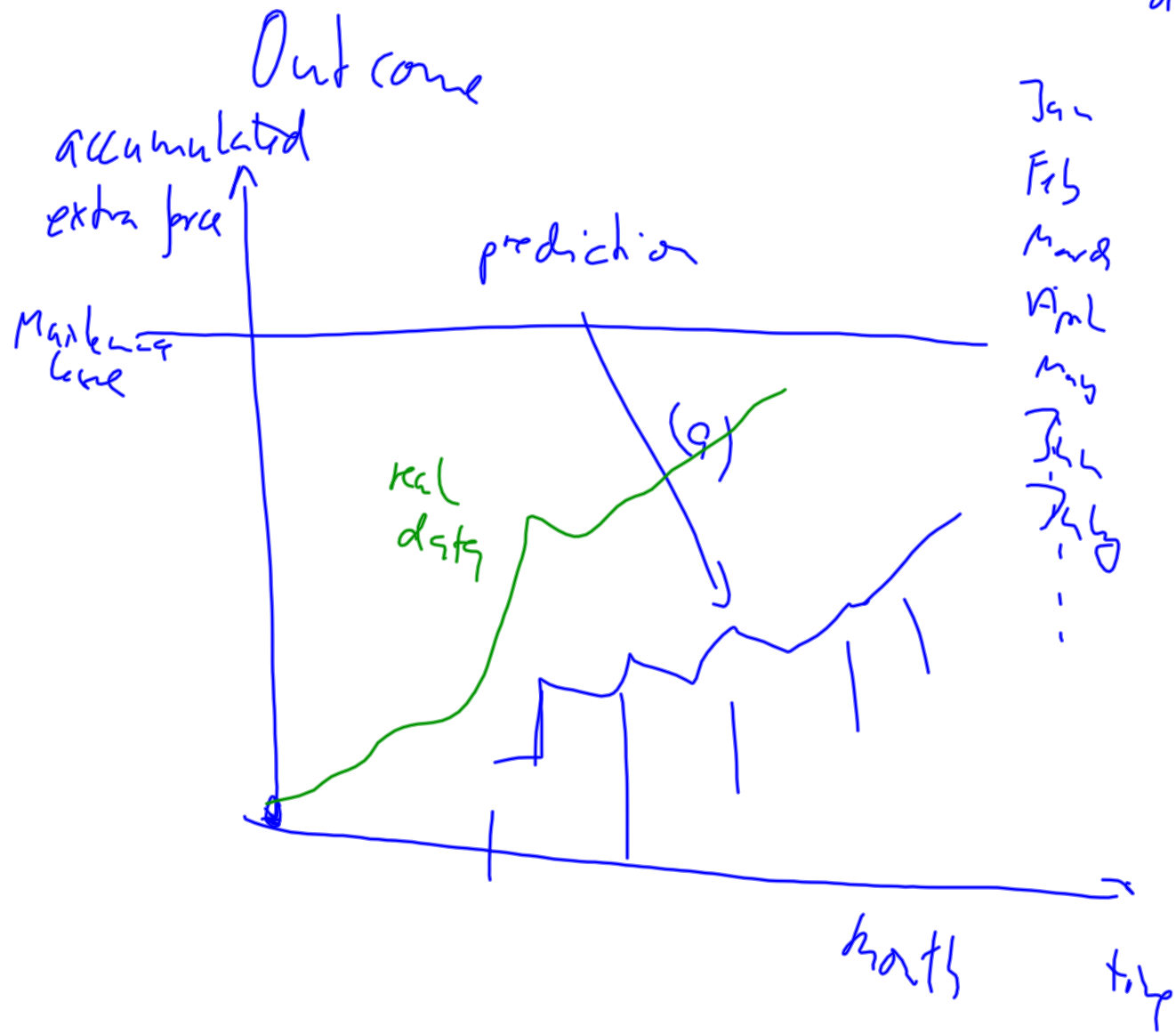
Ikke dårlig! 5.6 G er mer enn nok til å gjøre noen og enhver kvalm og svimmel. Dette viser med all tydelighet hva slags krefter formel 1-førere utsettes for. Nå er det mulig å linje som Schumacher kjører ikke følger veikanten nøyaktig, slik at radiusen for hans bevegelse gjennom svingen er litt større enn 130 meter. Men uansett vil G-kraften være veldig stor.

Et viktig poeng å legge merke til: *G-kraften øker med kvadratet av hastigheten.* En halvering av farten vil redusere G-kraften med det fire-dobbelte, mens en dobling av svingradiusen bare vil redusere den med halvparten. Vi kan nå begynne å ane hva som er forutsetningene for en bane som presser førerne til det ytterste: Lange svinger med høy hastighet. Hmmm... Circuit de Catalunya i Barcelona peker seg ut som et potensielt godt eksempel. Spa-Francorchamps i Belgia med sin berømte Eau Rouge kan være et annet eksempel. Her er det i tillegg bratt oppoverbakke slik at førerne også får ekstra akselerasjon i vertikal retning.

1. wind speed ✓ 6-7x
2. tip speed  $\approx 5x$  wind speed page 4  
(turbulens)
0. Assume 1 kg "dust" bird  
72m blades  $\approx 18 \text{ tons} \times 3 = 60 \text{ tons}$   
at the tip of the turbine  
60-007 kg
3. Extra Force  $\approx n \frac{v^2}{r}$  extra on bearings & gearbox
4.  $\sum$  extra Force  $\leftarrow$

Max Force .....

Estimated maintenance



av. wind speed

Jan	
Feb	10 m/s
Mar	
Apr	
May	
Jun	
Jul	
Aug	
...	
	6 m/s



WIKIPEDIA  
The Free Encyclopedia

- Main page
- Contents
- Featured content
- Current events
- Random article
- Donate to Wikipedia

- Interaction
  - Help
  - About Wikipedia
  - Community portal
  - Recent changes
  - Contact Wikipedia

- Toolbox

Log in / create account

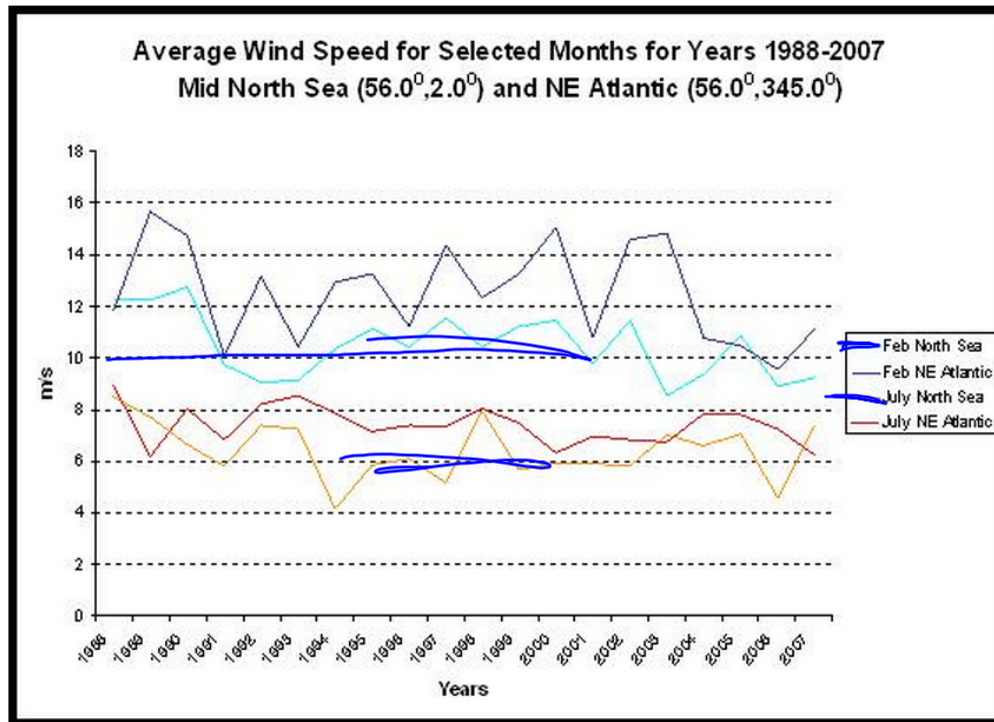
File Talk

Search

## File:North sea average wind speeds months.JPG

From Wikipedia, the free encyclopedia

File File history File usage Metadata



No higher resolution available

72m blades 1 rev 2.π · 72m ≈ 440m

Search

- HOME
- General
- Solar
- Shopping
- Wind
- News
- Electronics
- Energy Efficiency
- Education
- Electric Circuit
- Water
- Carbon
- Heating
- Storage
- Transport
- Biomass
- Lighting
- Hydro
- Wave
- Websites
- Geothermal
- Recycling
- Tidal
- Website

Clearance and Special Offers

New Solar Panels SPECIAL OFFER



From just **£1.28 per Watt** delivered!

BEST UK prices on a range of high quality mono-crystalline PV Solar Panels.

### Wind Turbine Tip Speed Ratio

Learn about how the importance of the Tip Speed Ratio (TSR) in wind turbine design

The **Tip Speed Ratio** (often known as the **TSR**) is of vital importance in the design of **wind turbine generators**. If the **rotor** of the wind turbine turns too slowly, most of the wind will pass undisturbed through the gap between the rotor blades. Alternatively if the rotor turns too quickly, the blurring blades will appear like a solid wall to the wind. Therefore, wind turbines are designed with optimal tip speed ratios to extract as much power out of the wind as possible.

When a **rotor blade** passes through the air it leaves **turbulence in its wake**. If the **next blade on the spinning rotor** arrives at this point while the air is still turbulent, it will not be able to **extract power** efficiently from the wind. However if the rotor span a little more slowly the air hitting each turbine blade would no longer be turbulent. Therefore the tip speed ratio is chosen so that the blades do not pass through turbulent air.

#### Tip Speed Ratio Calculations

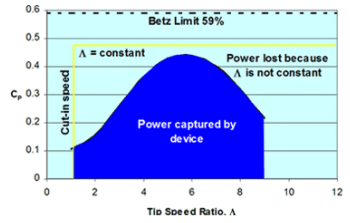
The tip speed ratio is given by dividing the speed of the tips of the turbine blades by the speed of the wind - for example if a 20 mph wind is blowing on a wind turbine and the tips of its blades are rotating at 80 mph, then the tip speed ratio is  $80/20 = 4$ .

#### Optimum Tip Speed Ratio

The optimum **tip speed ratio** depends on the number of blades in the **wind turbine rotor**. The fewer the number of blades, the faster the wind turbine rotor needs to turn to extract maximum power from the wind. A two-bladed rotor has an optimum tip speed ratio of around 6, a three-bladed rotor around 5, and a four-bladed rotor around 3.

Highly efficient aerofoil **rotor blade design** can increase these optimum values by as much as 25-30% increasing the speed at which the rotor turns and therefore generating more power. A well designed typical three-bladed rotor would have a **tip speed ratio** of around 6 to 7.

If the tip speed ratio is too low - for example if poorly designed rotor blades are used - the wind turbine will tend to slow and/or **stall**. If the tip speed ratio is too high the turbine will spin very fast through turbulent air, power will not be optimally extracted from the wind, and the wind turbine will be highly stressed and at risk of structural failure.



Pictured above is a graph showing the **power coefficient** for different values of **tip speed ratio** for a two-bladed rotor. The theoretical maximum efficiency of a wind turbine generator is given by the **Betz Limit** of around 59%. With a tip speed ratio (TSR) of just under 6, the power coefficient for this example turbine is 0.45.

Tip Speed  
5m/s wind → 25 m/s

interpret the flashing LED light on electronic electricity meters  
[education](#)  
11:27, 17th May 2012

**Wind Turbine Insurance**  
The importance of wind turbine insurance and what to look for  
[wind](#)  
12:57, 5th May 2012

**Solar Insolation**  
A measure of the amount of solar radiation hitting the earth  
[solar](#)  
10:12, 5th May 2012

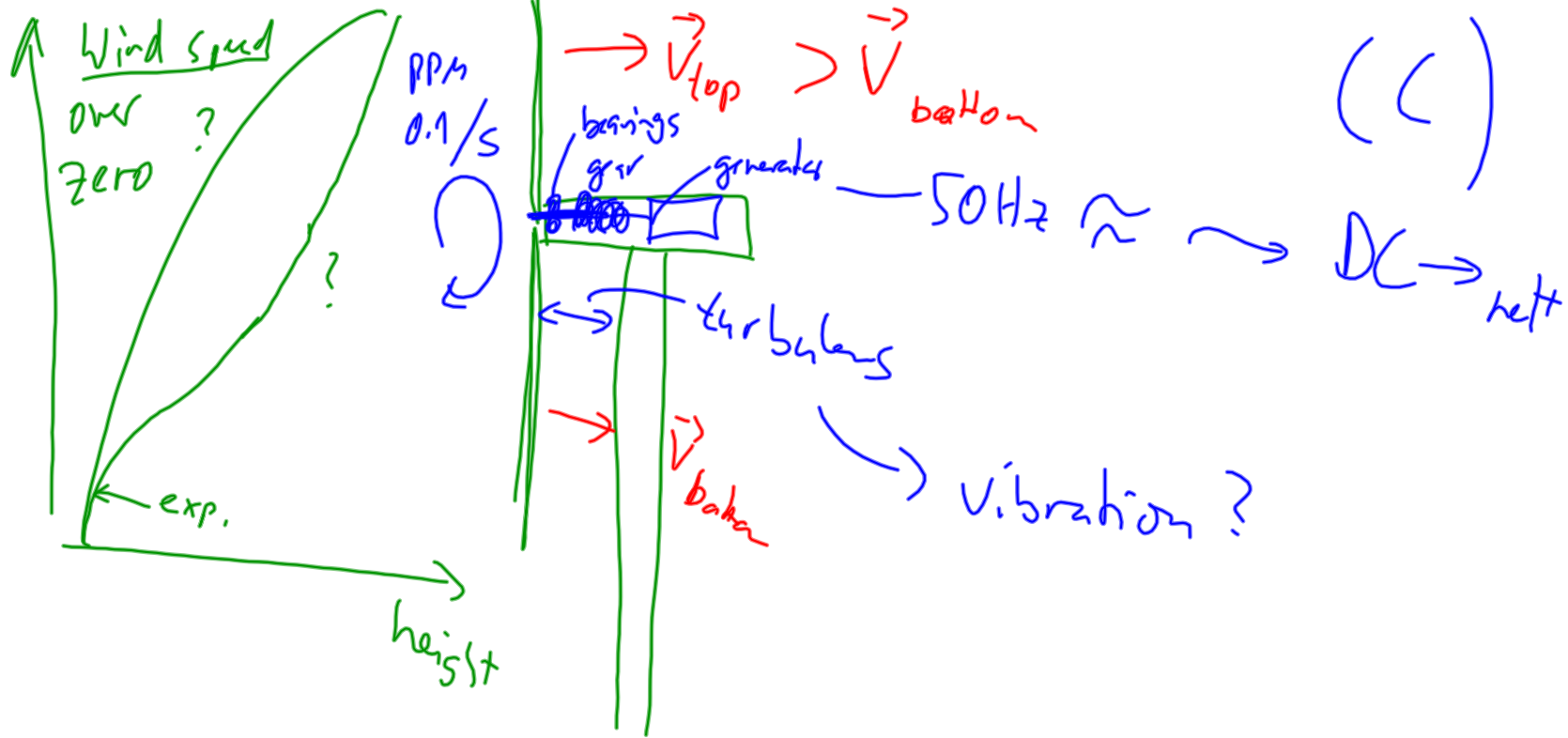
**Virtu Hybrid Solar PV Water Heating**  
Find out about a new hybrid solar PV and water heating panel - Virtu  
[solar](#)  
13:10, 26th Apr 2012

**External Solid Wall Insulation**  
Find out about solid wall insulation applied to external walls  
[energy efficiency](#)  
13:10, 26th Apr 2012

**Logic Energy WindTracker**  
Find out more about the Logic Energy Wind Tracker  
[wind](#)  
08:43, 13th Apr 2012

**Low Voltage Battery Disconnect Circuits**  
Find out more about low voltage battery disconnect (LVD) circuits - used to protect batteries

7 turns  
440m → 25m/s  
 $\frac{440}{25} = 17.6$   
RPM = 0.06  $\frac{1}{s}$



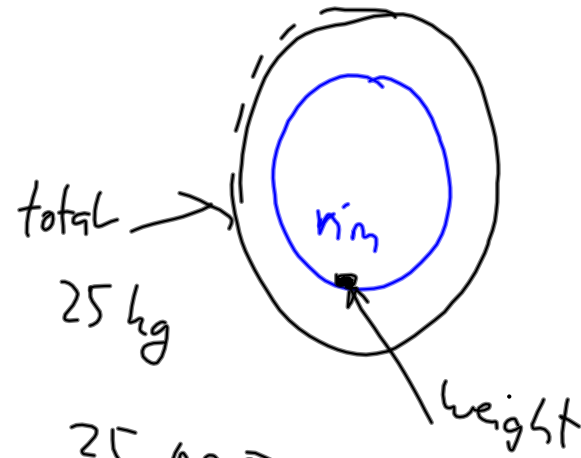


Example

car wheel

Pb

(b)



$25.005 \text{ g} \approx \underline{\underline{0.02\%}}$

5g "non-optimized"  
gives you  
7kg force @  
100km/h

Maintenance gearbox #1 el components ~~1/5~~ <sup>1/3</sup> <sub>quarter</sub>  
blades  
bearings

land

Invest

Maintenance

80

20

[Alstom]

17% [Trink]

#1 change every  
5 years ?

[Alstom]

off-shore

50

50

[Alstom]

25-30% [Trink]

tu.no / 2012/06/04/ ...

Energi

Google+ TURBIN FOR OFFSHORE VINDKRAFT

www.tu.no/energi/2012/06/04/kaprer-mer-vind-med-ny-turbin

TU.no Bygg-anlegg Energi Industri IT Olje-gass Miljø-klima Motor Forbruker Jobb

Søk på tu.no SØK

Girløss: Heliade 150 med direkte drift. FOTO: ALSTOM

## TURBIN FOR OFFSHORE VINDKRAFT

# Kaprer mer vind med ny turbin

**Kraftigere turbin med ny teknologi skal gi mer offshore vindkraft.**

Av **Tore Stensvold**  
Publisert: 4. juni 2012 kl. 07:02

Tips en venn Tweet 4 +1 0 Anbefal 22 Send

Det franske konsernet Alstom har kjøpt seg opp til en gigantposisjon innen vindkraft. Basisen ble lagt da det spanske Ecotécnia, en av Europas eldste vindturbinprodusenter, ble overtatt i 2007.

**Alstom**

### Siste nyheter

- 10:22 Krangler om ansvaret i Høyanger
- 06:59 Dette er Norges nye storselger
- 06:58 Her testes Kongsbergs NSM-missil
- 16:54 Norske studenter utviklet undervannsfallskjerm
- 09:06 Slå på lyden med lysbryteren

### Ledige stillinger

Søk i ledige stillinger

**Ingeniør/Sivilingeniør VVA**  
SK Langeland AS

**INGENIØR TILSYN BYGGESAK, VANN- OG AVLØP (sak 12/50)**  
Notodden kommune

MSC/Siv.ing./Ing.  
- analyse og karakterisering av plast- og komposittmaterialer

Arbeidssted: Oslo  
**Søknadsfrist: 25.06.2012**

SINTEF

**UTC**  
Underwater Technology Conference

13-14 June 2012  
Grieghallen  
Bergen, Norway

www.utc.no

**Telekom**

Google+ TURBIN FOR OFFSHORE VII x

www.tu.no/energi/2012/06/04/kaprer-mer-vind-med-ny-turbin

TU.no Bygg-anlegg Energi Industri IT Olje-gass Miljø-klima Motor Forbruker Jobb

Søk på tu.no SØK

### Fuuskala

En fullskala testturbin er installert i en fransk elvemunning nær Saint-Nazaire.

Det ga erfaring med installasjon i det våte element, og gir samtidig god tilgjengelighet i testperioden.

**Med en effekt på 6 MW er det verdens største offshore turbin.**

Den får direkte drift, noe som derved sparer giret.

Les også: – [Vindmøller bør bygges med luftskip](#)


### Direkte drift

Alstom har utviklet et system de kaller «pure torque» – som overfører ujevne laster fra turbinbladene til det kraftige tårnet i stedet for til giret.

Giret er det svakeste punkt i mange vindturbiner. De mekaniske påkjenningene ved ujevne belastninger sliter ut giret.

Dyrt og tidkrevende vedlikehold og utskifting hvert femte år betyr redusert innjening.

Tilgjengeligheten for reparasjon og vedlikehold offshore er vanskelig og kostbar. Derfor er levetid og pålitelighet en nøkkelfaktor. Vårt girløse alternativ er løsningen, mener Faubel.



**KRAFTOVERFØRING:** Vinden blåser ikke konstant. Dermed blir det mange variable krefter som overføres fra turbinbladene til resten av konstruksjonen. Alstoms "pure torque" og direkte drift betyr at slitasje på gir unngås. . Foto: Alstom


### 50-50

For et vindkraftverk på land er fordelingen mellom investeringskostnad og drift ca. 80–20. Offshore er den rundt 50–50.


– Driftskostnaden må ned på offshore vind, konkluderer Faubel.

Han innser at energimarkedet setter prisene under press. Subsidiert vindkraft vil ikke være evig


### Oljegeologer hjelper vindindustrien




### – Vindmøller bør bygges med luftskip




### Kapitalen inntar vindkraftbransjen



### Svensk vindkraft blør



### Vil utkonkurrere tradisjonelle vindturbiner



Steinar Jakobsen: Hovedkonklusjonene til paperet ...


**Vil ha lengre og dyrere offshorekabel**

average joe: Det er jo ofte sånn med slike prosje...

**Det er teknologisk mulig å nå togradersmålet**


- Bjarne Mikael: Disse virker alle i bakgrunnen hel...
- Bjarne Mikael: Liksomskandalen fra 2009 er ikke e...
- Bjarne Mikael: Spør enhver petroleumsgeolog og ha...
- Bjarne Mikael: Det er uvanlig, men ikke umulig å ...

### Fikk du med deg?



### Se verdens største viking skip ta form

beta.tu.no



### Vi videreutvikler tu.no

– hjelp oss å bli bedre!


### Mest lest

- Norske studenter utviklet undervannsfallskjerm
- Det er Norges nye storselger
- Dette gjør du når det brenner i tunnelen
- Slå på lyden med lysbryteren
- Debutanter bør ha dempegaffel i Birken
- Webkamera på 3000 meters dyp
- Det er teknologisk mulig å nå togradersmålet
- Se astronautenes ti mest legendariske bilder
- Kårer verdens beste klima-app
- Her testes Kongsbergs NSM-missil

Papiruttaven av Teknisk Ukeblad

### 30-40%

Reduksjon i utbyggingskostnader



Google+ TURBIN FOR OFFSHORE VII

www.tu.no/energi/2012/06/04/kaprer-mer-vind-med-ny-turbin

TU.no Bygg-anlegg Energi Industri IT Olje-gass Miljø-klima Motor Forbruker Jobb

Søk på tu.no SØK

### Fuuskala

En fullskala testturbin er installert i en fransk elvemunning nær Saint-Nazaire.

Det ga erfaring med installasjon i det våte element, og gir samtidig god tilgjengelighet i testperioden.

**Med en effekt på 6 MW er det verdens største offshore turbin.**

Den får direkte drift, noe som derved sparer giret.

Les også: – [Vindmøller bør bygges med luftskip](#)


### Direkte drift

Alstom har utviklet et system de kaller «pure torque» – som overfører ujevne laster fra turbinbladene til det kraftige tårnet i stedet for til giret.

Giret er det svakeste punkt i mange vindturbiner. De mekaniske påkjenningene ved ujevne belastninger sliter ut giret.

Dyrt og tidkrevende vedlikehold og utskifting hvert femte år betyr redusert innjening.

Tilgjengeligheten for reparasjon og vedlikehold offshore er vanskelig og kostbar. Derfor er levetid og pålitelighet en nøkkelfaktor. Vårt girløse alternativ er løsningen, mener Faubel.



**KRAFTOVERFØRING:** Vinden blåser ikke konstant. Dermed blir det mange variable krefter som overføres fra turbinbladene til resten av konstruksjonen. Alstoms "pure torque" og direkte drift betyr at slitasje på gir unngås. . Foto: Alstom


**50-50**

For et vindkraftverk på land er fordelingen mellom investeringskostnad og drift ca. 80–20. Offshore er den rundt 50–50.


– Driftskostnaden må ned på offshore vind, konkluderer Faubel.

Han innser at energimarkedet setter prisene under press. Subsidier til vindkraft vil ikke være evig


### Oljegeologer hjelper vindindustrien




– **Vindmøller bør bygges med luftskip**




### Kapitalen inntar vindkraftbransjen



### Svensk vindkraft blør



### Vil utkonkurrere tradisjonelle vindturbiner



Steinar Jakobsen: Hovedkonklusjonene til paperet ...


**Vil ha lengre og dyrere offshorekabel**

- average joe: Det er jo ofte sånn med slike prosje...

**Det er teknologisk mulig å nå togradersmålet**


- Bjarne Mikael: Disse virker alle i bakgrunnen hel...
- Bjarne Mikael: Liksomsandalen fra 2009 er ikke e...
- Bjarne Mikael: Spør enhver petroleumsgeolog og ha...
- Bjarne Mikael: Det er uvanlig, men ikke umulig å ...

**Fikk du med deg?**



**Se verdens største vikingsskip ta form**

beta.tu.no



### Vi videreutvikler tu.no


– hjelp oss å bli bedre!

**Mest lest**

- Norske studenter utviklet undervannsfallskjerm
- Dette er Norges nye storselger
- Dette gjør du når det brenner i tunnelen
- Slå på lyden med lysbryteren
- Debutanter bør ha dempegaffel i Birken
- Webkamera på 3000 meters dyp
- Det er teknologisk mulig å nå togradersmålet
- Se astronautenes ti mest legendariske bilder
- Kårer verdens beste klima-app
- Her testes Kongsbergs NSM-missil

**Papiruttøven av Teknisk Ukeblad**

**30-40%**  
Reduksjon i utbyggingskostnader



# Climatology / Meteorology

