



**VATTENFALL OG
VINDKRAFTTEKNIK**

Vind har været brugt som energikilde i flere tusinde år. Vattenfall har arbejdet med udvikling af vindkraft i næsten 30 år. Udviklingen er gået fra enkelte vindmøller og mindre grupper af vindmøller på land til store vindmølleparker til havs. I Sverige, Finland og Danmark har Vattenfall 478 hel- og delejede vindmøller, der i alt producerer 870 GWh elektricitet pr. år. Vores elproduktion fra vindkraft i Polen og England er 330 GWh. Vattenfalls samlede elproduktion fra vindkraft giver husholdningsel til næsten 240.000 hjem.

Den svenske Riksdag har besluttet at øge andelen af vedvarende energi med 17 TWh til år 2016. Vattenfalls andel i Sverige skal svare til cirka 10 TWh, hvoraf 7-8 TWh kommer fra vindkraft.

Cirka 10 kilometer uden for den skånske kyst, syd for Øresundsbroen, bygger Vattenfall den hidtil største vindmøllepark i Sverige, Lillgrund, med 48 vindmøller. Vindmølleparken, der står klar i slutningen af 2007, kommer til at producere 330 GWh og have en effekt på 110 MW.

HVORDAN FUNGERER EN VINDMØLLE?

Turbinen

Vindmøllens blad og nav kaldes turbinen (eller rotor). Bagved turbinen, i det såkaldte maskinhus, findes det øvrige el- og maskinudstyr, se skitse med tværsnit. Maskinhuset er monteret på et tårn, for at vinden frit kan strømme gennem turbinen, og fordi vindhastigheden stiger betydeligt med højden over marken. Mellem maskinhuset og tårnet findes et gearsystem, som automatisk sikrer, at turbinen er vendt mod vindretningen. Turbinens blad bremsrer vinden og udvinder en del af dens bevægelsesenergi. Bladet kan udnytte en stor del af vindenergien fra hele den flade, vinden glider hen over.

Turbinen på de vindmøller, der bygges på Lillgrund, har en diameter på 93 m og et svingareal på 6.800 m², det vil sige større end en fodboldbane. Massen af den luft, som pr. sekund

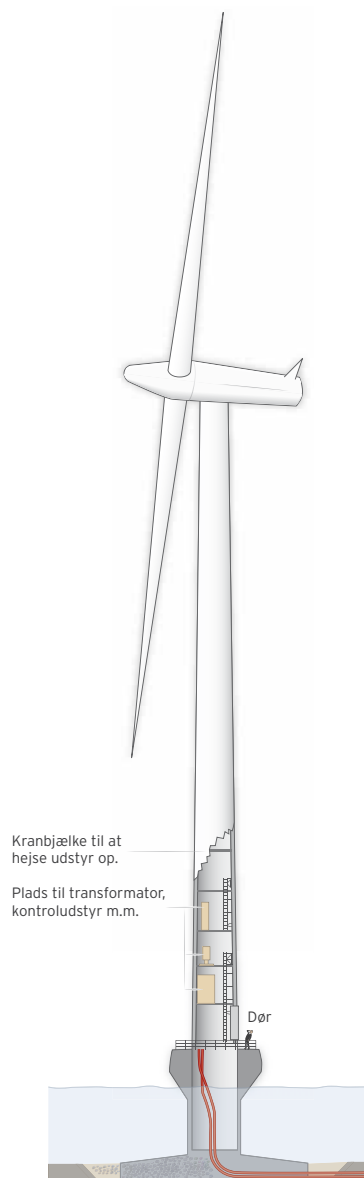
blæser gennem svingarealet ved vindhastigheden 10 m/s, kommer op på ca. 70 ton. Dette svarer til to fuldlastede tankbiler. Bladene er fremstillet af kompositmateriale, der giver en meget slidstærk konstruktion. Et avanceret lynbeskyttelsessystem, der beskytter mod skader ved lynnedslag, er indbygget i bladene. Vægten på bladene er 11 ton pr. stk. Tårnet er produceret i stål og har en højde på 63,8 meter og vejer 127 ton.

Generatoren

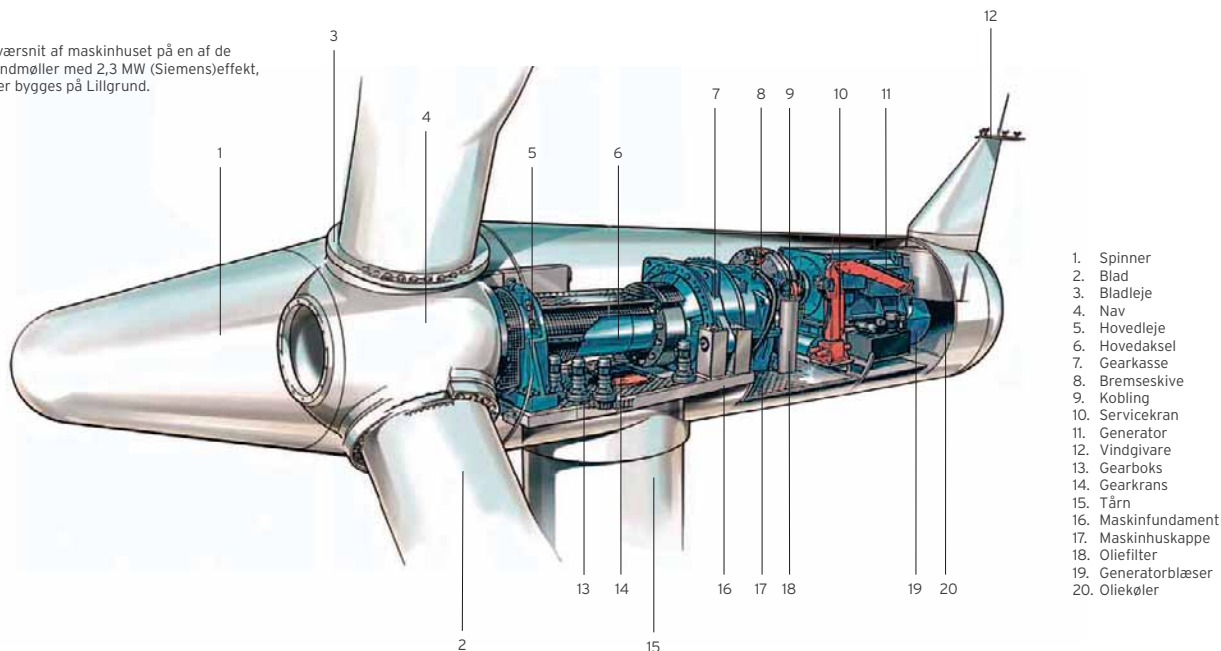
Turbinens aksel er koblet til en generator, der sidder inde i vindmøllens maskinhus. Mellem turbinen og generatoren findes der normalt et gear, der skifter turbinens lave omdrejningstal på f.eks. 6-16 omdrejninger pr. minut op til generatorens 1.500 omdrejninger pr. minut. Man kan også lade turbinens omdrejningstal variere og vha. omformerteknik fremkalde elektrisk strøm med den rigtige frekvens. Generatoren producerer elkraft, som distribueres til elnettet.

VINDKRAFTEN OG ELNETTET

Når der er svag vind eller vindstille står vindmøllerne i "venteposition". Når det blæser tilstrækkelig meget, ca. 4 m/s, starter produktionen automatisk og føder effekt ind på elnettet. Spændingen



Tværsnit af maskinhuset på en af de vindmøller med 2,3 MW (Siemens)effekt, der bygges på Lillgrund.



1. Spinner
2. Blad
3. Bladleje
4. Nav
5. Hovedleje
6. Hovedaksel
7. Gearkasse
8. Bremseskive
9. Kobling
10. Servicekran
11. Generator
12. Vindgivare
13. Gearboks
14. Gearkrans
15. Tårn
16. Maskinfundament
17. Maskinhuskappe
18. Oliefilter
19. Generatorblæser
20. Oliekøler

stiger normalt lidt, når der fødes effekt ind på nettet. Kraftsystemets transformatorer på land regulerer spændingsændringer, så der kan leveres en god elkvalitet til forbrugerne.

Ved cirka 12-14 m/s giver vindmøllen fuld effekt. Ved kraftige vinde, hvor vindhastigheden overstiger ca. 25 m/s, er de mekaniske belastninger så store, at vindmøllerne stoppes for ikke at forårsage unødigt slitage. Da der findes mange vindmøller tilsluttet i et og samme punkt til elnettet, indstilles stopvinden lidt forskelligt, f.eks. mellem 22-26 m/s. Dette sker for at sikre, at en hel vindmøllepark ikke skal standse samtidigt og skabe store forskelle i elproduktionen.

Vindkraften fungerer godt i kombination med vandkraft. Så længe vindmøllerne producerer elektricitet, spares der vand i elvenes vandmagasiner. Når vinden aftager, kan det opsparerede vand udnyttes til elproduktion. Vindkraften producerer desuden mest i løbet af vinteren, når vandmagasinerne begynder at svinde, samtidig med at behovet er størst på det tidspunkt.

VINDMØLLEPARKER TIL HAVS

Placering og konfiguration

Hvordan man placerer de enkelte værker i vindmølleparken i forhold til hinanden, den såkaldte konfiguration,

betyder blandt andet noget for elproduktionen. For at opnå så stor elproduktion som mulig fra hver vindmølle er det vigtigt, at vindmøllerne anbringes, så de ikke står i læ af hinanden. En ofte anvendt tommelfingerregel er, at afstanden mellem møllerne i den dominerende vindretning skal være fem gange rotordiameteren.

Fundament

Der findes forskellige typer fundament, f.eks. monopile, tripod og gravitationsfundament, som kan anvendes ved opførelsen af vindmøller til havs. Hvilken type fundament, der vælges, afhænger af vindmøllernes størrelse, vindforhold, vanddybde, geologi, is, bølger og strømme.

En "monopile" består af et rør, som piloteres eller bores ned i bunden og udgør fundamentet, som tårnet siden monteres på. Tripodfundament er en trebenet rammekonstruktion af stålør. Pillen under tårnet er forbundet med en ramme af stål, der spreder belastningen ud på tre stålør. De forankres med separate pæle i bunden (som mindre monopiles). Gravitationsfundamentet holder tårnet og maskinhuset på plads vha. sin vægt og friktionen mod underlaget. Gravitationsfundamentet kan også fyldes med ballast.

Fundamenterne til vindmøller på Lillgrund er gravitationsfundamenter af armeret beton. Fundamenterne støbes på pramme i havnen EuroPort i Swinoujscie, Polen. På hver pram støbes fire fundamenter. Først støbes bundpladen, derefter væggene, skaffet og til sidst keglen, se billedet der viser støbning af fundament til Lillgrund. Det er i alt fire pramme, der anvendes til fremstilling af fundamentet. Så snart de fire fundamenter er klar, transporteres de til Lillgrund, så de kan placeres på havbunden. Prammen bugseres tilbage til Polen for at fortsætte fremstillingen af yderligere fire fundamenter.

Præpareringen af havbunden sker parallelt med støbningen af fundamentene. Ved hver fundaments position udføres rensning og kontrol af bunden samt placering af en stenbund.

Montering

Vindmøllen samles så vidt muligt på land. De fragtes ud til havs med specielle installationsfartøjer, der er udstyret med løftekraner. Ude til havs monteres det, der ikke kunne monteres på land, f.eks. tårnet, fundamentet og maskinhuset med nav og rotorblade. Udviklingen går mod, at man samler hele vindmøllen på land og derefter fragter den ud til havs med store specialfartøjer.



Rensning ved Lillgrund.

Udstyr til drift og vedligeholdelse

Vindmøller til havs udsættes for større slid end vindmøller på land. Det skyldes, at klimaet til havs er hårdere med mere blæst, bølger, saltvand og is. Det er også sværere at udføre reparationer til havs end på land. For at sikre drift og vedligeholdelse af vindmøller til havs, skal de være tilpasset til de maritime forhold. Det indebærer blandt andet følgende:

- Ekstra korrosionsbeskyttelse imod den skadelige saltvandsluft.
- Et fastgørelsessystem så man på en sikker måde kan klatre op på vindmøllen.
- En del af tårnet bør være reserveret til opholdsrum for driftspersonale eller i nødstilfælde til overnatning.
- Opsamlingsbeholder til oliespild.
- Servicekransystem i maskinhuset.
- Avanceret vibrationsovervågning af det mekaniske driftssystem.
- Fyrbelysning så skibstrafikken ikke får problemer med at se vindmøllen.
- Automatisk smøringssystem for at forlænge intervallerne mellem servicebesøgene.

Driftscentral på land

Vindmøllerne styres automatisk af deres kontrolsystem, men de overvåges desuden fra en bemanded driftscentral på land. Derfra kan værket både slukkes og startes. Hvis der opstår et problem i driften, kan kontrolsystemet finde dette tidligt og give en fejlmeddelelse. Overvågningsudstyret omfatter vindmøller, kabler, fundamenter, nautiske sikker-

hedsanordninger og flysikkerhedsanordninger som f.eks. de lamper, som vindmøllerne er udstyret med. For at hindre skide i at kolliderer med vindmøllen og for at holde uautoriserede skide på afstand, har man bl.a. overvågning af vindmølleparken. Vedligeholdelseskontroller og reparationer af vindmøller gennemføres ved, at serviceteknikere sejler med båd ud til vindmøllen.



Støbning af fundament til Lillgrund på en pram i havnen EuroPort i Swinoujscie, Polen.