

KAPITEL 16



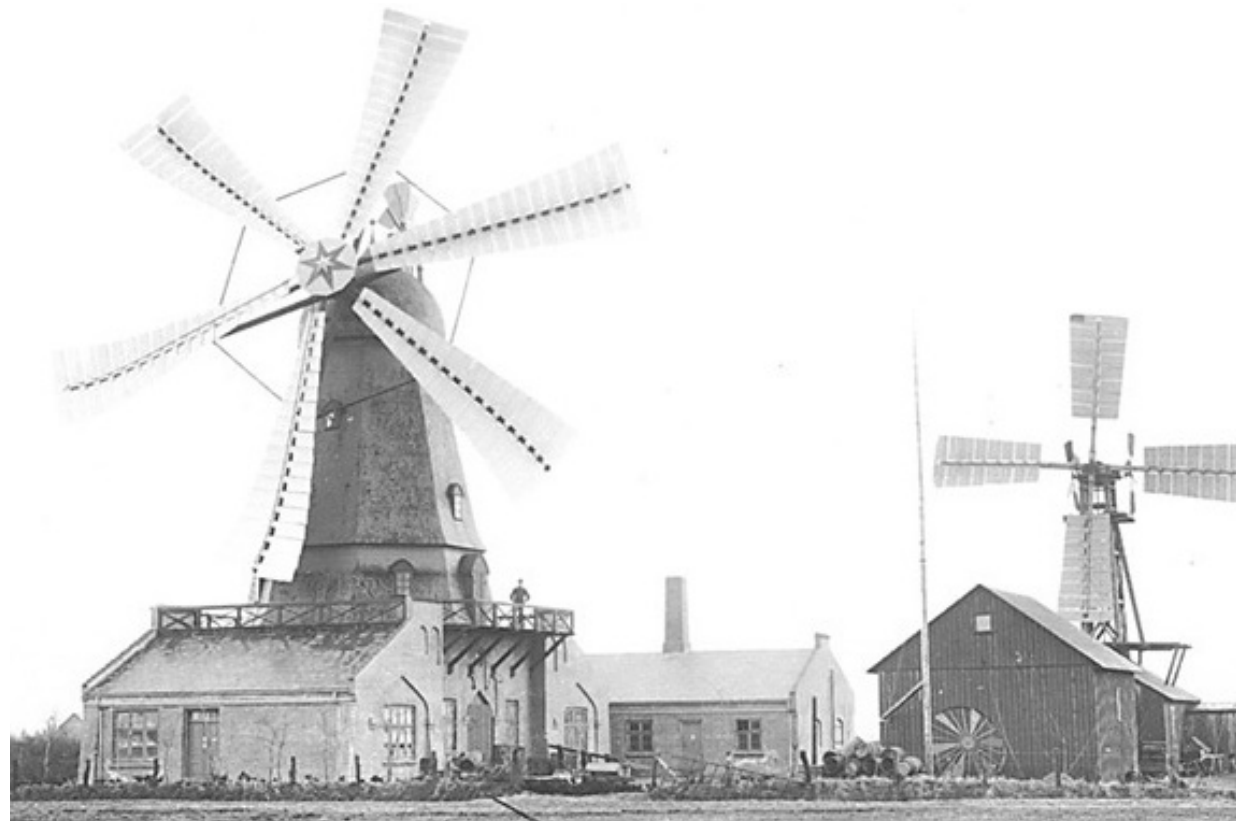
FIGUR 124. En moderne havvindmøllepark i Danmark. Shutterstock.

VINDMØLLER – EN DANSK SUCCESHHISTORIE

UDBYGNINGEN AF VINDMØLLESEKTOREN KRÆVER RÅSTOFFER

Vindens energi har været brugt i Danmark gennem århundreder, både til sejlskibe og til vindmøller. I begyndelsen blev den energi, som de roterende vinger på møllerne skabte, brugt til at dreje tunge stenvaller, som kunne formale korn til mel. Men allerede i 1895 opfandt danskeren Poul la Cour en elproducerende vindmølle og i 1901 havde han bygget en vindmølle, som producerede strøm til Askov by (figur 125). I 1908 var der 32 la Cour-vindmøller opstillet i Danmark, som leverede strøm til elværkerne, og under 1. verdenskrig voksede tallet til 250 vindmøller. Herefter gik udbygningen i stå, og der kom først gang i vindmøllerne igen i 1950'erne.

I 1957 blev der opstillet en 24 m høj mølle ved Gedser, som havde en effekt på 200 kW, men først i 1970'erne, da verden oplevede en energikrise, voksede interessen for vedvarende energi. Det blev fx starten til bygningen af den 54 m høje Tvindmølle ved Ulfborg, som kom i drift i 1978 og satte fokus på diskussionerne om, hvordan man kunne frigøre elektricitetsforsyningen fra de fossile brændstoffer (figur 126). I denne



periode begyndte mange mindre virksomheder at producere vindmøller. En af disse var Vestas, der i dag er en af verdens førende producenter af vindmøller. Siden den spæde start er der sket mange inkrementelle innovationer indenfor vindmølleteknologien, og størrelserne på vindmøllerne er vokset, så

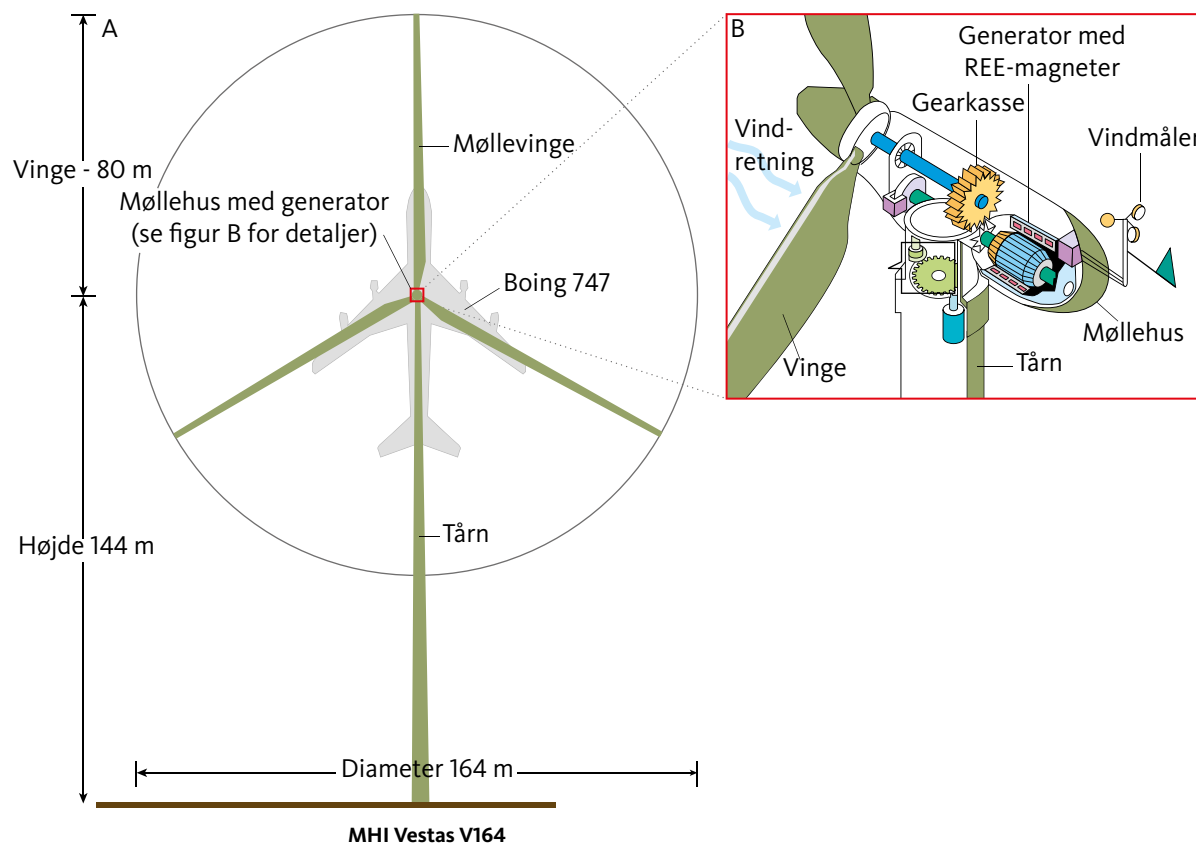
FIGUR 125. Den første elproducerende vindmølle blev udviklet i 1891 af danskeren Poul la Cour (som står på platformen). Foto af Nissen (2004).

FIGUR 126. Tvindskolernes vindmølle ved Ulfborg kom i drift i 1975 og blev starten på udviklingen af den danske vindmølleindustri. Shutterstock.



vingespidsen på nogle møller når op til 220 m over terræn, når vingen er højest oppe, og produktionen er på op til 8 MW (figur 127).

Energikrisen i 1970'erne skyldtes usikre leverancer af olie fra Mellemøsten på grund af politiske forhold og en bekymring for, at det hastigt stigende forbrug ville tømme verdens oliereserver. Israel var i krig med Egypten og Syrien, og de arabiske stater truede med at stoppe olien til de lande, der støttede Israel. I Danmark var 90 % af energiforbruget baseret på olie, og den danske olieproduktion var endnu ikke startet. Danmark var helt afhængig af import. Regeringen indførte bilfrie søndage og andre restriktioner på elforbruget. Så da udviklingen af vindmøllerne tog fart i 1970'erne, var

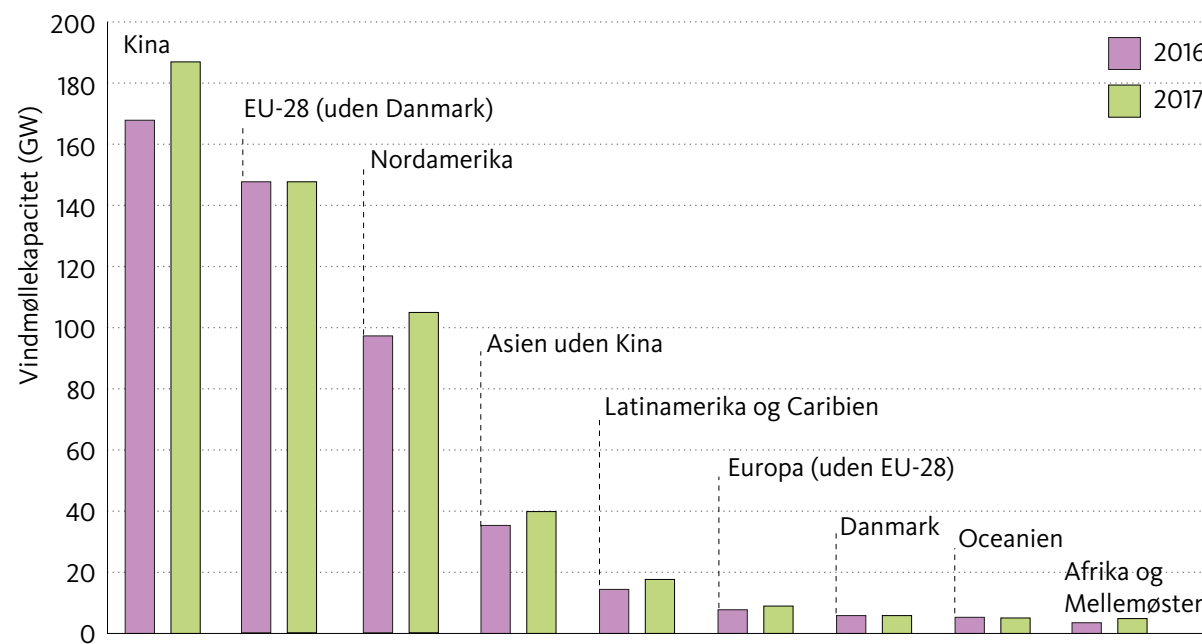


FIGUR 127. Den tekniske udvikling af vindmøller går meget hurtigt, de bliver større og mere effektive. Den nye MHI Vestas V164 har nu næsten dobbelt så store vinger som en Boeing 747 og en samlet højde på 224 meter. Effektiviteten forbedres ved nye design af bl.a. vinger og dynamo. Moderne dynamoer bruger store mængder sjældne jordartsmetaller for at gøre dynamoens magneter stærkere. REE = Rare Earth Elements eller sjældne jordartsmetaller. Efter Wilburn (2011).

klimaforandringer og CO₂-udledning endnu ikke en del af debatten; argumenterne gik alene på den manglende forsyningssikkerhed af de fossile råstoffer fra Mellemøsten. I dag er den hastige omlægning til grønne energiteknologier drevet af nødvendigheden af at nedbringe CO₂-udledningen for herved at påvirke klimaforandringerne i positiv retning.

Skal vi frigøre os fra fossile brændstoffer, kan vindmøller ikke være den eneste energikilde, da de kun producerer strøm, når der er tilstrækkeligt med vind til at drive møllerne. Omlægningen til grøn energiforsyning skal derfor kombineres med anlæg, der kan opbevare energien og med andre CO₂-frie energiteknologier, som ikke er vejr- og solafhængige.

Udbygning af vindmølleenergien er påvirket af mange forhold, bl.a. placeringen, fordi meget få mennesker vil have vindmøllerne i deres baghave. Det gælder især for vindmøller på land, hvor klagerne går på støj og skygge fra roterende møllevinger. Fælles for både havvindmøller og landvindmøller er, at de af mange betragtes som uæstetiske elementer i landskabet. Sådanne folkelige protester kan



gøre det vanskeligt at gennemføre langsigtede, regionale energipolitiske planer.

Den globale kapacitet som verdens vindmøller vil kunne producere, hvis man forestiller sig, at de alle er i gang på samme tid, er ca. 500 GW, men der er store regionale forskelle på, hvor mange vindmøller der er opstillet (figur 128).

Det Internationale Energiagentur (IEA) forventer en vækst i udbygningen af vindmøl-

FIGUR 128. Udviklingen i mængden af elektricitet vindmøller producerede i 2016 og 2017 i forskellige regioner i verden.

Det fremgår, at Kina har den største kapacitet samtidig med, at de har udbygget mest i denne toårsperiode.

Europa (EU28 samt resten af Europa) har næsten samme kapacitet, mens de øvrige regioner har betydelig mindre udbygget vindmøllekapacitet.

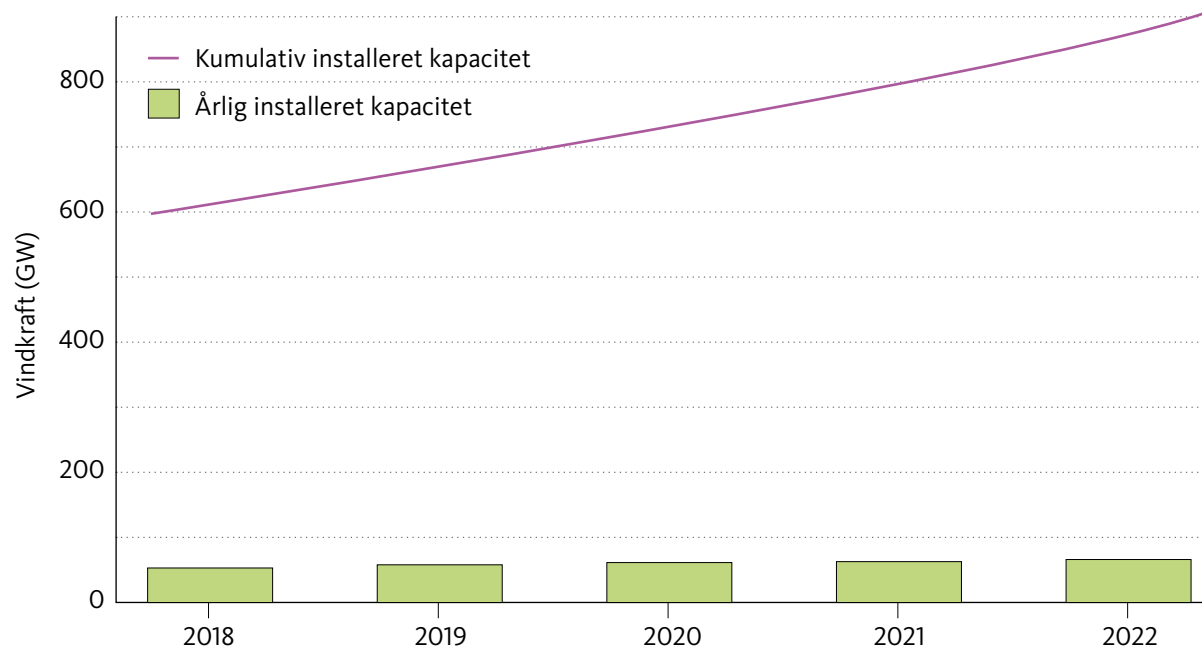
Efter Fried et al. (2018).

leparker, svarende til at alle verdens vindmøller i 2022 kan producere 841 GW energi (figur 129). I 2019 har Kina den største kapacitet efterfulgt af EU og Nordamerika. I 2017 havde de danske vindmøller en kapacitet på ca. 5 GW og dermed kun ca. 1 % af verdens samlede kapacitet, men den danske vindmøllekapacitet er højt i forhold til antallet af indbyggere.

HVORDAN FUNGERER EN VINDMØLLE?

Når vindens kraft får møllens vinger til at dreje rundt, overføres energien til møllens dynamo, som omdanner den mekaniske energi til elektrisk energi. Så med en højere vindhastighed øges produktionen af elektricitet. Tilsvarende bestemmer størrelsen af møllevingerne den mekaniske energi og dermed møllens strømproduktion.

Størrelserne på møllerne vokser år for år, hvilket øger udfordringerne, når man skal opstille møllerne, bl.a. fordi den tunge dynamo skal løftes højt op over jorden eller havet. Der udvikles imidlertid hele tiden dynamoer, som er lettere og mere effektive end de gamle, bl.a. fordi de indeholder meget stærke magneter. Magneternes



effektivitet skyldes indholdet af bestemte sjældne jordartsmetaller, som især bruges til havvindmøllerne.

RÅSTOFFER TIL VINDMØLLER

Vindmøller består af en række hovedkomponenter med hver deres funktion i møllen, og de er fremstillet af forskellige materialer. Materialerne er opbygget af grundstoffer, som sikrer, at materialerne har de ønskede egenskaber, fx at de er gode strømledere, har

FIGUR 129. Med en udbygningshastighed af verdens vindmølleparker på ca. 50-70 GW forventes der i 2021 at være en kapacitet på mere end 800 GW. Efter Fried et al. (2018).

alder, hvor de skal udskiftes. Møllerne indeholder store mængder mineralske råstoffer, som der er stigende interesse for at genanvende. Specielt er vindmøllens store magneter, der udgør en del af møllens dynamo, stærkt efterspurgt til genanvendelse, da de har et højt indhold af de sjældne jordartsmetaller neodymium, praseodymium, terbium og dysprosium.

Møllevingerne udgør et særligt problem. På de første møller var vingerne lavet af glasfiber, og når møllerne blev skrottet, sparede man møllevingerne op, knuste dem og brugte dem som råstof ved fremstilling af cement. Dette var en fordel for både mølle-ejeren og for cementfabrikken. I de senere år er man gået over til at lave vingerne af kulfibre, fordi dette materiale er stærkere og lettere. Desværre er der endnu ikke nogen anvendelsesmuligheder for brugte vindmøllevinger af kulfibre. Dette er et eksempel på, at genanvendelse indtil nu ikke har været en integreret del af de tekniske udviklinger af vindmøllerne.

NØGLEBEGREBER

- Dynamo
- GW
- MW
- Vindmøllekapacitet

REFERENCER

Fried, L., Qiao, L., & Sawyer, S. (2018). *Annual Global Wind Report. Annual Market Update 2017*. Hentet fra <https://gwec.net/members-area-market-intelligence/reports/>

Nissen, P.-O. (2004). *Kratostaten En opfindelse af Poul la Cour*. Poul la Cour Museets Venner.

Wilburn, D. R. (2011). *Wind energy in the United States and Materials Required for the Land-Based Wind Turbine Industry From 2010 Through 2030* (Nr. Scientific Investigations Report 2011-5036). Hentet fra <https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5036/>