

4



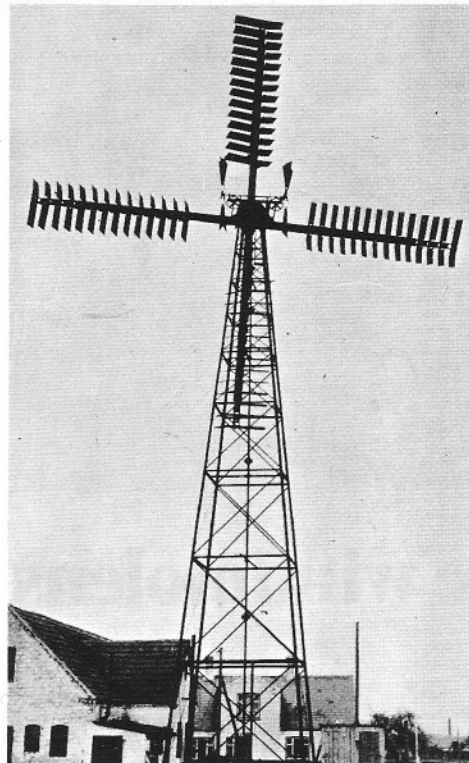
Grote windmolens

Nu we kennis hebben gemaakt met windmolens die elektriciteit opwekken, geven we een kort overzicht van de geschiedenis. Het is een schets van de grote lijnen van de ontwikkeling van elektriciteits-opwekking door middel van windmolens.

DE EERSTE ONTWIKKELINGEN (PERIODE TOT 1918)

Ondanks de eeuwenlange ervaring met de windmolentechniek was het niet Nederland maar Denemarken dat de windmolen voor het eerst als elektriciteitscentrale ging gebruiken. Denemarken had omstreeks 1880 een tekort aan brandstof en werd daardoor genoodzaakt andere oplossingen voor het energieprobleem te vinden. Nederland had in die tijd zijn eigen brandstoffen om de stoommachines in de elektriciteitscentrales te laten draaien, de steenkool uit Limburg. In 1891 werd de Deense professor P. de la Cour aangesteld als hoofd van een windenergie-onderzoekcentrum nabij Askov in Denemarken.¹ Hij ontwikkelde een automatisch werkende windgenerator, die een vermogen kon leveren van 9 kilowatt. Deze experimentele molen was uitgerust met zogenaamde zelfzwichtende wieken en twee windervo's (afb. 4.1). De vier wieken met een diameter van 25 meter, bestonden uit een aantal aluminium platen, die dwars op de wieken konden draaien. Het geheel gaf een jalouzie-achtig aanzicht. Bij normale windsnelheden vormden de platen een gesloten wiek. Zodra er echter voor de molen ontoelaatbaar hoge windsnelheden optreden, gingen de platen door de winddruk open. Het aldus verkleinde windvangend oppervlak voorkwam het op hol slaan van de wieken. De twee windervo's dienden om de molen op de wind te richten (kruien). Beide voorzieningen had La Cour overgenomen van oude Engelse molens (afb. 4.2). Het minderen van zeil (zwichten) en het kruien met de hand, zoals de molenaars vroeger moesten doen, werd door de toepassing van de zelfzwichtende wieken en de windervo's gemechaniseerd.

Deense windmolenfabrikanten (o.a. Lykkegaard en Ferritslev) begonnen in 1905 dit type windgenerator in serie vervaardigen. In afbeelding 4.1 is een 30 kilowatt molen van Lykkegaard te zien. Som-



afb 4.1 Lykkegaard windmolen (30kW) met windervo's om hem op de wind te houden.

mige van deze eerste molens hebben gedurende meer dan 30 jaar onafgebroken dienst gedaan. Vooral op boerderijen waren ze voor het opwekken van elektriciteit van grote betekenis.

Tijdens de Eerste Wereldoorlog kwam de aanvoer van grond- en brandstoffen in veel landen bijna stil te liggen. De belangstelling voor windgeneratoren steeg daardoor met name in Duitsland, Frankrijk en Rusland. In Denemarken waren er van de ca. 10.000 windmolens toen 120 in gebruik voor het opwekken van elektriciteit met vermogens tussen de 10 en 20 kW. Daarna groeide dit aantal tot 20.000 in 1920, waarvan 1000 gebruikt werden voor de elektriciteitsopwekking.

Tot de Eerste Wereldoorlog was men voor de ontwikkeling van de windgeneratoren steeds uitgegaan van bestaande molentypen. Het onderzoek was erop gericht de onderdelen van de eeuwenoude molens te verbeteren. Door de opkomst van het vliegtuig, voor en tijdens de Eerste Wereldoorlog, kreeg men ervaring met gestroomlijnde profielen. Deze kennis werd toegepast om de wieken van de bestaande molens te verbeteren. Hierdoor kon veel meer energie uit de wind worden gewonnen.

Toch kon deze nieuwe generatie windmolens het niet winnen van de stoommachine en de verbrandingsmotor. Met deze machines was men niet afhankelijk van de wind.

NIEUWE WIEKEN (PERIODE TOT 1945)

De eerste grote molen stond in de SU

Omstreeks 1920 werd in Moskou het Centrale Wind-energie Instituut opgericht. De Sovjetunie wilde onderzoeken of het mogelijk was windmolens te gebruiken op een groot aantal verspreid liggende landbouw-kommunes. De aanvoer van brandstoffen was gestagneerd, zowel uit de eigen vaak veraf gelegen wingebieden als uit de rest van de wereld. Voor het eerst maakte men bij het onderzoek gebruik van gestroomlijnde wieken. In 1931 kon op de Krim een windmolen in gebruik worden genomen, die stroom leverde aan het elektriciteits-net (afb. 4.3) De molen stond in Jalta en werkte samen met de turfgestookte centrale van Sebasto-



afb 4.2 Oude Engelse molen met een windroos en zelfzwichende wieken. Deense onderzoekers gebruikten deze voorzieningen op hun windgeneratoren.



afb 4.3 Jalta windmolen op het schiereiland De Krim, vermogen 30 kW; diameter 30 meter (1931).

pol. De wieken van de windmolen hadden een diameter van 30 meter. Hij kon maximaal een vermogen leveren van 100 kW. Bij een gemiddelde windsnelheid van 7 meter per seconde leverde hij per jaar 279.000 kWu (kilowattuur). De molen heeft ongeveer 10 jaar gewerkt en was waarschijnlijk de eerste in zijn soort. Als vervolg op de resultaten met de molen op De Krim zijn toen ontwerpen gemaakt voor zeer grote molens met vermogens van 5000 kW. Dergelijke grote molens zijn echter nooit gebouwd.³

Gigantische projecten in Duitsland

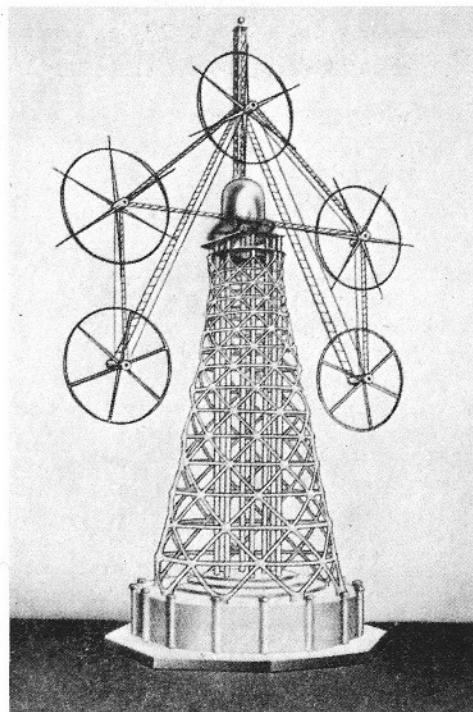
In de eerste jaren na de Eerste Wereldoorlog was de aandacht nog steeds gericht op de verbetering van bestaande molens. Ook in Duitsland werden nieuwe inzichten uit de aerodynamika toegepast op de wieksystemen. Gestroomlijnde wieken zorgden voor grotere vermogens. Met deze ervaringen ontwikkelde men geheel nieuwe molentypen. In Oost-Pruisen werden stations ingericht om de nieuwe modellen te beproeven.⁴ Die "moderne" molens hadden de volgende kenmerken:

- Het molenhuis met het wieksysteem was geplaatst op een open stalen toren of op een, met staaldraden getuide, stalen pijp.
- In het gestroomlijnde molenhuis bevonden zich de dynamo, de overbrenging en de regelinrichtingen.
- De wieken waren gestroomlijnd.

Naast middelgrote molens werden er ook enkele spektakulaire projecten voorgesteld. Die zouden beter dan de kleinere installaties kunnen concurreren met de bestaande methoden om elektriciteit op te wekken. H. Honnef schreef een boek waarin die gedachtengang sterk naar voren kwam.⁵ Hij konkludeerde dat het winnen van windenergie, op redelijke schaal, alleen zin zou hebben bij toepassing van zeer hoge (200-400 meter) installaties met een groot windvangend oppervlak. Op grond van zijn studies ontwierp H. Honnef een molen van 300 meter hoog en met een vermogen van 50.000 kilowatt. Dit Eiffeltorenachtig gedrocht (afb. 4.4) is echter nooit verder gekomen dan de tekenafel.

Voor en tijdens de Tweede Wereldoorlog ontstonden meer van zulke gigantische ontwerpen die de

afb 4.4 Ontwerp voor een supermolen van H. Honnef (Duitsland 1933); hoogte van de toren 300 meter; vermogen 50.000 kW.



wind nooit hebben gevoeld. Eén van die voorstellen kwam van de Reichsarbeitsgemeinschaft Windkraft. Die wilde een installatie laten bouwen, welke 20.000 kilowatt kon leveren. De molen had 250 meter hoog moeten worden met een wiekdiameter van 130 meter.

Frans octrooi op een verticale molen

Onderzoek naar opwekking van elektriciteit door middel van windmolens is in Frankrijk onder meer gedaan door G. Darrieus, L. Constatin, J. Andreau, en G. Lacroix.⁶ Van deze vier Franse heren heeft Darrieus de meest belangwekkende bijdrage geleverd aan het windenergie-onderzoek.

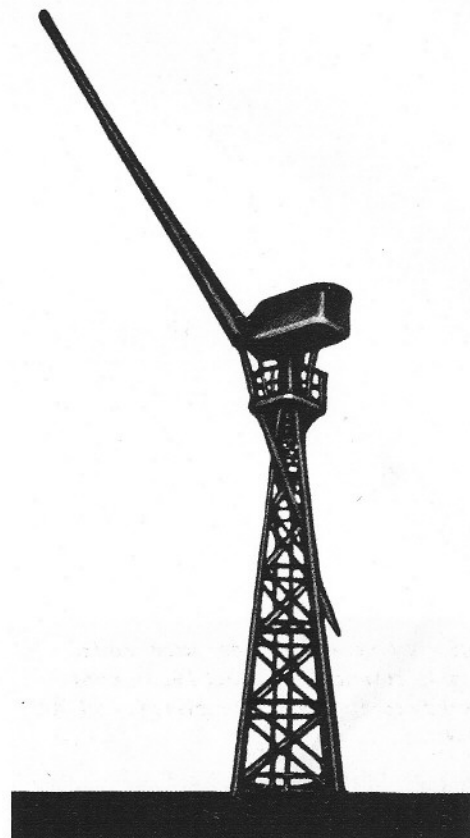
In 1931 diende hij een aanvraag in voor octrooi op een molen met een verticale as, waarop hij drie gebogen bladen had gemonteerd. Het ontwerp leek veel op een omgekeerde roomklopper. De bladen vormden het windvangend oppervlak en zorgden ervoor dat de as ging draaien. Pas veel later, in 1970, is dit patent weer opgepakt in Canada (afb. 4.14). Op het ogenblik wordt er in meerdere landen, waaronder Nederland druk geëxperimenteerd met het ontwerp van Darrieus.⁷

Al eerder, in 1929, is een ander ontwerp van Darrieus uitgevoerd. Op Le Bourget is door de Compagnie-Electro-Mécanique een windgenerator met een propeller (diameter 20 meter) gebouwd (afb. 4.5).⁸

Nederland bleef achter

Pas toen de maatschappelijke situatie tengevolge van de wereldkrisis en de oorlog verslechterde, ging men in ons land weer meer gebruik maken van de windkracht. De vraag naar kleine windgeneratoren nam omstreeks de jaren '40 toe, doordat vele huizen op het platteland zonder elektriciteit kwamen te zitten. Er waren in ons land echter geen bedrijven die windgeneratoren maakten. Veel mensen probeerden zelf zo'n molentje te bouwen, zonder echt over praktische en theoretische gegevens te beschikken.

In 1939 verscheen het boekje "Windgeneratoren" van ir. R. Wartena. Daarin konden zelfbouwers naast theoretische informatie (aerodynamica, vermogensbepaling) veel praktische tips vinden.⁹



afb 4.5 Windmolen van G. Darrieus; diameter 20 m (Frankrijk 1929).

Met dit boekje waren ze in staat molens met veel hogere rendementen te bouwen. Hoeveel Nederlanders, ook in de steden, de oorlog met een zelfgemaakte windgenerator zijn doorgekomen, is niet te schatten.

In de loop der jaren hadden elektrische gemalen de poldermolens vervangen om het water in de polders op peil te houden. In de oorlogsjaren was er echter voor die gemalen geen elektriciteit meer om de polders te bemalen. Er moest weer een beroep worden gedaan op de stoere poldermolens van het Friese en Hollandse landschap. In de hongerwinter, 1944-'45, hebben 11 overgebleven molens bewezen De Schermer in Noord-Holland op windkracht droog te kunnen houden.

Denemarken tijdens de oorlog

Van Denemarken is bekend hoeveel windmolens de elektriciteitsvoorziening tijdens de oorlog geregeld hebben. Het aantal windenergiestations nam tussen 1939 en 1944 toe van 16 tot 88. Al die windmolens samen produceerden in één jaar ruim 3 miljoen kWh.¹⁰

De firma Smidt in Kopenhagen ging in deze tijd windgeneratoren bouwen op basis van de nieuw verworven aerodynamische kennis.

Een windreus in de Verenigde Staten

In 1941 werd in Amerika de grootste windgenerator van dat moment gebouwd. Op Grandpa's Knob in Vermont verrees een windmolen met een torenhoogte van 34 meter en een propeller (rotor) met een diameter van 53,3 meter (afb. 4.6).¹¹ Deze Smith-Putnam-molen had een tweebladige rotor, die achter de toren draaide en hydraulisch op de wind werd gericht. De molen was ontworpen voor een windsnelheid van 13,4 meter per seconde en leverde dan een vermogen van 1250 kilowatt. Voordat in maart 1945 een propellerblad door materiaalmoetheid afbrak, was de reus 1000 uren in bedrijf geweest.



afb 4.6 Smith-Putnam molen op Grandpa's Knob, Vermont in de Verenigde Staten; vermogen 1250 kW; diameter 53,3 meter (1941).

NAOORLOGSE PROJEKTEN (PERIODE TOT 1966)

Na de Tweede Wereldoorlog is in Nederland het onderzoek naar windenergie enigszins van de grond gekomen. Er is voornamelijk gekeken naar de verbetering van de bestaande Hollandse molen. Er waren nauwelijks geheel nieuwe ontwikkelingen. Een aantal Delftse ingenieurs ging zich bezig houden met aerodynamische verbeteringen van de wieken. Sommige molens werden met gestroomlijnde wieken uitgerust. Van A.J. Dekker, die in windtunnels verschillende wiekvormen beproefde, zijn de zogenaamde "gedekkerde wieken" afkomstig.¹² In 1936 werd het PrinsenvanMolens Comitee opgericht, dat belangrijk onderzoek heeft gedaan naar de verbetering van de Hollandse molen.¹³

De stichting "elektriciteitsopwekking door windmolens" richtte in de jaren vijftig twee bestaande molens in voor de opwekking van elektriciteit: de korenmolen "De Hoop" in Wervershoof (N.H.) en de korenmolen "De Kraai" te Westbroek (U). Een derde molen die men geschikt maakte voor elektriciteitsopwekking, is "De Traanroeier" op Texel.¹⁴ De laatste (afb. 4.7) werkt geheel automatisch en levert elektriciteit aan het Texelse elektriciteitsnet. Per jaar geeft hij ongeveer 35.000 kWh af. Steeds was in Nederland de oude Hollandse molen uitgangspunt voor deze projecten.

In het buitenland zat men niet stil. Met name Denemarken, Duitsland, Engeland en Frankrijk waren weer zeer actief in het ontwikkelen van geheel andere molens. Proefmodellen werden onder andere gebouwd in Gedser (Denemarken) afb. 4.8), Stötten (Duitsland), St. Alban (Engeland) en Cherbourg (Frankrijk).¹⁵ De vermogens van deze molens varieerden van 100-200 kW. De meeste waren direct gekoppeld aan het openbare elektriciteitsnet. Technisch gezien gaf dit geen enkel probleem. De prijs van de aldus opgewekte energie kon echter niet concurreren met de prijs van elektriciteit verkregen uit fossiele brandstoffen. Daardoor kwamen windkrachtcentrales nergens van de grond.

afb. 4.10 Windgenerator op Costa Hill, Orkney, Schotland; vermogen 100 kW; diameter 15 meter (1954).



afb 4.7 De Traanroeier op Texel. Een echte Hollandse molen die omgebouwd is om elektriciteit op te wekken (1965).





afb 4.8 Gedsermolen; vermogen 200 kW; diameter 24 meter (Denemarken 1957).

Kleine windgeneratoren (tot ca. 2 kW) daarentegen worden over de gehele wereld al vele tientallen jaren toegepast, vooral in afgelegen gebieden. De tabel van afbeelding 4.9 geeft een overzicht van de grote proefmodellen, die gebouwd zijn voor 1966.

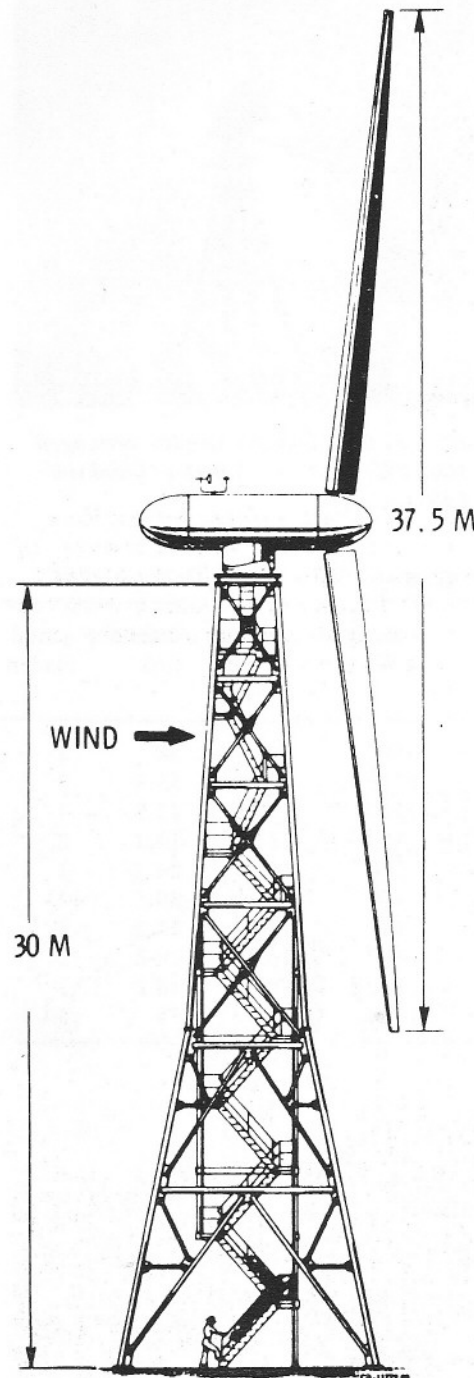


afb 4.11 St. Rémy-des-Landes; vermogen 1000 kW; diameter 35 meter (Frankrijk 1963).

afb 4.9 Overzicht van windmolens van 100 kW en groter gebouwd in de periode 1931 tot 1966.

jaar	land	plaats	vermogen (kW)	wind- snelheid (m/s)	diameter (m)	aantal bladen
1931	Rusland	Yalta	100	10,5	30	3
1941	Amerika	Granpa's Knob (Vermont)	1250	13,5	53,3	2
1954	Engeland	Costa Hill Orkney	100	15,25	13,5	3
1955	Engeland	St. Albans & Grand Vent (Algerije)	100	13,5	14,4	2
1957	Denemarken	Gedser	200	15	24	3
1957	Duitsland	Stötten	100	8	34	2
1958	Frankrijk	St. Rémy-des-Landes (Manche)	132	12,5	21,2	3
1958	Frankrijk	Nogent-Le-Roi (Eure et Loire)	800	16,7	30,2	3
1959	Engeland	eiland Man	100	18,5	15,2	3
1963	Frankrijk	St. Rémy-des-Landes (Manche)	1000	17	35	3

HUIDIGE ONTWIKKELINGEN



afb. 4.12 NASA-molen van 100 kW in Amerika.

Momenteel houdt men zich in vele landen actief bezig met de ontwikkeling van grote windmolens. Het belangrijkste doel van deze projecten is het verbeteren van de rotores. Uit proefnemingen met eerder gebouwde windgeneratoren bleek dat de rotor het meest kwetsbare onderdeel is.

In de Verenigde Staten zijn het "Department of Energy" (DOE) en het "Solar Energy Research Institute" (SERI) verantwoordelijk voor het onderzoek naar windenergie. Samen met industrieën en universiteiten worden verschillende grote windmolens onderzocht. Het programma bestaat uit de bouw van een serie proefmodellen met vermogens variërend van 100 kW tot 2000 kW en diameters variërend van 38 tot 90 meter (afb. 4.12).¹⁶

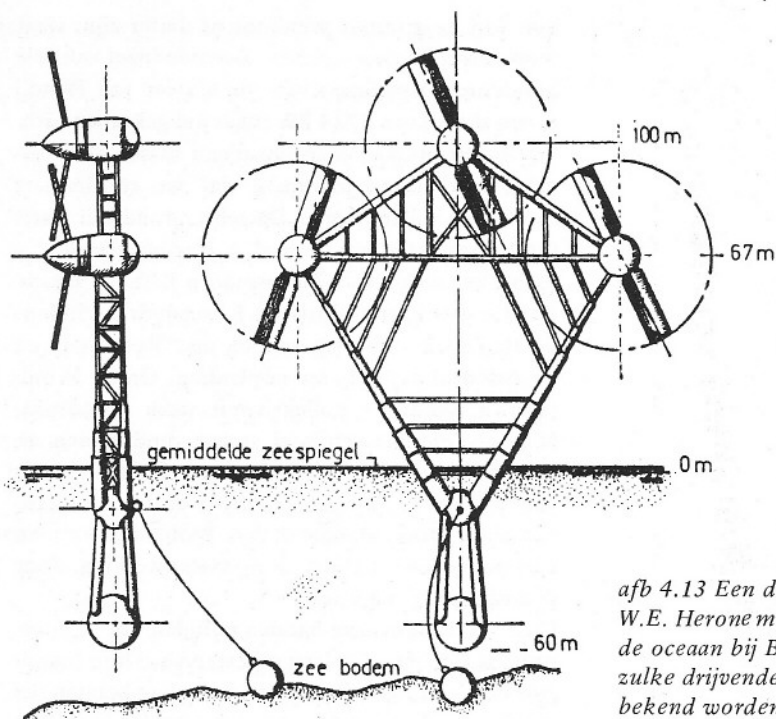
Het Duitse Ministerie van "Forschung und Technologie" heeft in februari '77 geld beschikbaar gesteld voor het konstrueren van grote windgeneratoren. Als eerste wordt een 200 kW installatie gebouwd die zal dienen als studie-objekt. Met de opgedane ervaringen wil men een grotere generator bouwen van 2000-3000 kW. Ook wordt er gewerkt aan een Darrieus-rotor met een diameter van 5,5 meter.¹⁷

Tenslotte is er het GROWIAN-project (GROsse Windenergie ANlage), een samenwerkingsverband van drie elektriciteitsbedrijven. Het gaat om de bouw van een superwindmolen bij Brunsbüttel (Hamburg) die een wiekdiameter van 100 meter moet krijgen en een vermogen van 3 megawatt.¹⁸

In 1973 is men in Zweden gestart met een programma voor windenergie-onderzoek. Voor de hele energieproblematiek werd in 1975 een nieuwe commissie ingesteld: "Nationale Zweedse Commissie voor Ontwikkeling van Energiebronnen". Het onderzoek richt zich wat windenergie betreft op de volgende punten:

- Studie naar de voorspelbaarheid van windsnelheden en luchtstromingen in "dichte" windmolenparken.
- Ontwerp en konstruktie van een windmolen met een vermogen van 50 kW en een diameter van 18 meter.
- Koppeling van windgeneratoren met het openbare elektriciteitsnet.¹⁹

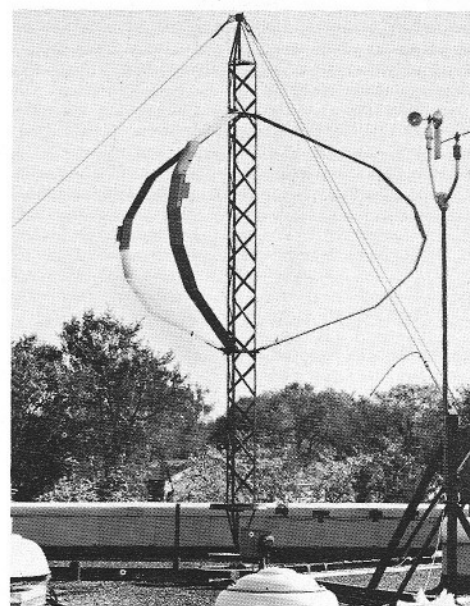
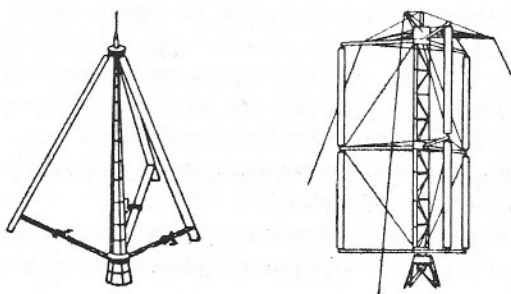
In Engeland heeft het ministerie van Energie in juni 1977 een krediet beschikbaar gesteld voor het



afb 4.13 Een droom van de Amerikaan W.E. Heronemus uit de jaren zeventig. Op de oceaan bij Boston wilde hij 14.000 van zulke drijvende torens bouwen. Sinds het bekend worden van zijn plan is er niets meer van geboord.

ontwerp van een windmolen met een diameter van 40 tot 80 meter. Vooral de mogelijkheid van koppeling met het openbare elektriciteitsnet vormt een belangrijk punt van het Engelse onderzoek.²⁰ Canada is in 1970 gestart met het onderzoek naar windenergie. Men is bezig de verticale molen van Darrieus (1931) verder te ontwikkelen (afb. 4.14 en 4.15). De turbine is 37 meter hoog en 24 meter in diameter. Hij drijft een speciale generator (induktie-machine) aan, die ook als aanloopmotor werkt. De rotor is normaal gesproken niet zelfstartend. Het vermogen van deze windturbine is 200 kW.²¹

afb 4.15 Twee windturbines van het Darrieus-type.



afb 4.14 De Darrieus-rotor, waarmee in Canada proeven worden genomen.



afb 4.17 De kleine Tvindmolen.

Eén van de grootste windmolens die er zijn, staat momenteel in Denemarken. Door de inzet van vele honderden vrijwilligers van "de scholen van Tvind" is een molen van 1724 kW tot stand gekomen (afb. 4.16). Dit project is zo opvallend tussen alle officiële overheidsprogramma's, dat we er hier iets meer over willen zeggen. De achtergrond van waaruit dit project is gerealiseerd, is zeer belangrijk.

Tvind ligt vlakbij het Deense dorp Ulfborg aan de Deense westkust in Jutland. Er staan drie scholen: de Reizende Volkshogeschool, de "Na-school" en de Noodzakelijke Lerarenopleiding. Op de Tvindscholen wordt de kollektiviteit sterk benadrukt. Niet als modeverschijnsel, maar omdat men alleen binnen een gemeenschap iets fundamenteels kan leren over een gemeenschap en over solidariteit alleen door solidair te zijn. Problemen kunnen alleen worden opgelost door samenwerking, door de inspanning van velen.

Ook de Tvindscholen hadden te lijden van de zogenaamde oliecrisis. Ook zij moesten voor hun brandstof de ene prijsverhoging na de andere betalen. Er werd naar alternatieven gezocht. Omdat het haast altijd waait op Jutland werd besloten een windmolen te bouwen. Op 29 mei 1975 maakten studenten, scholieren en docenten een symbolisch begin met de bouw. Ruim 400 mensen, gewapend met een schop of lepel, verzamelden zich 's morgens bij de bouwplaats. Onder het motto "Niemand kan de wind monopoliseren" begonnen ze de bouwput te graven.

De molengroep van Tvind bestaat uit ca. 45 mannen en vrouwen. Ze zijn afkomstig uit verschillende beroepen. Maar toch kan niet gesproken worden van amateurs. Vele leden van de molengroep hebben voor het project speciale kursussen gevolgd in verschillende technieken zoals lassen. Voor het bouwen van de kunststof-propellers was ervaring opgedaan met de bouw van twee kunststof-boten. Bovendien gaven veel technici uit binnen- en buitenland hun vrijwillige medewerking en konden ze gebruik maken van de kennis van een ingenieur die betrokken was geweest bij de bouw van de supersonische Concorde. Ook had men al geleerd van de bouw van een kleine windgenerator op het terrein van het scholencomplex (afb. 4.18).²²

De beroemde Tvind-molen werd in drie jaar gebouwd. De instelbare propellerbladen hebben een



afb. 4.16 De grote molen van Tvind (Denemarken); vermogen 1724 kW; diameter 54 meter.

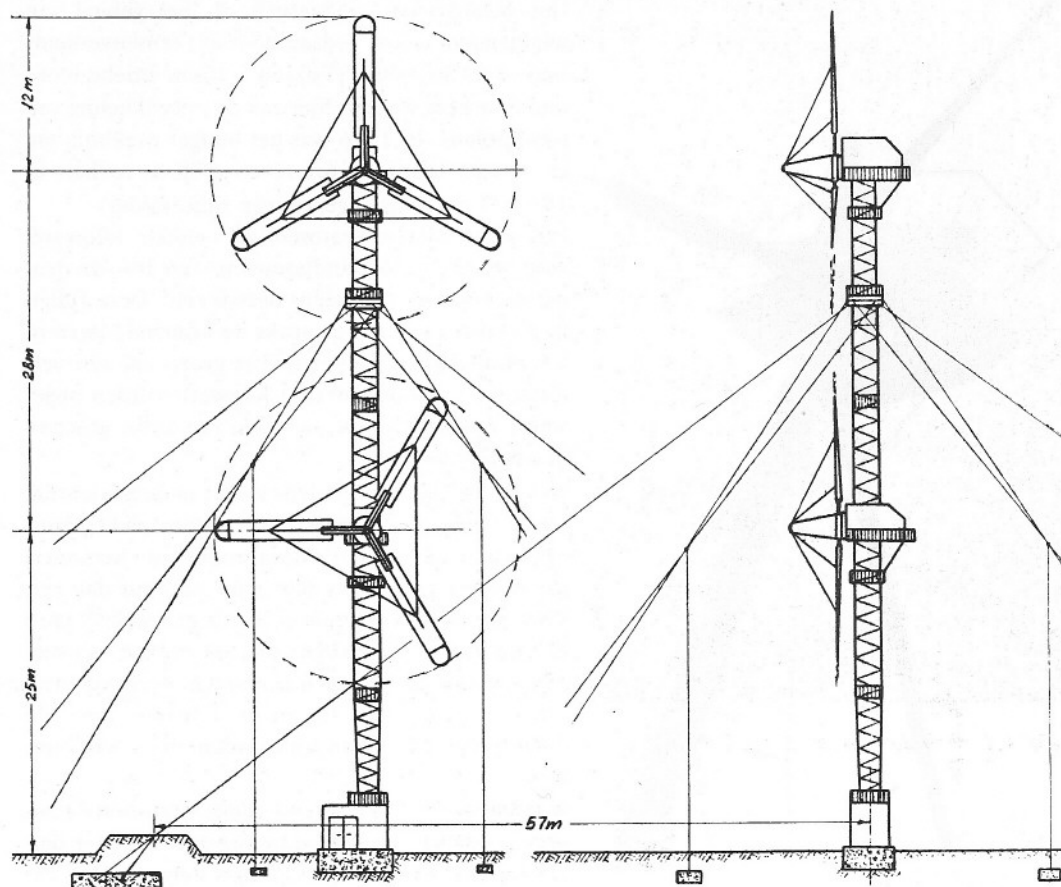


afb. 4.18 Scholencomplex van Tvind.

lengte van 27 meter (diameter = 54 meter). De maximale windsnelheid waarbij deze molen kan werken is 14 meter per seconde. De jaarlijkse opbrengst is ca. 4 miljoen kWh. In het voorjaar van 1978 is de molen in gebruik genomen.

De molen is gebouwd om de Tvind-scholen zowel van elektriciteit als van verwarming te voorzien.

Samen met de NASA (V.S.) is in Denemarken de Gedsermolen verbeterd. Deze molen is in de jaren vijftig ontwikkeld en heeft toen een groot aantal jaren met succes gedraaid (zie tabel afb. 4.9). Een probleem bij de Gedsermolen was de overbrenging. Bovendien was de aanpassing aan het openbare elektriciteitsnet niet in orde. Bouwkundig verkeerde deze molen in 1976 nog steeds in zeer goede staat. Er zijn zelfs plannen geweest om volgens het model van de Gedsermolen een duplexmolen te gaan bouwen. Er zijn ontwerpen gemaakt voor een installatie met twee propellers boven elkaar: de Gedser-duplexmolen (afb. 4.19). Verder werken men aan nieuwe ontwerpen met diameters van 35-40 meter die 400-600 kW leveren. Deze molens zijn al in bedrijf.²³



De Sovjetunie is zeer duidelijk van plan windenergie te benutten voor elektriciteitsopwekking. In het steppegebied in het hoge noorden van de Sovjetunie zullen 238 windturbines gebouwd worden van elk 1000 kW met een diameter van 100 meter. Berekeningen hebben aangetoond dat windenergie daar al economisch is bij een gemiddelde windsnelheid van 3,5 meter per seconde. Een koppelnet van 1100 kilometer lengte zal de windturbines met elkaar verbinden. In 1980 wordt met de bouw van het koppelnet begonnen op het schiereiland Kola.²⁴

Al enige jaren worden in de Sovjetunie windmolens in serie gebouwd. Een honderdtal van 100 kW staat opgesteld langs de spoorlijn Baikal-Amour. De meest voorkomende windgenerator in de Sovjetunie is de "Valk" (Sokol). Deze molen heeft drie bladen met een diameter van 33 meter. Veel kleiner is "De Gouden Arend" (Zolotoj orjól).

afb 4.19 Ontwerp van de Gedser-Duplex-molen.



afb 4.20 De Sokol uit de Sovjetunie.

met een diamet van 4 meter (1,6 kW).²⁵

Het belangrijkste onderzoek op het gebied van windenergie wordt gedaan door het semi-overheids onderzoekinstituut "Tsiklon". Ruim driehonderd onderzoekers werken hier aan de ontwikkeling van windmolens. In 1976 was het budget twee miljoen roebels en loopt op tot zeven miljoen roebels in 1980. (1 roebel is ongeveer een rijksdaalder).

Naast de windgeneratoren van enkele kilowatts voor gebruik in de landbouw en voor boerderijen, worden ook grote molens ontwikkeld. Deze zullen in groepen van ca. tien stuks de komende jaren in het landschap verschijnen. Per groep zal een vermogen van 10.000-50.000 kilowatt worden opgewekt. In 1980 hoopt men tien van zulke groepen in werking te hebben.

Met de huidige windmolens wordt in de Sovjetunie tegen zeer concurrerende prijzen elektriciteit opgewekt. Een kWh die door middel van kernenergie wordt opgewekt is acht maal zo duur dan een kWh die door windmolens wordt geleverd.²⁶ Ook is windenergie goedkoper dan de energie van dieselagregaten. Voor het beschermen tegen corrosie van pijpleidingen zullen in de komende jaren de dieselagregaten vervangen worden door windmolens.

Windenergie zal in Rusland een zeer grote rol gaan spelen omdat het eenvoudigweg goedkoper is dan andere elektriciteitsopwekkingsystemen. Het zal worden toegepast onder andere voor:

- het oppompen en ontzouten van grondwater;
- elektriciteitsleverantie aan dorpen;
- irrigatie van grote gebieden;
- het beschermen van pijpleidingen tegen corrosie.