

CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

chris westra
renkumhof 53
1106 JB amsterdam
tel. 965522

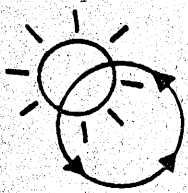
D68/dB/80

VOORSTEL NATIONAAL PROGRAMMA KLEINE WINDTURBINES

Rotterdam, 29 april 1980

Centrum voor Energiebesparing, Wijnhaven 13, 3011 WH ROTTERDAM
Tel. 010-149884

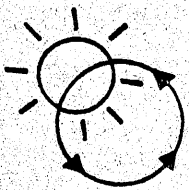
Opgesteld: ir. J.H. den Boon
Bewerkt : ir. T. Potma



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- I -

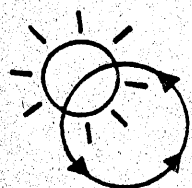
INHOUDSOPGAVE	Bladzijde
Hoofdstuk I INLEIDING	1
Voorgeschiedenis	
Problematiek	
Voorstel	2
Hoofdstuk II DETAILLERING PROBLEMATIEK	5
Nationaal Onderzoekprogramma Wind- energie	
Kleine windturbines financieel rendabel	6
Kleine windturbines minder planolo- gische problemen	
Kleine windturbines grote belang- stelling Nederlandse industrie	7
Hoofdstuk III SCHATTING POTENTIELE ENERGIEBESPARING EN WERKGELEGENHEID	8
Hoofdstuk IV INVENTARISATIE	14
Fokker-VFW	
Technische Hogeschool Delft	
Technische Hogeschool Eindhoven	
Technische Hogeschool Twente	15
Dwars, Heederik en Verhey (DHV)	
TNO-Apeldoorn, Afd. Stromingstechniek	
Draijer	16
Theijse	
Dynaf	
Universiteit van Amsterdam, Afd. Milieukunde	
Lagerweij/Van der Loenhorst	
Besselink	
Polenko	17



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- II -

	Bladzijde
Energie anders	17
Organisatie duurzame energie	
Centrum voor energiebesparing	
Hoofdstuk V VOORSTEL ORGANISATIE EN PROJECTEN	20
Doelstellingen	
Voorstel organisatie:	21
- coördinerend bureau	
- windenergie-instituut	
- keuringsbureau	
- testveld	
- voorlichtingsbureau	
Voorstel projecten:	23
A. Instrumentarium overheden	
A.1 Studie planologische problemen	24
A.2 Studie inventarisatie bestuurlijke en juridische problemen	
A.3 Keuringsregels	25
A.4 Studie testveld	
A.5 Studie subsidiemaatregelen	
B. Gedetailleerde potentieel schatting	
B.1 Kleine windturbines in de bebouwde omgeving	26
B.2 Studie benutbaarheid bij parallelbedrijf	
B.3 Studie warmteproductie	
B.4 Studie koude productie	27
B.5 Studies bijzondere toepassingen	
B.6 Studie potentieel aantal kleine wind- turbines in Nederland	
C. Problematiek electriciteitsbedrijven	
C.1 Studie redelijke eisen aansluiting op het net	29
C.2 Studie electriciteitsplan	
C.3 Studie redelijke vergoeding voor levering aan het net	



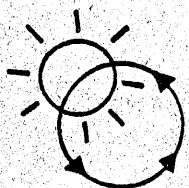
CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- III -

Bladzijde

D. Demonstratieprojecten	30
D.1 Electriciteitsproductie in parallel- bedrijf	
D.2 Warmteproductie woningen in parallel- bedrijf	
D.3 Polderbemaling	31
D.4 Overige	
E. Produktontwikkelingen	
E.1 Inventarisatie importmolens	32
E.2 Darrieu-turbine voor electriciteits- productie	
E.3 Tipvane-turbine voor electriciteits- productie	
E.4 Diverse horizontale as windturbines in parallelbedrijf	
E.5 Electriciteitsproductie in eilandbedrijf	33
E.6 Windturbine direct gekoppeld aan compressor	
E.7 Handleiding veilige windturbine voor zelf- bouwers	34
E.8 Polderbemaling	
E.9 Reservering produktontwikkelingen	
E.10 Export	

Hoofdstuk VI VERWIJZINGEN	35
---------------------------	----



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 1 -

HOOFDSTUK I

INLEIDING

Voorgeschiedenis

Langzamerhand begint het steeds duidelijker te worden, dat kleine windturbines al op korte termijn financieel-economisch aantrekkelijk worden.

In Denemarken waar het windaanbod goed vergelijkbaar is met de situatie in Nederland, worden al sinds 1979 kleine windturbines van 5 tot 30 kilowatt-electrisch toegepast met medewerking van de electriciteitsbedrijven. Niet lang geleden resulteerde een subsidiemogelijkheid aldaar tot zoveel aanvragen dat het budget van enkele miljoenen snel was uitgegeven.

In Nederland is in 1976 het Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie van start gegaan, waarin echter vrijwel geen aandacht is besteed aan de kleine windturbines.

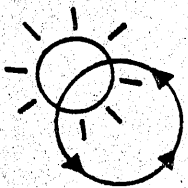
Reeds in 1977 is er al op gewezen (1) dat de kleine windturbines goede financieel-economische vooruitzichten bieden voor Nederland. Desondanks heeft dat er niet toe geleid, dat het Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie systematisch aandacht is gaan besteden aan kleine windturbines.

Ondertussen zijn er wel enige Nederlandse bedrijven die een eerste serie kleine windturbines op de markt hebben gebracht.

Een studie van het Centrum voor Energiebesparing toont aan, dat deze kleine windturbines van 5 tot 10 kilowatt-electrisch financieel aantrekkelijk electriciteit produceren in grote delen van Nederland (2).

Problematiek

Bij de toepassing blijken echter allerlei problemen op te treden. Gemeentes lopen tegen de vraag op, onder welke voorwaarden een bouwen hinderwetvergunning moet worden afgegeven met name wat betreft veiligheidsaspecten en eventuele geluidhinder.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 2 -

De electriciteitsbedrijven beantwoorden de eerste tien aanvragen voor toepassing van een windturbine in parallelbedrijf aan het net, met een persbericht over de "wildgroei" van windturbines (3).

Er zijn uitgebreide discussies met diverse electriciteitsbedrijven over de formulering van aansluitvoorwaarden met redelijke eisen voor de stroomkwaliteit en een redelijke vergoeding voor de teruggeleverde electriciteit (4).

Deze problemen lijken erg veel op de aansluitings- en vergoedingsproblemen zoals die bij warmtekracht-installaties in parallelbedrijf met het net al eerder (5, 6) met de electriciteitsbedrijven zijn opgetreden. Al deze introductieproblemen zijn het gevolg van het te laat voorzien van de ontwikkelingen op het gebied van de kleine windturbines en kleinschalige electriciteitsproductie waardoor niet op tijd een ondersteunend programma is ontwikkeld.

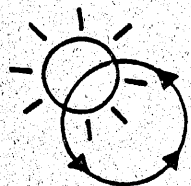
Voorstel Nationaal Programma

In dit voorstel voor een Nationaal Programma Kleine Windturbines zal het nationaal belang van kleine windturbines in grote lijnen worden aangegeven zowel wat betreft potentiële energiebesparing als potentiële werkgelegenheid, om vervolgens op grond van een systematisch overzicht van de probleemgebieden te komen tot een voorstel voor de organisatie en uitvoering ter begeleiding en ondersteuning van de toepassing en ontwikkeling van kleine windturbines in Nederland.

Overleg

Bij het opstellen van dit Nationaal Programma Kleine Windturbines is uitgebreid overleg gevoerd met de meeste Nederlandse groeperingen die zich op dit moment actief bezig houden met kleine windturbines.

Dat zijn onder andere de windenergiegroepen van de Technische Hogescholen in Delft, Eindhoven en Twente, de Afdeling Stromingstechniek van TNO Apeldoorn, de Afdeling Milieukunde van de Universiteit van Amsterdam, de windenergiegroep van Dwars, Heederik en Verhey in Amersfoort, de Stichting Energie Anders in Hoek van Holland en de Organisatie voor Duurzame Energie.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 3 -

Daarnaast zijn er diverse contacten geweest met Nederlandse bedrijven die kleine windturbines reeds op de markt gebracht hebben of willen brengen.

Een lijst van groeperingen en bedrijven laten wij hier volgen. Dit onderzoekprogramma is in conceptvorm aan de aangekruiste contactpunten ter commentaar toegezonden. Het ingebrachte commentaar is vervolgens zoveel mogelijk verwerkt.

ONDERZOEKGROEPEN

- (X) Ir. E.H. Lysen
Wind Energy Group
Technische Hogeschool Eindhoven
Postbus 513
5600 MB EINDHOVEN
- (X) Dr.ir. Th. van Holten
Windturbinegroep
Afd. Lucht- en Ruimtevaarttechniek
Technische Hogeschool Delft
Kluyverweg 1
DELFT
- (X) Frans van 't Hul
Windenergiegroep
Afd. W.B. Technische Hogeschool Twente
Postbus 217
7500 AE ENSCHEDE
- (X) Ir. P.E.J. Vermeulen
Stromingstechniek
TNO-CTI
Postbus 342
7300 AH APELDOORN
- (X) Drs. Ch. Westra (ODE)
Interfacultaire Vakgroep Milieukunde
Universiteit van Amsterdam
Plantage Muidergracht 14
1018 TV AMSTERDAM

BEDRIJVEN

Lagerweij/Van der Loenhorst
Garderbroekerweg 175
KOOTWIJKERBROEK

Besselink
Manderveenseweg 69
7664 VS MANDERVEEN
(Gem. Tubbergen)

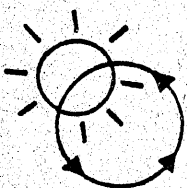
Hr. C. van de Pol
Polenko B.V.
Remmerden 9
RHENEN

Dynaf B.V.
Kwakelkade 29
ALKMAAR

Ingenieursbureau Draijer
Jacoba van Beierenlaan 12
NOORDWIJK

Ingenieursbureau Theijse
Habichtweg 1
5060 BORUSSIA-MONCHENGLADBACH
BRD

(X) Paul Lako
Padangstraat 49a
GRONINGEN



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 4 -

GROEPEN

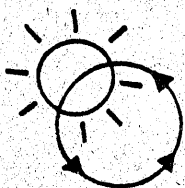
(X) Jippie Lenstra
Stichting Energie Anders
Stationsweg 91
3151 HR HOEK VAN HOLLAND

(X) Jaap 't Hooft
Van Salmstraat 56
BOXTEL

(X) Wim Jansen
Stuurgroep Windenergie Ontwikkelingslanden
DHV
Postbus 85
3800 AB AMERSFOORT

De Kleine Aarde
Energiegroep
Postbus 151
5280 AD BOXTEL

Provinciaal Bureau Energie-
besparing
Postbus 633
HAARLEM



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 5 -

HOOFDSTUK II

DETAILLERING PROBLEMATIEK

Om te beginnen moet er duidelijk gemaakt worden wat er in dit programma onder grote en kleine windturbines wordt verstaan.

Hoewel deze grens betrekkelijk willekeurig is worden windturbines met een asvermogen tot 100 kilowatt kleine windturbines genoemd.

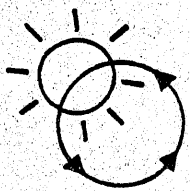
Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie

De eerste fase van het Nationaal Onderzoek Programma Windenergie is gestart in 1976, en de derde en laatste fase zal eind 1980 aflopen. Het totale budget bedraagt ongeveer 18,5 miljoen gulden, grotendeels beschikbaar gesteld door het Ministerie van Economische Zaken en een klein deel door het Ministerie van Wetenschapsbeleid. Dit programma wordt gecoördineerd en beheerd door het Bureau Energie Onderzoek Projecten (BEOP) van het Energie-Onderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten.

Van dit totale budget is slechts enkele procenten, in totaal minder dan f 400.000,--, besteed aan kleine windturbines (studies naar de toepassingsmogelijkheden van windenergie in de glastuinbouw, bij watergemalen en windturbines toegepast in combinatie met dieselaggregaten. Daarnaast is circa f 900.000,-- besteed aan onderzoek van tipvanes, welke overigens in eerste instantie het meest geschikt lijken voor toepassing bij grote windturbines.

De rest van het budget, meer dan 90% is door het BEOP van het ECN besteed aan de ontwikkeling van een grote windturbine van 300 kilowatt en aan de problemen die samenhangen met de toepassing van grote windturbines.

Deze grote windturbines zijn echter nog lang niet in produktie en toepassingsrijp, terwijl de kleine windturbines op korte termijn toepasbaar zijn in grotere aantallen. Niettegenstaande dit gegeven werd een aanvraag van het Centrum voor Energiebesparing voor een benutbaarheidsstudie van kleine windturbines (7) voor een bedrag van f 100.000,-- niet gehonoreerd. Het gehanteerde argument was geldgebrek ?! (8)



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 6 -

In de nu volgende paragrafen zal de problematiek van kleine windturbines nader worden toegelicht en worden vergeleken met die van grote windturbines.

Kleine windturbines financieel rendabel

Het toepassen van kleine windturbines voor electriciteitsopwekking is zelfs bij een relatief lage vergoeding voor teruggeleverde electriciteit in grote delen van Nederland financieel rendabel voor diverse typen electriciteitsafnemers.

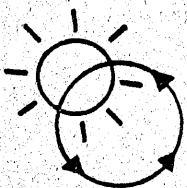
Vele kleinere en middelgrote bedrijven zullen door de onlangs vastgestelde energietoeslag van de Wet Investerings Rekening (WIR) van 25% voor windturbines, gestimuleerd worden tot de aanschaf van een windturbine. Deze energietoeslag betekent bijvoorbeeld dat vele land- en tuinbouwbedrijven bij de aanschaf van een windturbine in totaal de maximaal mogelijke WIR-subsidie van 40% zullen krijgen (13% basispremie + 6% kleinschaligheidstoeslag + 25% energietoeslag).

De subsidies en de reëel stijgende energieprijzen maken de toepassing van kleine windturbines nog gunstiger dan in de eerdergenoemde studie van het Centrum voor Energiebesparing (2) is berekend.

Kleine windturbines geven minder planologische problemen

Op grond van een verkennende planologische studie van het Centrum voor Energiebesparing naar de toepassing van kleine windturbines lijken kleine windturbines veel beter inpasbaar in plattelands- en stedelijke gebieden.

Als men kleine windturbines alleen in de buurt van gebouwen plaatst en niet in grote parken in het open land of in natuurgebieden, zijn er weinig problemen met aansluiting op het electriciteitsnet. Bovendien is de visuele vervuiling minimaal, omdat de windturbine visueel geassocieerd kan worden met de bedrijvigheid die bij een gebouw hoort.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 7 -

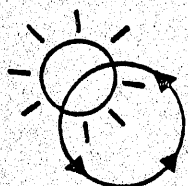
Grote windturbines blijken volgens eerdere studies grotere problemen te geven op het gebied van de planologie (9) en de aansluiting op het koppelnet (10).

Kleine windturbines genieten grote belangstelling bij de Nederlandse industrie

Ondanks het ontbreken van financiële en morele ondersteuning van de overheid hebben enige Nederlandse bedrijven reeds op eigen kosten kleine windturbines voor electriciteitsopwekking ontwikkeld.

Uit de contacten van het Centrum met middelgrote bedrijven in Nederland blijkt dat er grote belangstelling bestaat voor de ontwikkeling van kleine windturbines. De windenergiegroepen van de TH Delft, TH Eindhoven, TH Twente en Energie Anders bevestigen dat Nederlandse bedrijven serieuze plannen hebben om kleine windturbines te ontwikkelen. Deze bedrijven zijn vaak werktuigbouwkundige en electrotechnische constructiebedrijven.

Er blijkt een vrij algemene vraag te bestaan naar ondersteuning op het gebied van toegepaste aerodynamica (wiekprofielen) en aero-elastischeiteit (trillingen en vermoeiingsgedrag). Ook vraagt men om steun bij het berekenen van de energie-opbrengst, bij het marktonderzoek en bij de marktintroductie.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 8 -

HOOFDSTUK III

SCHATTING POTENTIELE ENERGIEBESPARING EN WERKGELEGENHEID

Allerlei factoren spelen een rol bij de schatting van het potentiële aantal kleine windturbines dat in Nederland geplaatst of naar het buitenland geëxporteerd zou kunnen worden.

Enkele belangrijke aspecten daarbij zijn: financieel-economische aspecten voor de eigenaar van de windturbine, juridische aspecten in verband met het contract met de electriciteitsbedrijven en aspecten van veiligheid en geluidhinder voor de Gemeente die een bouw- en hinderwetvergunning moet afgeven.

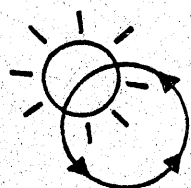
De studies die in dit Nationaal Programma Kleine Windturbines aan de orde komen moeten inzicht geven betreffende de aantallen kleine windturbines die potentieel in Nederland geplaatst zouden kunnen worden.

Om het belang van kleine windturbines aan te geven, zal vooruitlopend op het onderzoek hier een zeer globale schatting gemaakt worden van de aantallen kleine windturbines die in Nederland geplaatst kunnen worden.

Als model wordt hier een windturbine genomen met een wiekdiameter van 10 meter en een generator van 10 kilowatt-electrisch, en een windturbine met een wiekdiameter van 20 meter met een generator van 40 kilowatt-electrisch, beide geplaatst op een mast van 15 tot 20 meter hoog.* Deze windturbines draaien parallel aan het openbare electriciteitsnet. De electriciteitsopbrengst is voornamelijk afhankelijk van de plaats in Nederland (langs de kust waait het harder dan in het binnenland) en de afremming van de wind door de omringende bebouwing en beplanting.

Het Centrum voor Energiebesparing heeft een rekenprogramma ontwikkeld dat de electriciteitsopbrengst van kleine windturbines berekent op elke plaats in Nederland rekening houdend met de afremming van de wind door de omringende bebouwing en beplanting.

* De berekeningen zijn gebaseerd op praktijkresultaten van de Klaver-10 windturbine van Lagerweij/Van der Loenhorst.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

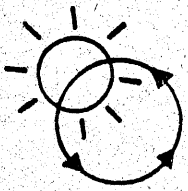
- 9 -

Het tweede effect waarmee bij de energieproductie rekening wordt gehouden, is de onderlinge beïnvloeding van windturbines die bij elkaar in de buurt staan, waardoor de electriciteitsopbrengst van de windturbines afneemt (11).

Bij de schatting van de potentiële werkgelegenheid is aangehouden 0,4 manjaar directe werkgelegenheid van 10 KW molens en 1 manjaar voor 40 KW molens (12). Vergeleken is steeds met de landelijke electriciteitsproductie in 1978 ten bedrage van 59.300 GWh (14).

Potentieelschatting bij plaatsing nabij bestaande bebouwing

- Het uitgangspunt bij deze potentieelschatting is dat kleine windturbines alleen geplaatst worden dichtbij gebouwen (woningen, bedrijven, boerderijen, gemalen). Problemen met aansluiting op het net hoeft men dan niet te verwachten, omdat de aansluitwaarde van een gebouw meestal groter zal zijn dan het maximale vermogen van de windturbine. Bovendien zal de visuele hinder dan minimaal zijn, omdat de windturbine, zoals reeds eerder gememoreerd, visueel gekoppeld kan worden aan menselijke activiteit.
Hinder voor vogels, wat bij toepassing in open gebieden en in natuurgebieden te verwachten zou zijn, is in de buurt van gebouwen minimaal. De windturbines in kwestie moeten voldoende geluidarm en veilig zijn. Het ziet er naar uit dat de kleine molens aan deze eisen kunnen voldoen. Metingen aan de Klaver-10 windturbine wijzen o.a. uit dat deze turbine weinig geluid produceert t.o.v. het omgevingsgeluid bv. veroorzaakt door ruisende bomen e.d. (13).
- In landelijke gebieden kan vrijwel bij elk gebouw een windturbine geplaatst worden zonder dat de turbines elkaar hinderen.
- In stedelijke gebieden op plaatsen waar de bebouwingshoogte hoger dan 15 meter bedraagt, wordt aangenomen dat er geen kleine windturbines geplaatst worden. Alleen langs de rand van dergelijke steden worden kleine windturbines gedacht.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 10 -

Langs de rand van steden en bij bebouwing lager dan 15 meter wordt een minimale afstand van drie tot tien wiekdiameters aangehouden afhankelijk van de opstellingswijze.

Bij eengezinswoningen in een rij betekent dit bijvoorbeeld, dat om de 5 woningen een Klaver-10 windturbine geplaatst zou kunnen worden.

Woningen

Plattelandsgemeenten: ongeveer 500.000 woningen

Het potentiële aantal kleine windturbines bedraagt 500.000 turbines van 10 kW. Het piekvermogen is dan 5.000 MW. De totale electriciteitsproductie bedraagt 12.500 GWh per jaar.

(De electriciteitsproductie per windturbine varieert van 20.000 tot 30.000 kWh per jaar afhankelijk van de plaats in Nederland.)

Geïndustrialiseerde plattelandsgemeenten: ongeveer 900.000 woningen

Het potentiële aantal kleine windturbines van 10 kW op 18 meter hoogte bedraagt 200.000 turbines.

Op 18 meter hoogte zal de Klaver-10 windturbine hier gemiddeld 10.000 tot 20.000 kWh per jaar produceren afhankelijk van de plaats in Nederland.

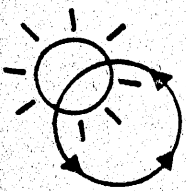
Het piekvermogen bedraagt 2.000 MW en de totale electriciteitsproductie 3.000 GWh per jaar.

Forensengemeenten: ongeveer 600.000 woningen

Het potentiële aantal kleine windturbines van 10 kW bedraagt 100.000 turbines.

Op 18 meter hoogte produceert de Klaver-10 windturbine hier gemiddeld 8.000 tot 15.000 kWh per jaar, afhankelijk van de plaats in Nederland.

Het piekvermogen bedraagt 1.000 MW, en de totale electriciteitsproductie circa 1.000 GWh per jaar.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 11 -

Stedelijke gemeenten

De gegevens over het aantal woningen zijn niet bruikbaar om een potentiële schatting te geven, omdat alleen een bebouwingshoogte beneden de 15 meter in aanmerking komt voor toepassing van kleine windturbines. In de praktijk zal dat waarschijnlijk betekenen, dat kleine windturbines in een strook langs de rand van een stad zullen worden geplaatst. Een schatting hiervoor is moeilijk te geven, zolang er nog geen gedetailleerdere studies zijn gedaan.

Totaal potentieel bij woningen (excl. stedelijke gemeenten)

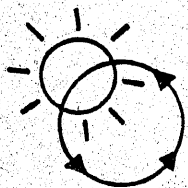
Er kunnen in totaal 800.000 windturbines van 10 kW elektrisch geplaatst worden, met een piekvermogen van 8.000 MW en een electriciteitsproductie van 16.500 GWh per jaar (28% van het Nederlands electriciteitsverbruik in 1978). De potentiële directe werkgelegenheid bedraagt ruim 300.000 manjaar.

Bedrijven

Het is bijzonder moeilijk om hiervoor een schatting te maken. Gegevens over de plaatselijke bebouwingsdichtheid, bebouwings- en beplantingshoogte zijn onvoldoende bekend.

Er zijn wel getallen bekend over het aantal land- en tuinbouwbedrijven in Nederland. In 1978 waren er 120.000 veehouderij- en akkerbouwbedrijven (11). Bij de meesten van deze bedrijven kan een windturbine van 40 kilowatt-electrisch geplaatst worden zonder dat men problemen krijgt met het afvoeren van het maximale vermogen dat deze windturbine aan het net terug zou kunnen leveren.

De electriciteitsproductie van deze turbine op 25 meter hoogte bedraagt 75.000 tot 150.000 kWh per jaar afhankelijk van de plaats in Nederland. Het potentiële aantal windturbines bedraagt 120.000 zeker wanneer we rekening houden met de mogelijkheid meerdere molens per bedrijf te plaatsen. Het piekvermogen bedraagt 5.000 MW en de totale electriciteitsproductie 13.500 GWh per jaar (23% van het Nederlands electriciteitsverbruik in 1978).



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 12 -

De potentiële werkgelegenheid bedraagt 120.000 manjaar.

Ook bij andere bedrijven zullen windturbines geplaatst kunnen worden. Omdat de schatting daarvan zeer moeilijk te maken is, zal een potentiële schatting daarvan pas gemaakt kunnen worden na verdere studie. Industrierterreinen lijken overigens zeer geschikt voor plaatsing van grote aantallen molens.

Indien men derhalve als uitgangspunt kiest dat windturbines alléén bij gebouwen geplaatst worden, bedraagt het aantal in principe plaatsbare windturbines in Nederland nabij de bebouwing 800.000 turbines van 10 kW-electrisch. Bij de veehouderij- en akkerbouwbedrijven is dat 120.000 turbines van 40 kW-electrisch. Het totale piekvermogen bedraagt dan 13.000 MW en de totale electriciteitsproduktie 30.000 GWh per jaar.

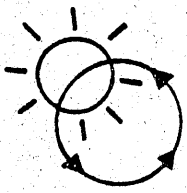
Dat is 50% van het Nederlands electriciteitsverbruik in 1978. De potentiële werkgelegenheid bedraagt in totaal ruim 400.000 manjaar.

Uiteraard betekent de potentiële electriciteitsproduktie van 30.000 GWh, die op deze wijze berekend wordt, niet automatisch dat de electriciteitsbesparing net zo groot is. Daarbij spelen vele factoren een rol, zoals electriciteitsopslag (in waterbekkens of luchtdruk bijvoorbeeld) de gelijktijdigheid van windfluctuaties (regionaal en landelijk) en het opgestelde langzaam- of snelstartend vermogen van de Nederlandse electriciteitscentrales.

Conclusie

Ondanks de gebrekkigheid van de schattingsmethode is het duidelijk dat kleine windturbines in principe zeker grote mogelijkheden bieden voor electriciteitsproduktie in Nederland en voor de werkgelegenheid zelfs wanneer we er zoals hier van uitgaan dat de molens alleen in de buurt van bestaande bebouwing worden geplaatst. Lokatie buiten de bebouwde gebieden is hier niet meegenomen ofschoon het duidelijk is dat ook aldaar ruime plaatsingsmogelijkheden aanwezig zijn.

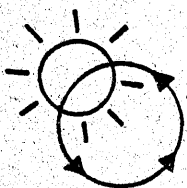
Het hier genoemde maximale piekvermogen van 13.000 MW zal in de praktijk niet worden bereikt.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 13 -

Een vermogen van enkele duizenden megawatts lijkt echter op wat langere termijn zeer reëel. Zowel wat betreft introductiesnelheid als wat betreft uiteindelijk bereikbaar potentieel zijn kleine wind turbines derhalve van groot belang.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 14 -

HOOFDSTUK IV INVENTARISATIE

In de hoofdstuk zullen onderzoeken en studies worden geïnteriseerd die tot nu toe verricht zijn op het gebied van kleine windturbines. Tevens worden de bedrijven geïnteriseerd die tot nu toe een kleine windturbine ontwikkeld hebben. De projecten die in het kader van het Nationaal Onderzoek Programma Windenergie zijn uitgevoerd worden aangegeven met "NOW".

Fokker VFW (NOW)

Fokker VFW heeft ongeveer 2 miljoen gulden uit het Nationaal Programma geput voor het ontwikkelen van verticale-as windturbines en voor de wiekbladen van de grote windturbine die in Petten gebouwd wordt. Na afloop van dit project heeft Fokker-VFW echter besloten om de Darrieus-turbines en/of de wiekbladen niet in produktie te nemen.

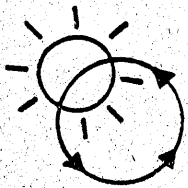
Technische Hogeschool Delft (NOW)

De onderzoeksgroep in Delft heeft grotendeels fundamenteel onderzoek gedaan naar tipvanes, en naar aero-elastische verschijnselen. Ter controle van de laboratoriumconclusies wordt in de loop van 1980 een veldtest uitgevoerd in Hoek van Holland op het testveld bij Energie Anders. Aan het eind van dit onderzoek verwacht men voldoende kennis beschikbaar te hebben om een prototype van een kleine windturbine met tipvanes te kunnen ontwerpen, die circa 2,5 maal zoveel vermogen levert als een conventioneel ontwerp met dezelfde wiekdiameter (11).

Technische Hogeschool Eindhoven

Aan de Technische Hogeschool Eindhoven zijn 3 groepen bezig met kleine windturbines. Groep A, de SWD (Stuurgroep Windenergie Ontwikkelingslanden), groep B, de Afdeling Natuurkunde en groep C, de Vakgroep Electromechanika.

De laatste groep C heeft kennis en ervaring op het gebied van regelingen en omzetters voor windturbines (NOW).



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 15 -

Groep B heeft o.a. een onderzoek verricht naar de invloed van windsnelheids- en windrichtingvariatiën op het gedrag van een kleine windturbine (16). Dit onderzoek is met name van belang voor toepassing van kleine windturbines in de bebouwde omgeving met wisselende windrichting.

Resultaten van het Eindhovense onderzoek zijn gebruikt bij de ontwikkeling van de windturbines geproduceerd door Lagerwey/Van der Loenhorst (met name voor het gecombineerde gebruik van molen en dieselaggregator in eilandbedrijf en bij het ontwerp van de windturbine voor zelfbouwers van De Kleine Aarde in Boxtel.

Technische Hogeschool Twente

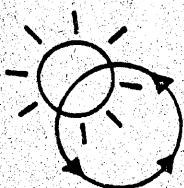
De groepen die bij de Technische Hogeschool Twente werken aan kleine windturbines zijn de Werkgroep Ontwikkeling Technieken en de Stuurgroep Windenergie voor Ontwikkelingslanden. Evenals de SWD in Eindhoven worden deze groepen gefinancierd door de Minister van Ontwikkelingssamenwerking. Indirecte spin-off van de Twentse groep is de hulp die één van de medewerkers geeft aan de ontwikkeling van kleine windturbines van Besselink.

Dwars, Heederik en Verhey B.V., Amersfoort

Het Ingenieursbureau DHV verzorgt de coördinatie van de Stuurgroep Windenergie Ontwikkelingslanden (SWD).

TNO Apeldoorn, Afdeling Stromingstechniek

In het kader van het NOW is onderzoek verricht aan windturbineparken (11). De resultaten zijn ook interpreteerbaar voor kleine windturbines. Tevens verwacht de onderzoeksgroep een opdracht van het International Energie Agency (IEA) voor onderzoek naar de invloed van de turbulentiegraad op de energie-opbrengst en het trillingsgedrag in windturbineparken.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 16 -

Ingenieursbureau Draijer, Noordwijk (NOW)

Door het Ingenieursbureau is een studie verricht naar de toepassing van windenergie in de glastuinbouw, waarover in 1980 gerapporteerd wordt.

Ingenieursbureau Theijse (NOW)

Door dit Ingenieursbureau is een studie verricht naar de toepassing van windturbines bij de polderbemaling.

Dynaf, Alkmaar (NOW)

Er wordt door Dynaf een studie verricht naar toepassing van een windturbine bij een bloembollenbedrijf.

Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Milieukunde

In 1980 is een verkennende studie gedaan naar de problemen bij de toepassing van windturbines in Oostzaan. Daarbij zijn reacties van bewoners, politieke partijen, financiële en gemeentelijke instanties, electriciteitsproducenten geregistreerd.

Lagerweij/Van der Loenhorst, Kootwijkerbroek

Dit bedrijf heeft op eigen kosten een kleine windturbine ontwikkeld van 10 meter wiekdiameter voor parallelbedrijf met het net (circa 10 kW).

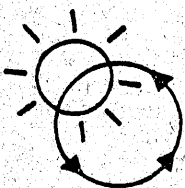
Deze turbine wordt op dit moment op de markt aangeboden.

Tevens is een prototype van 5 meter wiekdiameter ontwikkeld.

In het kader van het NOW levert het bedrijf aan het ECN een windturbine-dieselgenerator-combinatie voor electriciteitsproductie in eilandbedrijf.

Besselink, Manderveen

Dit bedrijf heeft op eigen kosten prototypes van kleine windturbines van 4 tot 10 kW-electrisch ontwikkeld voor electriciteitsproductie in parallelbedrijf met het net.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 17 -

Polenko, Rhenen

Dit bedrijf heeft geheel op eigen kosten een prototype van een kleine windturbine van 6 kilowatt ontwikkeld en heeft dit prototype langdurig getest.

Energie Anders, Hoek van Holland

De Stichting Energie Anders in Hoek van Holland heeft een voorlichtingscentrum gesticht waar iedereen met vragen over windenergie terecht kan. Tevens is er een proefveld aangelegd waar enige windturbines zullen worden opgesteld, waaronder een Klaver-10 windturbine in samenwerking met het GEB-Rotterdam, en een tipvane-testwindturbine van de Technische Hogeschool Delft.

Organisatie Duurzame Energie (ODE)

Deze Vereniging verenigt vele zelfbouwers van kleine windturbines onder haar vleugelen.

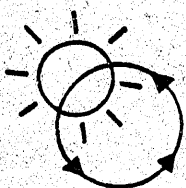
Eén van haar bestuursleden zal als mede-auteur in de loop van 1980 een boek doen verschijnen, waarin o.a. vele Nederlandse windturbines zullen worden beschreven die zelfbouwers gemaakt hebben.

Centrum voor Energiebesparing, Rotterdam

Geheel op eigen kosten heeft het Centrum voor Energiebesparing in Rotterdam de volgende studies en demonstratieprojecten geïnitieerd en/of uitgevoerd.

Rekenprogramma electriciteitsopbrengst kleine windturbines

Voor kleine windturbines kan met behulp van de KNMI-windsnelheidsgegevens de electriciteitsproduktie per maand worden berekend op elke plaats in Nederland, rekening houdend met de windafremming door omringende bebouwing en beplanting, en op een willekeurige hoogte.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 18 -

Rekenprogramma benutbaarheid kleine windturbines

Voor kleine windturbines is voor een groep van 20 woningen en een bedrijf of kantoor met veertigurige werkweek berekend, welk deel van de opgewekte electriciteit zelf kan worden benut, en welk deel aan het net wordt teruggeleverd.

Aansluitend zijn kosten-baten evaluaties gedaan (17).

Demonstratieprojecten electriciteitsproductie in parallelbedrijf

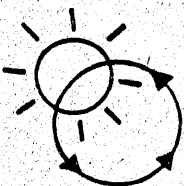
Plannen zijn ontwikkeld en kosten-baten adviezen gegeven voor de toepassing van een kleine windturbine van 10 kW-electrisch voor de gemeente Den Helder voor het raadhuis en voor het zwembad, voor toepassing bij een bejaardencentrum in Julianadorp, voor toepassing bij een fabriek in Krimpen aan de Lek en voor een zuivelfabriek in Limmen.

Model-contract windturbine-aansluiting op het net

Naar aanleiding van diverse contacten met electriciteitsbedrijven en met Lagerweij/van der Loenhorst heeft het Centrum voor Energiebesparing een modelcontract ontwikkeld, dat redelijke eisen stelt aan de stroomkwaliteit en aansluiting bij parallelbedrijf met het net. Dit contract regelt tevens de vergoeding bij teruglevering aan het net.

Planologische studie

Op dit ogenblik wordt er bij het Centrum voor Energiebesparing, door een drietal afstudeerders van de Vakgroep Civiele Planologie van de TH Delft in het kader van hun afstudeerwerk, een verkennende studie op regionale schaal verricht naar de planologische problemen bij de toepassing van kleine windturbines in een gedeelte van de provincie Noord-Holland. Hierover zal in de zomer van 1980 gerapporteerd worden.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 19 -

In deze studie wordt ingegaan op de geluid-, vogel- en landschap-pelijke hinder (met name wordt getracht tot een benadering van het probleem van de visuele hinder te komen). Daarbij wordt gekeken naar de verschillen tussen toepassing in landelijke en stedelijke gebieden.

Electriciteitsplan

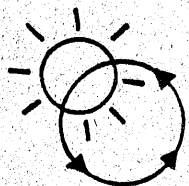
In 1979 is door het Centrum voor Energiebesparing een voorstel ingediend bij het Projectbureau Energie-onderzoek bij TNO in Apeldoorn, voor het uitwerken van een electriciteitsplan dat rekening houdt met een substantieel aanbod van electriciteit afkomstig van kleinschalige machines in parallelbedrijf met het net.

Demonstratieproject woningverwarming met windturbine

Een rekenprogramma is ontwikkeld dat de benutbaarheidspercentages berekend voor een windturbine in combinatie met een elektrische warmtepomp voor woningverwarming. Uit deze studie blijkt dat een kleine windturbine van 10 kilowatt 4 goed geïsoleerde eengezinswoningen kan verwarmen met een elektrische warmtepomp, waarbij warmte wordt opgeslagen in de vloeren middels de vloerverwarming. De exploitatiekosten van een dergelijke woningverwarming kan concurreren met een gas-CV-ketel met hoog gebruiksrendement.

Deze conclusie geldt voor West- en Noord-Nederland in woonwijken met een bebouwing lager dan 15 meter.

Voor de uitvoering van dit demonstratieproject is contact gezocht met de gemeente Delft, die inmiddels heeft laten weten hier positief tegenover te staan. Uitvoering is voorzien in de wijk Tanthof.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 20 -

HOOFDSTUK V

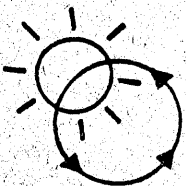
VOORSTEL ORGANISATIE EN PROJECTEN

In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op organisatie en uitvoering van een Nationaal Programma Kleine Windturbines (NPKW), zoals dat in de praktijk kan worden gerealiseerd.

Doelstellingen

De doelstellingen van het Nationaal Programma Kleine Windturbines zijn:

- A. Het programma dient de nationale, provinciale en gemeentelijke overheden het bestuurlijk en juridisch instrumentarium te verschaffen om de toepassing van kleine windturbines te kunnen begeleiden. Daarbij dient met name aandacht besteed te worden aan keuringseisen voor veiligheid, geluidhinder en landschappelijke hinder.
Het programma dient onderbouwend te zijn voor het overheidsbeleid met betrekking tot kleine windturbines.
- B. Het programma moet leiden tot een zo gedetailleerd mogelijke schatting van het potentiële aantal kleine windturbines, de penetratie snelheid, de mogelijke energiebesparing en de potentiële werkgelegenheid.
- C. Het programma moet leiden tot een voorstel voor de structuur van de electriciteitsvoorziening waarin een substantieel aandeel (meer dan 10%) van de electriciteitsproductie door windturbines wordt geleverd. Dit voorstel moet leiden tot een overeenkomst met de electriciteitsproductiebedrijven voor een redelijke vergoeding voor teruggeleverde electriciteit en opgesteld vermogen, en tot redelijke eisen voor aansluiting op het net.
- D. Het programma dient door middel van demonstratieprojecten getoetst te worden op alle van belang zijnde toepassingsmogelijkheden.
- e. Het programma dient stimulansen en steun te geven aan het Nederlandse bedrijfsleven, voor verdere productontwikkelingen en toepassingsmogelijkheden c.q. afzetmogelijkheden van kleine windturbines.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 21 -

Voorstel organisatie

De genoemde doelstellingen van het Nationaal Programma Kleine windturbines leiden tot het volgende voorstel voor de structuur van de uitvoeringsorganisatie. Tevens is de vereiste expertise voor de uitvoering aangegeven. Nodig is o.i. het volgende:

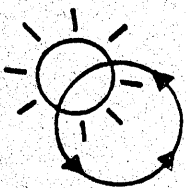
- Een coördinerend bureau dat de uitvoering van het programma beheert. Expertise op het gebied van de toepassing van kleine windturbines dient aanwezig te zijn, alsmede voldoende flexibiliteit en motivatie om het programma aan te kunnen passen aan nieuwe inzichten die in de loop van het programma ontstaan, alsmede een stimulerende opstelling ten opzichte van technisch creatieve ideeën die vanuit de Nederlandse bedrijven naar voren komen. Derhalve is een goed contact met de middelgrote en kleine bedrijven in Nederland gewenst.

- Het opzetten van een windenergie-instituut, waaraan in vaste dienst enige deskundigen gebonden zijn, die bedrijven kunnen adviseren en testen kunnen uitvoeren in windtunnels.

Dit instituut zou eventueel toegepast onderzoek kunnen uitvoeren. Het instituut fungeert dan als kennisreservoir dat een grote stimulans moet zijn voor de productontwikkeling van nieuwe typen windturbines door het Nederlandse bedrijfsleven. Voor de uitvoering van deze taken dient expertise op het gebied van aero-dynamica, aero-elasticiteit, trillings- en vermoeingsgedrag, windtunnels, regelingen en dergelijke aanwezig te zijn.

- Het opzetten van een keuringsbureau, dat de veiligheid van de op de markt te brengen windturbines beoordeelt. Voor de uitvoering is expertise op het gebied van aero-elastisch-, trillings- en vermoeingsgedrag essentieel, evenals expertise op het gebied van de regelproblematiek.

- Het opzetten van een testveld o.a. ter ondersteuning van het keuringsbureau. Op dit testveld kan geluidhinder en electriciteitsproductie gemeten worden, evenals eventueel het trillings- en vermoeingsgedrag. Deze metingen dienen via een statistische procedure met



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 22-

behulp van de gemeten windpatronen, genormeerd te kunnen worden. Expertise op het gebied van aero-elasticiteit, aero-dynamica, trillings- en vermoeiingsgedrag is essentieel.

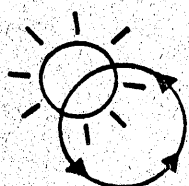
Voor een zo optimaal mogelijke wederzijdse bevruchting van het werk is het wenselijk dat het windenergie-instituut, het keuringsbureau en het eventuele testveld, bij elkaar in de buurt zijn gelokaliseerd.

- Het opzetten van een voorlichtingsbureau, dat geïnteresseerden (particulieren en bedrijven) de weg kan wijzen naar leveranciers, adviesbureau's, studies, en documentatiemateriaal. Dit bureau moet op de hoogte blijven van de voortgang van het Nationaal Programma Kleine Windturbines en zou zelf documentatie over de ontwikkelingen kunnen verzorgen. Middels dit voorlichtingsbureau wordt de besparingszin en interesse van de bevolking gestimuleerd, en wordt onnodige belasting van onderzoekers voorkomen.

Voor de organisatie van het Nationale Programma Kleine Windturbines wordt de benodigde jaarlijkse personele sterkte als volgt geschat:

	Academisch niveau	Middelbaar niveau	Lager niveau
Coördinatie	2	1	1
Onderzoek	4 ^x	2	2
Keuring	1	1	1
Testveld	1	1	1
Voorlichting		2	
Totaal	8	7	5

^x een aero-dynamicus, een aero-elasticus, een vermoeiingsdeskundige en een regeldeskundige.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 23 -

De personeelskosten verbonden aan deze bezetting zullen oplopen tot ca twee miljoen gulden per jaar.

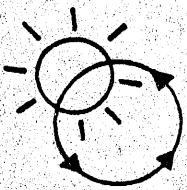
Voorstel projecten

Zoals reeds in de Inleiding is vermeld, is er bij de voorbereiding van dit Nationaal Programma Kleine Windturbines nauw contact geweest met de groepen in Nederland die op dit moment werken aan kleine windturbines.

In deze paragraaf zal een aantal projecten worden voorgesteld, zoals die in een Nationaal Programma Kleine Windturbines zouden moeten worden uitgevoerd, om aan de doelstellingen A tot en met E (eerste paragraaf) te kunnen voldoen.

Deze lijst met projectvoorstellen moet gezien worden als een eerste systematisch projectoverzicht dat in nadere discussies verder dient te worden ingevuld. Om deze reden hebben projectvoorstellen dan ook enigszins het karakter van een trefwoordenlijst.

Bij deze projectvoorstellen ontbreekt een gedetailleerd voorstel voor fasering en een schatting van de financiële inspanning, omdat het naar de visie van het Centrum verstandiger is eerst overeenstemming te bereiken over de wenselijke inhoud van een Nationaal Programma Kleine Windturbines, om daarna pas in te gaan op fasering, kostenschatten en invulling van het programma. Wel kan worden geschat dat de personele kosten voor directe begeleiding en onderzoek zeker f 2 miljoen per jaar zullen gaan bedragen en dat de jaarkosten rond de f 5 miljoen per jaar zullen liggen. Het totale bedrag zal uiteraard ook afhangen van de subsidieimpuls die de overheid wenst te geven in afhankelijkheid van het belang dat aan de betreffende materie wordt gehecht. Gezien het relatief grote potentieel maar veel meer nog gezien het belang voor juist de Nederlandse industrie is een krachtig ondersteuningsbeleid voor de komende periode van ca. vijf à tien jaar dringend gewenst.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 24 -

Projectvoorstellen ter ondersteuning van de nationale, provinciale, en gemeentelijke overheden (doelstelling A);

A.1 STUDIE PLANOLOGISCHE PROBLEMEN TOEPASSING KLEINE WINDTURBINES

Platteland en stedelijke gebieden verschillen met betrekking tot geluid-, en visuele hinder alsmede op het punt van hinder voor vogels. De verschillen dienen te worden gepreciseerd, andere punten zijn hier de volgende. Afstand windturbine tot bebouwing die vanwege geluidhinder acceptabel is. Landschappelijke hinder in relatie tot plaatsingskeuze windturbine en mast(vorm) van de windturbine. Heeft een korte afstand van de windturbine tot een gebouw associatief te maken met de bij de bebouwing behorende bedrijvigheid, zodat de landschapshinder minimaal is?

Kan het stedenbouwkundig ontwerp zodanig gekozen worden dat er ook in de kern van een stedelijke omgeving nog voldoende wind is, om een windturbine economisch rendabel te kunnen laten functioneren?

Inventarisatie ruimtegebruik windturbines in relatie tot constructie (vakwerk mast; tuidraden). Inventarisatie interferentieproblemen.

Zijn er gevolgen voor bestemmingsplannen?

Eventuele voorstellen ornithologisch onderzoek.

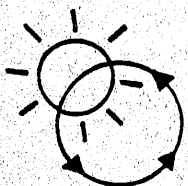
A.2 INVENTARISATIE BESTUURLIJKE EN JURIDISCHE PROBLEMEN KLEINE WINDTURBINES

Wie kan er het beste eigenaar/beheerder worden van de windturbines: particulieren, verenigingen van eigenaren, gemeente en/of electriciteitsbedrijven?

Wat is de verhouding van de eigenaar/beheerder van de windturbine tot het electriciteitsproductie- en electriciteitsdistributiebedrijf?

Het opzetten van een model-kontrakt voor teruglevering van "wind-electriciteit" aan het net, met redelijke eisen aan stroomkwaliteit, net-aansluiting en financiële vergoedingen.

Hoe wordt het "windrecht" geregeld?; op basis van een maximum per hectare en "wie het eerst komt, het eerst maalt"?, of gerelateerd aan de oppervlakte die in het geding is?



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 25 -

Bouwvergunning en hinderwet. Waar kan een Gemeente hulp verkrijgen of een bepaalde windturbine voldoende veilig is, en voldoende geluidarm? (kwaliteitskeuringsbureau windturbines?).

A.3 STUDIE KEURINGSREGELS

Er dienen standaard voorschriften te worden ontwikkeld, volgens welke regels de sterkte van onderdelen van windturbines door de fabrikant dient te worden berekend. Deze sterkte berekeningen moeten voldoen aan een op te stellen norm. De fabrikant van een windturbine dient zijn sterkteberekeningen vervolgens aan het keuringsinstituut aan te bieden, alvorens hij toestemming krijgt om op de markt te verschijnen.

A.4 STUDIE TESTVELD

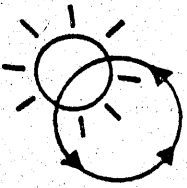
Op grond van de ervaringen in de Verenigde Staten en in Denemarken dient te worden nagegaan of een testveld ter controle van de sterkteberekeningen zoals genoemd in voorstel A.3 op zinnige wijze extra informatie kan worden verkregen.

In hoeverre is combinatie van het testveld met een windenergie-instituut essentieel of wenselijk.

A.5 STUDIE SUBSIDIEMAATREGELEN

In welke vorm kan de overheid het beste de toepassingen van windturbines bij gemeenten, particulieren, overheids- en semi-overheidsinstellingen stimuleren, indien ze dat wenst?

Vergelijking met de situatie in andere landen, met name in Denemarken.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 26 -

Projectvoorstellen onderbouwend voor gedetailleerde potentieelschatting aantal en type kleine windturbines (doelstelling B):

B.1 KLEINE WINDTURBINES IN DE GEBOUWDE OMGEVING

De omringende bebouwing heeft grote invloed op de afremming van de windsnelheid, op de variatie van de windsnelheid en op de windrichting.

Wat is de invloed van de "ruwheidshoogte" in de omgeving van kleine windturbines (bebouwing, beplanting, windturbine"park") op de elektriciteitsopbrengst en op het trillingsgedrag van kleine windturbines?

Zijn kleine windturbines constructief op te nemen in gebouwconstructies in verband met het trillingsgedrag en de geluidsproductie?

Opstellen modellen voor het vaststellen van effecten van windfluctuaties en turbulentie-intensiteit voor de gebouwde omgeving middels windtunnelproeven.

B.2 STUDIE BENUTBAARHEID KLEINE WINDTURBINES IN PARALLELBEDRIJF

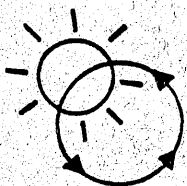
Bij de toepassing van een windturbine in parallelbedrijf met het openbare elektriciteitsnet, kan een deel van de geproduceerde elektriciteit teruggesteerd worden aan het net, afhankelijk van het elektriciteitsverbruikspatroon van de betreffende eindverbruiker.

Men kan een aantal "typische" elektriciteitsverbruikspatronen onderscheiden: kantoren, woningen, ziekenhuizen, melkveehouderijen, tuinbouwbedrijven (groenten, bloemen, bloembollen bv.), watergemalen, metaalbedrijven, zwembaden, bejaardencentrum, koelhuizen, etc.

Men kan optimaliseren naar exploitatiekosten voor de eindverbruiker, en men kan optimaliseren naar maximale elektriciteitsopbrengst bij een windturbine door het vermogen van de elektriciteitsgenerator te variëren ten opzichte van de rotordiameter.

B.3 STUDIE WARMTEPRODUCTIE MET KLEINE WINDTURBINES

Diverse uitvoeringsvormen moeten worden vergeleken, mede afhankelijk van de toepassing van de warmte (woningen, kantoorgebouwen, tuinbouw):



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 27 -

- in eilandbedrijf met heater, roerder, kompressie-warmtepomp in combinatie met diesel-, benzine-, of gasgenerator
- in parallelbedrijf met het net
- in hybride bedrijf, bijvoorbeeld 's-zomers in parallelbedrijf en 's-winters bij warmtevraag in eilandbedrijf met verhoogd toerental. Wat is de invloed van warmteopslag met grotere of kleinere capaciteit?

Kosten-baten indicaties.

B.4 STUDIE KOUDEPRODUCTIE MET KLEINE WINDTURBINES

Studie naar de koppeling van windturbines als energiebron met de aandrijving van een koelcompressor.

Invloed ongelijktijdigheid windaanbod en koudebehoefte, in relatie tot koudebuffers.

Parallel- of eilandbedrijf, en combinatie met generator en absorbtie-koelmachines. Gedeeltelijk eilandbedrijf. Vermogen en toerenregeling. Kosten-baten indicaties.

B.5 STUDIES BIJZONDERE TOEPASSINGEN KLEINE WINDTURBINES

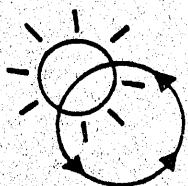
Ter nadere invulling.

Gedacht moet hier worden aan b.v. polderbemaling, gelijkstroomssystemen, eilandbedrijf e.d.

B.6 STUDIE POTENTIEEL AANTAL KLEINE WINDTURBINES IN NEDERLAND

Op grond van de resultaten van de planologische studie A.1 en met de voorgaande studies B.1 t/m B.5 kan een gedetailleerde schatting worden gemaakt van de aantallen en typen kleine windturbines in Nederland, en van de potentiële energiebesparing, investering en werkgelegenheid.

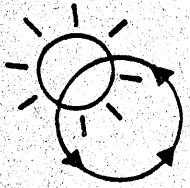
Vervolgens kunnen met behulp van de resultaten van de studie A.5, de aansluitings-eisen en de vergoedingen voor windturbines (studie C) kosten-baten studies worden gemaakt op het niveau van de eindverbruikers met behulp van de benutbaarheidsstudie B.2.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 28 -

Tenslotte kan op nationaal niveau op grond van de resultaten van studie van het electriciteitsplan C.2 gekomen worden tot een investerings- en "exploitatiekosten" minimum voor de openbare electriciteitsvoorziening.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 29 -

Projectvoorstellen leidend tot een voorstel voor een electriciteitsplan, redelijke eisen voor aansluiting op het net, en redelijke vergoeding voor teruggeleverde electriciteit en vermogen (doelstelling C):

C.1 STUDIE REDELIJKE EISEN VOOR AANSLUITING OP HET NET

Wat zijn redelijke kwaliteitseisen voor electriciteit die door windturbines aan het net geleverd wordt? (onderdrukking harmonischen, frequentieervulling). Wat zijn redelijke eisen van de electriciteitsbedrijven voor aansluiting op het net? (afschakeling bij capaciteef of inductief wegvallen van het net bij netstoring).

Vergelijking met de aansluitingsvoorwaarden en kwaliteitseisen van apparaten en machines met vergelijkbare vermogens in parallelbedrijf met het net en met de netvervuiling die kan optreden als gevolg van afnametoestellen (kortsluiting, halfgeleidervermogensschakelaars, lasapparaten).

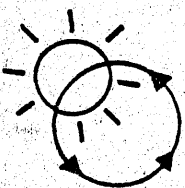
C.2 STUDIE ELECTRICITEITSPLAN

Het opstellen van een rekenprogramma voor een electriciteitsplan dat uitgaat van een niet te verwaarlozen levering door windturbines aan het net. Variatie geïnstalleerde windvermogen van 500 tot 5.000 MW. Effect geografische spreiding. Effect indien nieuw windvermogen wordt ingezet in combinatie met hoog-efficiënte maar langzaamstartende electriciteitscentrales, danwel in combinatie met een relatief groot snelstartend fossielvermogen.

Eventuele combinaties met opslag in waterbekkens of in luchtdruk in zoutmijnen. Gecombineerd gebruik van wateropslag voor zon- en windenergie.

C.3 STUDIE REDELIJKE VERGOEDING VOOR WINDTURBINES AAN HET NET

Wat is een redelijke vergoeding voor vermogens-beschikbaarstelling, en feitelijke brandstofbesparing door toepassing van kleine windturbines, rekening houdend met de resultaten van studievoorstel C.2.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 30 -

Demonstratieprojecten kleine windturbines (doelstelling D):

D.1 DEMONSTRATIEPROJECTEN ELECTRICITEISPRODUCTIE IN PARALLELBEDRIJF

Demonstratieproject toepassing bij kantoor.

Demonstratieproject toepassing bij woningen. ✖

Demonstratieproject toepassing bij melkveehouderij. ✖

Demonstratieproject toepassing bij tuinbouw groententeelt. ✖

Demonstratieproject toepassing bij tuinbouw bloementeelt. ✖

Demonstratieproject toepassing bij bloembollenbedrijf. ✖

Demonstratieproject toepassing bij zwembad. ✖

Demonstratieproject toepassing bij bejaardencentrum.

Demonstratieproject toepassing bij ziekenhuis.

Demonstratieproject toepassing bij koelhuis. ✖

Demonstratieproject toepassing bij metaalindustrie.

Demonstratieproject toepassing bij constructiebedrijf.

Elk demonstratieproject houdt in, dat de bouw begeleid wordt, evenals de aanvraag van bouw- en hinderwetvergunning en kontrakt met het electriciteitsbedrijf. Op eenvoudige wijze wordt het electriciteitsverbruik van de betreffende eindverbruiker en de electriciteitsproductie van de windturbine geregistreerd.

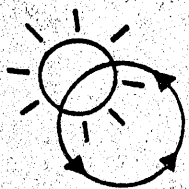
Na een jaar bedrijf, wordt een technisch rapport uitgebracht over de electriciteitsproductie, en de benutbaarheid van de windturbine, op grond waarvan tevens een financiële evaluatie plaatsvindt.

Regionale spreiding van de demonstratieprojecten kan wenselijk zijn om ervaring op te doen met niet-technische problemen (bewoners, gemeentelijke instanties, electriciteitsbedrijven).

D.2 DEMONSTRATIEPROJECT WARMTEPRODUCTIE WONINGEN IN PARALLELBEDRIJF

Het uitvoeren van een project in West- of Noord-Nederland waarbij 4 goed geïsoleerde eengezinswoningen worden verwarmd door een windturbine van 10 kilowatt-electrisch in parallelbedrijf met het net met een elektrische warmtepomp met warmteopslag in de vloerconstructie middels vloerverwarming.

Kosten: engineering, uitvoering, en bemeting.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

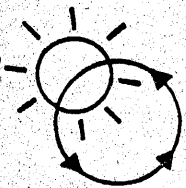
- 31 -

D.3 DEMONSTRATIEPROJECT POLDERBEMALING MET KLEINE WINDTURBINE

Op grond van de resultaten van de studie naar de toepassing bij polderbemaling (B.5), wordt een demonstratieproject uitgevoerd.

D.4 OVERIGE DEMONSTRATIEPROJECTEN

Zo gauw een studie of productontwikkeling leidt tot een prototype van een kleine windturbine, is een demonstratieproject dat representatief voor praktijktoepassing, essentieel.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 32 -

Projectvoorstellen voor productontwikkelingen kleine windturbines en import en export (doelstelling E).

E.1 INVENTARISATIE IMPORT KLEINE WINDTURBINES

Inventarisatie van het marktaanbod in het buitenland van kleine windturbines, die voldoen aan de Nederlandse kwaliteitseisen en veiligheidskeuring (voorstel A.3), met name uit Denemarken, Duitsland, Engeland, Frankrijk en de Verenigde Staten. Nederlands bedrijf interesseren voor import.

Begeleiding marktintroductie in eerste fase.

E.2 PRODUCTONTWIKKELING DARRIEUS-TURBINE EN ELECTRICITEITSPRODUCTIE

Darrieus-windturbines blijken bij opmerkelijk veel architecten de voorkeur te genieten voor toepassing op gebouwen. In aansluiting op het ontwikkelingswerk van Fokker VFW en samenwerking met een constructiebedrijf een prototype ontwikkelen van 5 meter en 10 meter wiekdiameter, die voldoet aan de keuringsnorm (voorstel A.3). Testen prototype.

Begeleiden marktintroductie in de eerste fase.

E.3 PRODUCTONTWIKKELING TIPVANE-TURBINE ELECTRICITEITSPRODUCTIE

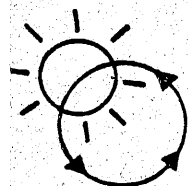
In samenwerking met de onderzoekgroep van de TH-Delft wordt samen met een Nederlands constructiebedrijf een prototype ontwikkeld van een tipvane-windturbine die een relatief 2,5 maal zo groot vermogen zou kunnen leveren als een conventioneel type en voldoet aan de keuringsnormen en veiligheidseisen. Testen prototype.

Begeleiden marktintroductie in de eerste fase.

E.4 PRODUCTONTWIKKELINGEN DIVERSE HORIZONTALE AS WINDTURBINES GESCHIKT VOOR PARALLELBEDRIJF

Het doel is diversificatie en het marktaanbod van kleine windturbines voor electriciteitsproductie in parallelbedrijf aan het net.

Tweebladig/driebladig, asynchrone/synchrone/permanente magneten gene-



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 33 -

nerator, ontwikkeling diverse schakelkasten.

Voldoet de turbine aan de keuringsnorm voor veiligheid. Wat is de geluidsproductie in relatie tot de afregeling. Keuze: wiekmateriaal hout/staal/polyester.

Testen prototypes.

Begeleiden marktintroductie in eerste fase.

E.5 PRODUCTONTWIKKELING KLEINE WINDTURBINES VOOR ELECTRICITEISPRODUCTIE IN EILANDBEDRIJF

In landelijke gebieden kan netverzwaring een grote kostenpost betekenen die veelal in de tienduizenden guldens loopt.

Toepassing van een combinatie van windturbine met diesel-, benzine-, of gasgenerator kan dan een aantrekkelijke zaak zijn, mede gezien het bedrijfsrisico van netuitval (melkveehouderijen met name), dat eveneens in de duizenden guldens kan lopen per keer.

In samenwerking met constructiebedrijven kunnen diverse prototypen ontwikkeld worden.

Testen prototypes.

Begeleiden marktintroductie in eerste fase.

E.6 PRODUCTONTWIKKELING KLEINE WINDTURBINE GEBRUIK VAN DIRECTE OF INDIRECTE AANDRIJVING VAN KOMPRESSOREN

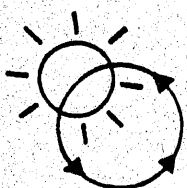
Ten behoeve van warmte- en koudeproductie met windturbines kan een windturbine ontwikkeld worden die eventueel direct gekoppeld wordt (mechanisch, hydraulisch of elektrisch !) aan de windturbine.

Bij horizontale as turbines doet zich het probleem voor van aan- en afvoerleiding van de kompressor. Wellicht is een verticale as turbine beter geschikt voor directe mechanische koppeling aan een kompressor al dan niet via een koppelomvormer.

In samenwerking met constructiebedrijven kunnen diverse prototypen ontwikkeld worden.

Testen prototypes.

Begeleiding marktintroductie.



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 34 -

E.7 ONTWIKKELING HANDLEIDING VEILIGE WINDTURBINE VOOR ZELFBOUWERS

Op het gebied van kleine windturbines zijn er vele enthousiaste zelfbouwers, welk aantal alleen nog maar zal toenemen in de toekomst. Om al te grote problemen met betrekking tot veiligheid te voorkomen is het wenselijk een handleiding voor de bouw van een veilige windturbine aan te bieden die de meeste zelfbouwers kan bereiken. Hiermede kan de overheid op een sympathieke manier een greep krijgen op de veiligheid van kleine windturbines van zelfbouwers.

Ontwikkeling prototype in samenwerking met de milieu-organisaties in Nederland (DKA/ODE), en testen, en doorrekening constructie. Schrijven van duidelijke handleiding.

E.8 PRODUCTONTWIKKELING WINDTURBINE VOOR POLDERBEMALING

Productontwikkeling speciale, bijvoorbeeld snellopende, windturbine voor polderbemaling.

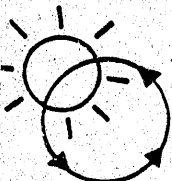
E.9 PRODUCTONTWIKKELING IN LOOP VAN PROGRAMMA

Er zullen in de loop van het Nationaal Programma Kleine Windturbines productontwikkelingsvoorstellen komen, waar op dit moment bij het samenstellen van het programma nog geen zicht op was. Het is belangrijk voor een Nationaal Programma Kleine Windturbines, om daar op in te kunnen springen, indien nieuwe veelbelovende ideeën ontstaan.

E.10 STIMULERING EXPORT KLEINE WINDTURBINES

Er dient contact te worden gezocht met bedrijven die kleine windturbines van Nederlands fabrikaat willen exporteren.

Ondersteuning voor technische kwaliteitsbeoordeling, potentiële energie-productie bijzondere omstandigheden e.d. in het doelland moet kunnen worden gegeven.



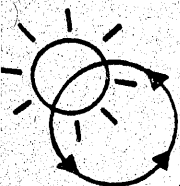
CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 35 -

HOOFDSTUK VI

VERWIJZINGEN

- (1) E.H. Lysen, De Ingenieur nr. 32/33 (1978), blz. 602-605,
"Megawatts en Memowatts"
- (2) J.H. den Boon, De Ingenieur nr. 8 (21-2-1980), blz. 11-14
"Elektriciteitsopwekking met kleine windturbines rendabel"
- (3) VEEN, Vereniging Exploitanten Electriciteitsbedrijven Nederland,
Interformatie 5 nr. 53 (jan. '80), "Windenergie in Nederland"
- (4) Rotterdamsch Nieuwsblad, 18-4-1980, "Energiebedrijf werkt niet
mee; hogere stroomkosten door windmolen"
- (5) Shell Venster, 4 (1979), "Warmte gekoppeld aan kracht"
- (6) E.A. de Wit, MCI (23 aug. 1978) "Elektriciteitsbedrijven meten
met twee maten"
- (7) Projectvoorstel Centrum voor Energiebesparing, ingediend 5-11-
1979 bij Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie en op 29-11-
1979 ingediend bij de Minister van Economische Zaken
- (8) Brief BEOP van het ECN in Petten d.d. 27-2-1980
- (9) A.A. van Essen, R. ter Brugge, J.M. van den Berg, G.G. Piepers,
A.L.M. Bongaarts, Proceedings 2-nd Int. Symp. on Wind Energy
Systems (oct. 1978), Amsterdam,
"Physical-planning aspects of large scale windenergy exploi-
tation in the Netherlands"
- (10) G.H. Bontius, A.H.E. Manders, Th. Stoop, Proc. 2-nd Int. Symp.
on Wind Energy Systems (oct. 1978), Amsterdam,
"Implications of large scale introduction of power from large
wind energy conversion systems into the existing electric power
supply system in the Netherlands"
- (11) P.S.H. Builtjes, J. Smit Wind Engineering 2 (1978) nr. 3, blz.
188-201, "Calculation of wake effects in windturbine parks"
- (12) Constructiebedrijf Lagerweij/Van der Loenhorst, Kootwijkerbroek
(1980)
- (13) Rapport Centrum voor Energiebesparing, Rotterdam (mei 1980)
"Geluidsmetingen Klaver-10-windturbine"
- (14) CBS, Centraal Bureau voor de Statistiek, (1979)



CENTRUM VOOR ENERGIEBESPARING

- 36 -

- (15) Th. van Holten (1979), TH-Delft, Afd. Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek, "Interim evaluatie van het tipvane-project"
- (16) W.J.G.J. der Kinderen, J.J.A.A. van Meel, Wind Engineering 1 (1977), no 2, "Effects of windfluctuations on windmill behaviour"
- (17) J.H. den Boon (1979), Centrum voor Energiebesparing, Rotterdam, "Studie rendabele electriciteitsvoorziening met kleine windturbines"