

‘Wij hebben een volautomatische minister van Buitenlandse Zaken: als die zijn mond open doet wordt ergens anders in de wereld de oliekraan dichtgedraaid.’

Wim Kan: oudejaarsconference 1973 over minister van der Stoep.

LECTORAAT WINDENERGIE

Wind wint via onderwijs en onderzoek

Gerard Schepers

Lectorale rede in verkorte vorm uitgesproken op 11 april 2013

Colofon

© Gerard Schepers, Lectoraat Windenergie
NHL Hogeschool, Leeuwarden 2013

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van NHL Hogeschool.

Tekst: Gerard Schepers

Oplage: 500 stuks

Vormgeving: NHL Hogeschool

© Foto's

pagina 18: Ozlem Ceyhan

pagina 18/19: Jos Beurskens

pagina 20: ECN

pagina 21: NLR

pagina 27: Ad Meskens

pagina 39: Eelke Bontekoe

52 pagina's

ISBN/EAN: 978-94-91790-00-3





Inhoud

Proloog 9

1 **Achtergrond 13**

2 **Mondiale en nationale windenergie ontwikkelingen 17**

2.1 Marktsituatie en technologie, wereldwijd 17

2.2 Windenergie situatie nationaal 25

2.3 Situering van het lectoraat 28

3 **Activiteiten Lectoraat Windenergie: onderwijs en onderzoek 31**

3.1 Onderwijs 33

3.2 Onderzoek 37

3.3 Kenniskring en samenwerkingen 41

Epiloog 45

Literatuur 49



‘Men kan van mening verschillen of windmolens mooi of lelijk zijn, maar de brandstofbesparing (en daarmee de CO₂-reductie) door windenergie is geen mening: die is gewoon uit te rekenen en dat is dan ook gebeurd: meerdere malen...’

Bart Ummels n.a.v. zijn proefschrift ‘Wind Integration’

Proloog

Geacht College van Bestuur, geachte collega's, lectoren, studenten, dames en heren. Het is met genoegen dat ik nu de rede uitspreek horende bij mijn inauguratie als lector Windenergie bij NHL Hogeschool.

Ik werk al bijna 27 jaar in de windenergie en in die tijd heeft het vakgebied een indrukwekkende vlucht gemaakt en is het enorm veranderd. Tegelijkertijd is windenergie een onderwerp dat continu in de belangstelling heeft gestaan en waar bijna iedereen een uitgesproken mening over heeft. Het zou me dan ook geen enkele moeite kosten om een rede van vele uren of misschien zelfs vele dagen af te steken. Ik zal u daar niet mee vermoeien en me beperken tot het bespreken van enkele aspecten. Daarbij zoek ik aansluiting op de presentaties van mijn collega's Peter Eecen van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en Gerard van Bussel van de TU Delft tijdens mijn inauguratie. Zo ga ik kort in op een aantal actuele ontwikkelingen in de wereld van windenergie om ons heen, omdat deze ontwikkelingen de randvoorwaarden bepalen waarbinnen het lectoraat opereert. Ook zal ik duidelijk maken dat er uitdagingen liggen op verschillende terreinen van het vakgebied. Deze uitdagingen zijn voor een groot gedeelte technologisch van aard, maar ik zal ook enkele sociaal-economische uitdagingen belichten. We zien dan, misschien enigszins verassend, dat ook veel van deze 'softe' aspecten vaak een technologische component hebben.



Al deze uitdagingen maken, tezamen met het maatschappelijke nut van windenergie, dat windenergie gewoon een **leuk** vak is en dat aspect wil ik zeker niet onberoerd laten.

Vervolgens gaat een belangrijk deel van deze rede over een aantal onderzoeksactiviteiten dat we op de rails aan het zetten zijn. Bij dit alles dient bedacht te worden dat de NHL in eerste instantie een onderwijsinstelling is en het lectoraat kiest ervoor erg actief bezig te zijn met onderwijs en probeert ook de onderzoeksactiviteiten heel dicht tegen het onderwijsveld aan te laten haken.

Voor een onderwijsinstelling is dan natuurlijk ook de Human Capital Agenda zoals die door Gerard van Bussel is besproken, heel belangrijk. Het lectoraat houdt zich hier intensief mee bezig, en maakt op verzoek van het Topconsortium voor Kennis en Innovatie (TKI) Wind op Zee, een plan van aanpak voor de Human Capital Agenda Offshore Wind Energie. Een eerste conceptversie hiervan is nu gelanceerd.



‘De vermeende hoge prijs van enkele dubbeltjes voor een kWh (duurzame) energie komt in een heel ander daglicht te staan als we beseffen wat zo’n kWh inhoudt. Wist u bijvoorbeeld dat een arbeider een dag lang heel hard moet werken om zo’n kWh te leveren?’

Bauke Kuiper, NHL Hogeschool

I. Achtergrond

Voor velen van u behoort stroom uit het stopcontact tot een van de vanzelfsprekendheden in uw leven. Zonder nu al te paniekerig te willen doen, wil ik u toch eens aan het denken zetten over die vermeende vanzelfsprekendheid. Ik ben namelijk nog van een leeftijd die bewust de oliecrisis van 1973 heeft meegemaakt.

Tijdens die crisis draaide de Organisatie van olie-exporterende landen (OPEC) de oliekraan dicht en het Westen kwam met een schok tot het besef dat stroom uit het stopcontact en benzine uit de pomp helemaal niet zo vanzelfsprekend zijn. Het is destijds allemaal nog met een sisser afgelopen, maar deze oliecrisis vormde wel de start van de moderne windenergie-ontwikkeling. Desalniettemin blijkt onze afhankelijkheid van niet-duurzame (fossiele of nucleaire) energie alleen maar erger te zijn geworden. Deze afhankelijkheid leidt tot een aantal problemen.

Van deze problemen wordt momenteel de milieu- en klimaatbelasting als verreweg het meest urgent gezien. Mijn collega lector Bert Plomp verwees in zijn inaugurele rede naar een studie van het Internationaal Energie Agentschap (IEA) waaruit blijkt dat de tijd om de opwarming van de aarde op de lange termijn binnen de 2 °C te houden al bijna verstreken is. Bij ongewijzigd beleid gaat de opwarming zelfs naar 6 °C.¹

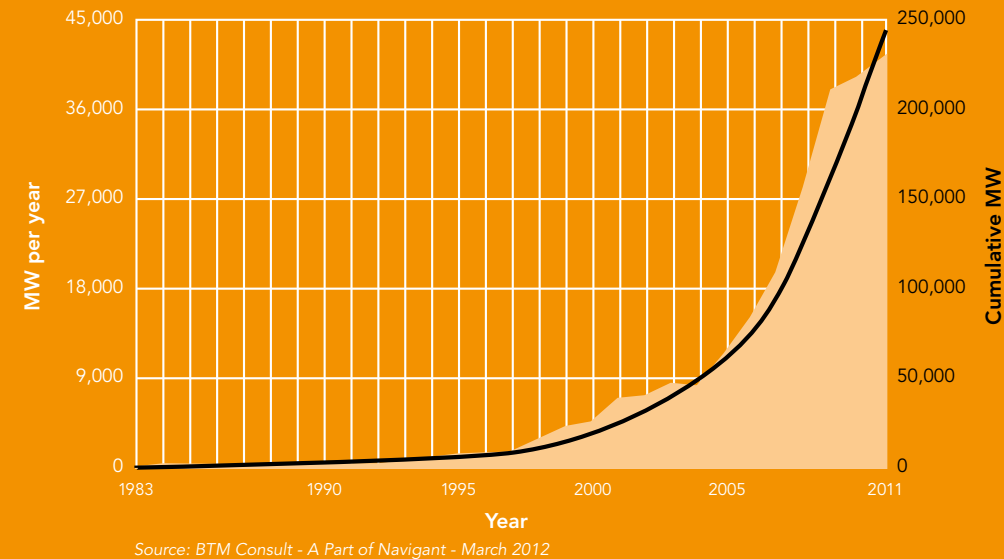


Alsof dit niet alarmerend genoeg is, is er nog een paar aanvullende problemen te noemen die verbonden zijn aan het gebruik van conventionele, niet duurzame bronnen. Zo zijn deze bronnen eindig en ze raken dus vroeg of laat op. (schaliegas of geen schaliegas...)

Ook al duurt dat waarschijnlijk nog vele decennia, we mogen ons toch de vraag stellen of het gerechtvaardigd is om deze energiedragers er in een paar generaties doorheen te jagen. Zeker als we bedenken dat de aarde er miljoenen jaren over heeft gegaan om deze voorraden op te bouwen.

En dan noemde ik reeds het dichtdraaien van de oliekraan door de OPEC-landen in 1973. Nog steeds komt een groot deel van onze energiebronnen uit politiek instabiele regio's waardoor levering, en daarmee het prijsniveau, van energie inherent onzeker zijn.

Al deze problemen zijn op te lossen met duurzame energie. Meer en meer overheden definiëren daarom toekomstscenario's waarbij hun maatschappij voor een steeds groter deel gaat draaien op een mix van duurzame energiebronnen. Hetzelfde geldt voor Nederland dat een doelstelling heeft gedefinieerd van 16% duurzame energie in 2020. In deze mix van duurzame energiebronnen speelt windenergie een heel belangrijke rol. Windenergie is relatief goedkoop en heeft in Nederland een hoog potentieel. Daarnaast is het schoon, onuitputtelijk en het wordt lokaal opgewekt waardoor we ons niet afhankelijk maken van andere landen.



Figuur 1
Jaarlijks en cumulatief geïnstalleerd windvermogen tot eind 2011 (wereldwijd)

‘Als ik God ontmoet ga ik hem twee vragen stellen:
waarom relativiteit en waarom turbulentie?
Op de eerste vraag weet hij vast het antwoord wel.’

Werner Heisenberg

2. Mondiale en nationale windenergie ontwikkelingen

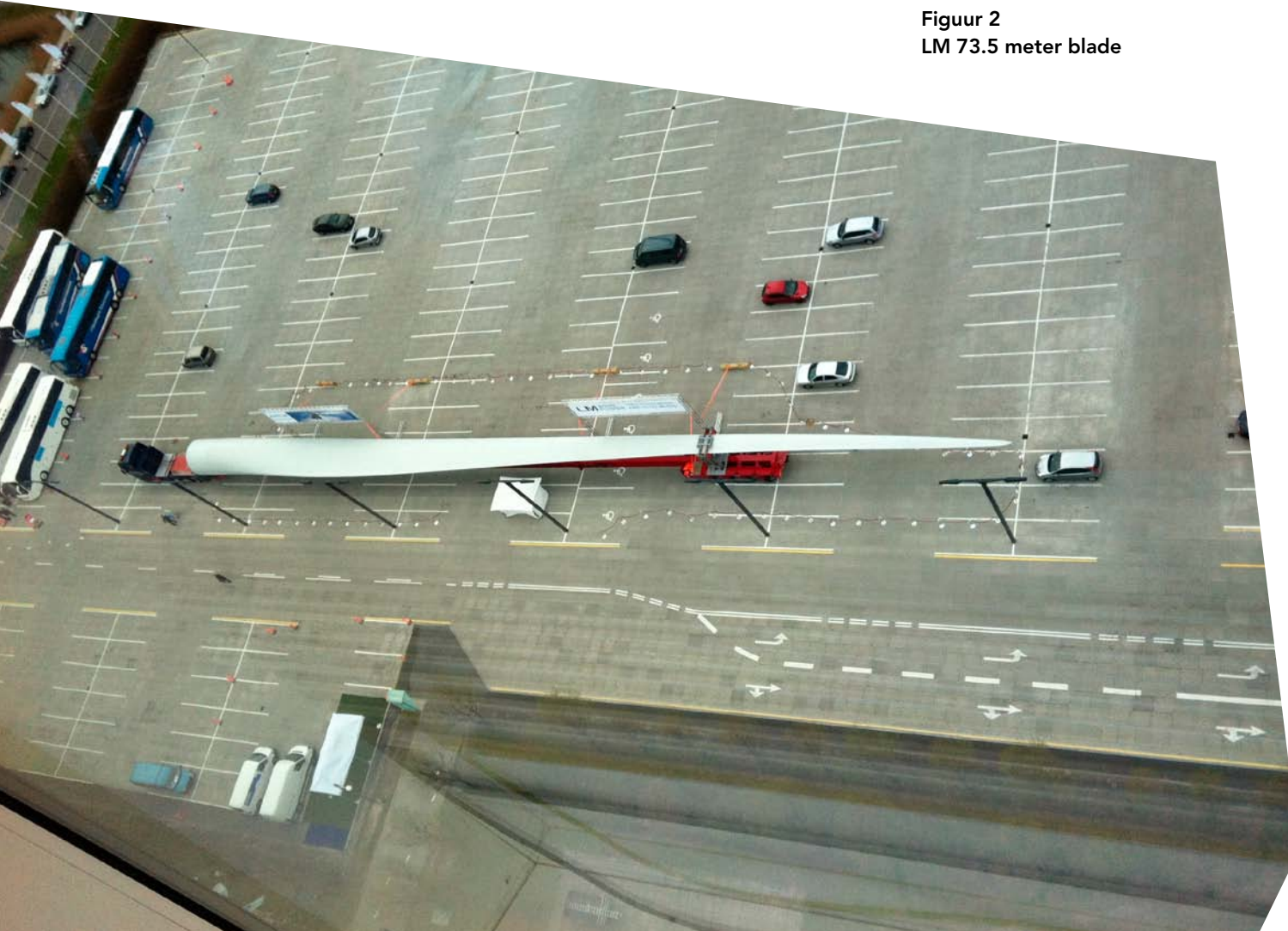
2.1 Marksituatie en technologie, wereldwijd

Als we het windenergie ‘playing field’ willen schetsen, dan springt een aantal zaken in het oog. In de eerste plaats de spectaculaire groei van het windvermogen over de afgelopen twintig jaar waarbij doelstellingen telkens weer worden overschreden. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1 waarin het jaarlijks en het cumulatief geïnstalleerde vermogen wereldwijd wordt gegeven.

Historisch gezien ligt het accent van de windenergie-activiteiten (zowel qua fabricage, implementatie als R&D) in Europa, ook al lijkt het accent de afgelopen jaren enigszins te verschuiven naar Azië en in het bijzonder naar China. Toch zal naar verwachting ook Europa een flinke groei blijven doormaken, zelfs al leveren de huidige economische omstandigheden een vertraging op de korte termijn. Op de lange termijn mag echter zeker weer een aantrekken van de markt verwacht worden.



Figuur 2
LM 73.5 meter blade



Technologisch zijn windturbines uitermate uitdagend. De afmetingen (diameter/ashoogte) van de huidige turbines overstijgen gemakkelijk de 100 meter en op de tekentafel wordt gewerkt aan ontwerpen met afmetingen tot wel 250 meter! (1, zie ook figuur 2).

De condities waaronder windturbines opereren zijn extreem: het gaat om roterende machines die veelal ver buiten de kust in zware offshore omstandigheden staan te draaien in het onderste (hoog turbulente) gedeelte van de atmosfeer. Het feit dat windturbines tegenwoordig in parken worden geplaatst waar ze worden blootgesteld aan zogeeffecten (schaduweffecten van de ervoor staande turbines) leidt tot een verdere complicatie.

Naast dit soort technologische uitdagingen zijn er sociaal economische uitdagingen. Ik noem een aantal: windenergie wordt te duur bevonden. Grofweg mogen we uitgaan van zo'n 6 tot 10 cent voor het opwekken van 1 kWh onshore windenergie en het dubbele voor offshore windenergie tegenover zo'n 3 tot 6 cent voor het opwekken van 1 kWh conventionele energie.

Of windenergie daarmee echt te duur is, is onderwerp van discussie, maar met technologie kunnen we de prijs zeker omlaag brengen. Denk bijvoorbeeld aan gewichtsverminderingen die mogelijk zijn door slimme regeltechnieken dan wel materialen met een betere sterkte/massaverhouding of denk aan de hogere opbrengst via parkregelingen of meer geoptimaliseerde onderhoudsstrategieën.



Figuur 3
WT-Bird simuleren van vogels
met tennisballen

Als we het hebben over de maatschappelijke aspecten van windenergie dan spreekt men vaak over geluid, visuele hinder en vogelaanvaringen. Ook bij het oplossen van dit soort problemen speelt technologie een rol. Zo hebben mijn collega's bij ECN gewerkt aan het zogenaamde WT-Bird systeem. Dat is een monitoring systeem dat de trillingen van het rotorblad detecteert die worden veroorzaakt door vogelbotsingen. Dat leverde altijd mooie verhalen op. Zo blijken vogelaanvaringen dusdanig weinig voor te komen dat een functionele test van het systeem gebruik moet maken van dummy vogels die in de vorm van tennisballen onder hoge druk of vanuit katapults werden afgeschoten om op die manier vogelaanvaringen te simuleren.

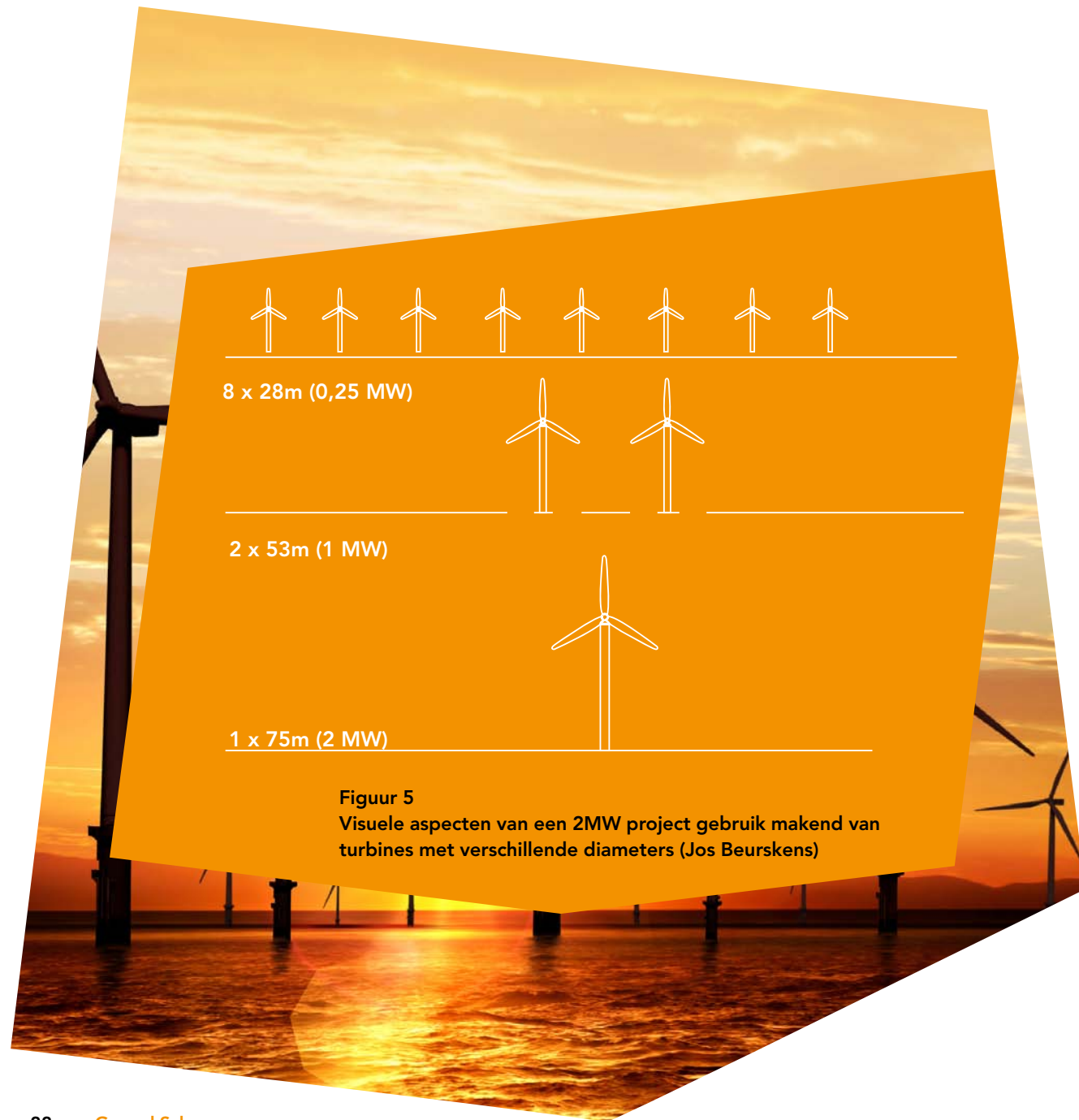
Mijn eigen vakgebied, de aerodynamica, speelt een belangrijke rol bij het verminderen van geluid en visuele hinder. Zo is het geluid van een windturbine natuurlijk hinderlijk voor degene die er last van heeft, maar ik kan uit eigen ervaring zeggen dat het een uitermate uitdagend onderwerp is om technologisch/fysisch mee bezig te zijn. In de periode van 2003 tot en met 2007 was ik coördinator van het EU-project Silent ROTors by aCoustiC Optimisation (Sirocco) (zie ^{III} en figuur 4) waarin we samen met bijvoorbeeld het Nationaal Lucht en Ruimtevaart Laboratorium (NLR) en de windturbine fabrikanten General Electric en Gamesa hebben gewerkt aan het stiller maken van windturbines.*)

Zo keken we naar een ander ontwerp van de profielen aan de buitenkant van het blad, maar ook naar het toepassen van devices, zoals zaagtanden. Daartoe zijn zowel veld- als windtunnelmetingen uitgevoerd.

Figuur 4
Sirocco geluidsbronnen geprojecteerd op een
GE turbine geplaatst op het ECN testveld



**) bij gelijkblijvende opbrengst.*



Om het technologische/bèta karakter van de 'softe' windenergie aspecten nog wat meer te illustreren, wil ik u nu vermaken met een paar vergelijkingen.

Deze vergelijking van de, bij elke windturbine aerodynamicus bekende, 'Prandtl tipcorrectie' helpt om af te leiden dat een tweebladige rotor harder moet draaien dan een driebladige rotor.

$$F = \frac{2}{\pi} \arccos(\exp(\frac{-B(R-r)}{2r \sin(\phi)}))$$

Als we dan weten dat de geluidsterkte ongeveer met de vijfde macht van het toerental toeneemt en als we dan ook nog weten dat een snel draaiende turbine meer visuele hinder veroorzaakt, begrijpt u waarom er nog amper nog tweebladige windturbines in het landschap zijn te vinden.

Daarnaast vertelt de aerodynamica ons via de snellopendheid ($\lambda = \Omega R/V$) dat de tipsnelheid van een windturbine bij benadering onafhankelijk is van de afmeting van de windturbine. Met deze wetenschap kunnen we afleiden dat een grote windturbine op een lager toerental draait en daarmee in de ogen van velen minder visuele hinder levert. Er is nog een reden waarom veel mensen grotere windturbines prefereren boven kleinere en dat brengt me bij deze vergelijking:

$$P = C_p 0.5 \rho V^3 \pi R^2$$

Het vermogen (P) van een windturbine neemt toe met het kwadraat van de rotor straal (R). Dat betekent dat bij gelijkblijvend vermogen een vergroting van de windturbine leidt tot een kwadratische afname van het benodigde aantal windturbines. Figuur 5 die ik van mijn vroegere unitmanager Jos Beurskens heb gekregen, laat mooi zien hoe schaalvergroting leidt tot een heel ander landschappelijk plaatje dat veelal als minder hinderlijk wordt ervaren.



2.2

Windenergie situatie nationaal

Nederland heeft van oudsher een sterke positie op het gebied van windenergie, maar een deel van die positie is verloren gegaan. Dit betreft vooral de teloorgang van een groot deel van de windturbine productie industrie.

Desalniettemin is de positie van Nederland nog verre van marginaal. Binnen Nederland zijn dan ook nog steeds vele partijen actief op het gebied van windenergie. Zo zijn Nederlandse (offshore) bedrijven en instituten als ECN en TU Delft betrokken geweest bij de aanleg van nagenoeg alle offshore windparken wereldwijd waardoor bijna alle offshore parken een zekere 'Dutch content' hebben.^{IV}

Zoals Peter Eecen heeft verteld, staat ook het onderzoek naar windenergie in Nederland in hoog aanzien en we zijn op vele fronten toonaangevend, onder andere door de programma's van ECN en TU Delft. Deze partijen werkten van oudsher reeds nauw samen met de industrie, maar de samenwerking is nog verder aangezet door programma's als 'Flow' en het 'TKI Wind op Zee', welke door industrie en onderzoeksinstituten gezamenlijk worden gedragen.

Ook het onderwijs op het gebied van windenergie in Nederland staat op bijzonder hoog niveau, zoals reeds door Gerard van Bussel geschetst. Het onderwijs is in het verleden vooral op wetenschappelijk niveau gegeven. TU Delft heeft wat dat betreft een zeer sterke positie. Zo had men daar de eerste hoogleraar Windenergie ter wereld. Op dit moment lopen er vele mastercourses en recent is TU Delft benoemd tot coördinator van een nieuwe Europese master Windenergie.

TU Delft heeft aangegeven nauw met NHL Hogeschool te willen samenwerken om een goede aansluiting te bewerkstelligen. Daarnaast hebben de drie Nederlandse 'technische universiteiten' (TU Delft, TU Eindhoven en Universiteit Twente) een zogenaamde Sustainable Energy Technology (SET) masteropleiding waarin een substantiële module Windenergie is opgenomen. Ondergetekende is een van de docenten in Eindhoven. De Hanzehogeschool Groningen heeft een masteropleiding Duurzame Energie opgestart binnen het European Renewable Energy Research Centres Agency (EUREC) programma waarin ook een module Wind is opgenomen en ook daar is ondergetekende een van de docenten.



Figuur 6
Ondertekening convenant
Noorderpoort en de NHL

Aan de andere zijde van het onderwijsspectrum is het Noorderpoort college in Delfzijl actief. Het Noorderpoort heeft recentelijk een mbo-opleiding voor windenergie technicus opgestart. Bovendien wordt hard gewerkt aan een aantal bijzonder interessante faciliteiten waarmee studenten het onderhoud van windturbines kunnen trainen. Ook deze instelling heeft ons verzocht samen te werken om een goede aansluiting te verzekeren. Een samenwerkingsovereenkomst daartoe is op 15 juni 2012 getekend, zie figuur 6.

Toch blijft Nederland op het gebied van windenergie in een aantal opzichten een wat bijzonder land. Op dit moment is door de overheid een doelstelling geformuleerd om in het jaar 2020 16% van de energie duurzaam op te wekken waarbij windenergie een groot deel zal verzorgen. Maar als we weten dat deze doelstelling tot voor enkele maanden nog 14% was terwijl het medio 2010 op 20% stond, dan is duidelijk dat in Nederland sprake is van een enorm jojo-effect. De jojo gaat met een dusdanige snelheid op en neer dat het heel wel mogelijk is dat ten tijde van het uitspreken van de rede de situatie alweer anders is dan ten tijde van het schrijven van deze rede!

Figuur 7
Gezicht op het
Prinses Amalia-park



Voor windenergie is voor het jaar 2020 een nationale doelstelling van 6000 MW onshore vermogen geformuleerd en dat komt grofweg neer op een toename van ongeveer 4000 MW ten opzichte van de huidige situatie. Om dit te bewerkstelligen is recent een convenant gesloten tussen de provincies en het Rijk, waarbij de provincies de ruimte garanderen voor het inpassen van de vereiste 6000 MW. Toch is het maar de vraag of er nu echt snel in de door de provincies aangewezen gebieden kan worden gebouwd, want juridische bezwaren en verzet van omwonenden kunnen nog steeds roet in het eten gooien.

Wat betreft offshore heeft Nederland twee windparken voor de Noord-Hollandse kust: het OWEZ Windpark op een afstand van zo'n 10 tot 18 km uit de kust bij Egmond. Dit park bestaat uit 36 turbines met een gezamenlijk nominaal vermogen van 108 MW. Iets verder uit de kust bevindt zich het prinses Amalia Windpark dat bestaat uit 60 windturbines en een totaal nominaal vermogen van 120 MW, zie figuur 7.

Daarnaast wordt gewerkt aan het Luchterduinenpark zo'n 23 kilometer uit de kust tussen Noordwijk en Zandvoort. Dit park zal gaan bestaan uit 43 turbines met een gezamenlijk vermogen van 129 MW. Ook zitten er 2 parken in de pijplijn zo'n 60 km ten noorden van Schiermonnikoog met tezamen een vermogen van 600 MW.

Verdere uitbouw van het Nederlandse off-shore wind vermogen is onzeker: De prijs van offshore windenergie moet in eerste instantie via innovatie omlaag gebracht worden. Men vergeet hierbij dat een belangrijke manier om kosten omlaag te brengen, is door simpelweg te DOEN. Hopelijk kan dit probleem deels worden ondervangen door de offshore 'proeftuin Leeghwater' waarvoor de plannen in een vergevorderd stadium zijn.

Verder is zeer recent de discussie gestart of er niet nearshore parken (parken binnen de 12 mijlszone uit de kust) gebouwd moeten worden om de bijgestelde doelstelling voor duurzame energie op een goedkope manier te behalen.

Bij het bepalen van de doelstellingen is dan ook nog eens de zogenaamde Human Capital Agenda heel belangrijk. De vraag naar goed opgeleide technici en ingenieurs is op dit moment, ondanks enkele recente problemen bij grote windturbine fabrikanten, nog steeds groter dan het aanbod en er is absoluut actie nodig wil het tekort aan goed opgeleide mensen geen showstopper worden bij het behalen van deze doelstellingen. Hierover later meer.

2.3 Situering van het lectoraat

Als we kijken naar het Nederlandse windenergie werkveld blijkt een hbo-technische kennisinstelling te ontbreken. Meer algemeen blijken bachelor technische windenergie-opleidingen ondervertegenwoordigd te zijn op Europese universiteiten.^V

Deze constatering levert, tezamen met de geografische positionering van de NHL (dichtbij het Noordelijk kustgebied waar twee 300 MW parken uit het oude beleid op de rol staan en dichtbij Noordwest-Duitsland (een gebied met een enorme dynamiek op het gebied van windenergie), een uitgelezen mogelijkheid om zich te profileren op het gebied van windenergie. Dit wordt nog versterkt door de ambitieuze doelstelling van de provincie Friesland op het gebied van verduurzaming van de energievoorziening en economische activiteiten.^{VI}

Het Strategisch Plan van NHL Hogeschool^{VII} speelt hierop in en heeft duurzame energie en technologie als expertisegebied opgenomen. Hiermee samenhangend is de NHL in februari 2011 begonnen met het ontwikkelen van de afstudeerrichting Offshore Windenergie. Deze afstudeerrichting kan worden gevolgd vanuit de opleidingen Werktuigbouwkunde, Informatica en Elektrotechniek van de afdeling Engineering (vallend onder het instituut Techniek).

In januari 2012 is ondergetekende gestart als lector Windenergie. Dit lectoraat valt direct onder het instituut Techniek. Binnen NHL Hogeschool onderhoudt het lectoraat nauwe contacten met deze afstudeerrichting. Daarnaast definieert het lectoraat praktijkgericht onderzoek op het gebied van windenergie en voert dit mede uit. Mijn aanstelling bij de NHL is voor twee dagen in de week, waarbij ik de overige drie dagen in de week werkzaam blijf als senior onderzoeker bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

Vanaf 1 april 2012 heeft mijn voormalige ECN-collega Leo Machielse zich bij me gevoegd. De nauwe contacten met ECN worden nog versterkt door het feit dat mijn collega Bert Plomp van ECN reeds sinds september 2011 werkzaam is als lector Zonnestroom en Vervoer. Binnen zijn lectoraat is Robbert Makkes aangesteld die ook weer van ECN afkomstig is.

De ontwikkeling van de afstudeerrichting en het lectoraat vindt plaats binnen het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO-project 'Maritime Campus Netherlands' (MCN)). De doelstelling van het MCN-project is het duurzaam versterken van de economische infrastructuur in Noord-Holland Noord door het ontwikkelen, uitbouwen en borgen van het Marien, Maritiem en Milieutechnologisch cluster in deze regio. Daartoe is een samenwerkingsverband gecreëerd tussen onderzoeksinstituten, onderwijsinstellingen (vmbo tot en met wo), ondernemers en overheden. Het definiëren en verzorgen van het huidige lectoraat en de afstudeerrichting Offshore Windenergie vormt een van de werkpakketten uit het project.





‘Geen woorden maar daden’.

Clublied Feyenoord.

3. Activiteiten Lectoraat Windenergie: onderwijs en onderzoek

In het afgelopen jaar heb ik een lectoraatsplan gemaakt waarin de plannen voor de komende vier jaar globaal staan beschreven. Dit lectoraatsplan werd gedreven door de volgende visie:

- Een praktijkgerichte **technische hbo-opleiding/onderzoeksinstelling** wordt node gemist in de Nederlandse windenergie keten.
- **Samenwerking** met gerenommeerde partijen wordt gezien als de meest geëigende methode om een positie te verkrijgen in het werkveld. Windenergietechnologie is zeer multidisciplinair, maar bedacht dient te worden dat op nagenoeg elk vakgebied vele partijen actief zijn met een jarenlange track record. Wil de NHL een sterke positie verwerven, dan moet aansluiting worden gezocht bij gevestigde partijen. Ik zal in de rest van mijn rede uitleggen dat er reeds verschillende samenwerkingsverbanden zijn gecreëerd.



- Intensieve interactie tussen **lectoraat en onderwijs** wordt belangrijk geacht. Ondergetekende is derhalve samen met Leo Machielse betrokken bij onderwijstaken en aldus wordt de klacht uit de studentenwereld omtrent te beperkte contacten tussen lector en studenten ter harte genomen.
- Weliswaar wordt deze rede in het Nederlands gehouden, maar **internationalisering** wordt als uitermate belangrijk beschouwd. Daartoe dient bedacht te worden dat het reeds bestaande windenergie veld in Nederland zeer internationaal is georiënteerd. Daarnaast is de nationale (financiële) windenergie basis relatief onzeker gezien het reeds genoemde jojo-beleid waar Nederland berucht om is. De daarmee gepaard gaande risico's kunnen worden verkleind door internationalisering.

3.1 Onderwijs

Het Lectoraat Windenergie houdt zich zowel bezig met praktijkgericht onderzoek als met onderwijs. De meeste lectoren lijken onderzoek op de eerste plaats te stellen, maar ik wil toch graag met het onderwijs beginnen. Het afgelopen jaar zijn op dit gebied dan ook vele activiteiten ontplooid zoals:

- Het, in nauwe samenwerking met de docenten, ontwikkelen van de afstudeerrichting Offshore Windenergie bij NHL Hogeschool. Daarnaast worden verschillende colleges gegeven, onder andere het college Duurzame Energie Installaties waarvoor zich het afgelopen jaar zo'n dertig studenten hebben aangemeld. Ook is de rol van Leo Machielse zeer belangrijk. Hij begeleidt verschillende tweede- en vierdejaarsstudenten bij het ontwerp en de bouw van kleine windturbines en de zogenaamde windkar (wagens die tegen de wind in rijden).
- Het ontwikkelen van een minor Offshore Windenergie. Deze minor bestaat uit een praktijkstage bij een van de vijftien bedrijven die met onze opleiding samenwerken alsmede een aantal verdiepingsdagen. Een aantal van deze verdiepingsdagen wordt door ondergetekende of door andere NHL-docenten verzorgd. Daarnaast is er een aantal gastdocenten uitgenodigd. In dit verband wil ik in het bijzonder de medewerking noemen die Rogier Nijssen van Inholland heeft toegezegd aan deze minor. Ik ken Rogier vooral vanuit zijn rol bij het Knowledge Centre Wind turbine Materials and Constructions (WMC), maar daarnaast is Rogier lector composieten bij InHolland Alkmaar. Professor van Bussel van TU Delft heeft aangegeven een TU Delft minor Windenergie hierop te laten aansluiten, zodat we kunnen spreken van een tripartite minor!
- Het coördineren van de module Wind (en Hydro) binnen de EUREC-masteropleiding Renewable Energy bij Hanzehogeschool Groningen. Dit omvat het ontwikkelen van studiemateriaal en het geven van colleges.

- Het verzorgen van cursorisch onderwijs zoals we recent hebben gedaan ten behoeve van het netwerk Northern Netherlands Offshore Wind (NNOW) en Maritime Campus Netherlands (MCN).

Dit hoofdstuk begint met de quote ‘Geen woorden maar daden’ en ik kan me voorstellen dat dit enige toelichting behoeft. In de eerste plaats omdat ik enkele maanden geleden ben gepromoveerd waarbij ik een stelling over Ajax^{*)} te vuur en te zwaard heb verdedigd tegenover een opponent die de euvele moed had het niet met deze stelling eens te zijn. Het ligt dan niet meteen voor de hand om nu opeens een Feyenoord quote uit te kiezen.

Volgens mij is de quote echter erg van toepassing op een heel belangrijk onderwerp: het tekort aan mensen met bèta/technische bagage en dat zijn veelal mensen die hun geld met daden en niet zozeer met woorden verdienen. Daar heeft de BV Nederland er veel te weinig van en dat merken we ook bij de afdeling Techniek van de NHL waar we onder elkaar moeten vechten om goede studenten voor onze onderwerpen te vinden en waar het moeilijk is om docenten voor technische vakken te krijgen. Als we naar de getallen kijken voor Nederland als geheel, dan blijkt er nu reeds een tekort van zestigduizend mensen te zijn met inhoudelijke bèta/techniek kennis.^{VIII}

Het probleem wordt nog enigszins gecamoufleerd door de huidige economische crisis, maar elke procent economische groei zal het tekort aan technici nog eens met dertienduizend doen oplopen. Veel mensen beschouwen dat in deze tijd van werkloosheid als een luxeprobleem, maar laten we niet vergeten dat het gaat om een middelgrote stad met mensen die we tekort komen. Als we uitgaan van een omzet van 50.000 euro per technicus praten we al snel over een schade voor de Nederlandse economie van 3 miljard euro!

Dit zijn getallen voor techniek in het algemeen, maar in de wereld van windenergie is de situatie niet veel gunstiger. Ik ben dan ook erg blij dat Gerard van Bussel bereid bleek om vandaag in het ‘voorprogramma’ de Human Capital Agenda uit de windenergie wereld te bespreken. Het Topconsortium voor Kennis en Innovatie (TKI) Wind op Zee heeft me enkele maanden geleden gevraagd of ik voor dit onderwerp een plan van aanpak wilde schrijven. Het plan gaat onder andere in op het aanbod en de vraag van gekwalificeerd personeel, de afstemming van de verschillende windenergie-opleidingen in Nederland en ideeën om instroom te vergroten. Een eerste versie van dit plan van aanpak is gelanceerd op de website van het TKI-Wind op Zee.

^{*)} Ajacieden arrogant noemen is het toppunt van arrogantie



Het gaat hierbij om een plan van aanpak, met andere woorden: het is nog toekomstmuziek, maar wat kunnen wij nu reeds vanuit de NHL doen om dit probleem op te lossen? Uiteraard het bieden van interessant en goed onderwijs in nauwe interactie met het bedrijfsleven en in goede samenhang met het mbo- en wo-onderwijs. Dit klinkt als een open deur, maar toch dient dit bij alles wat we doen in ons achterhoofd mee te spelen en een belangrijk doel van deze rede is om u duidelijk te maken dat er op dit gebied al heel hard wordt gewerkt. Toch is ook van hogerhand actie nodig. Daartoe heeft de overheid het Masterplan Bèta en Techniek in het leven geroepen, dat een lange termijn ambitie heeft geformuleerd waarbij in 2025 40% van alle afgestudeerden een bèta- en technologische opleiding moet hebben afgerond.^{IX} Dit is moeilijk voor te stellen zonder een significante toename van het aantal vrouwelijke afgestudeerden. Helaas bleek toch ook in 2012 het college Duurzame Energie Installatie bij de NHL door slechts één vrouw te zijn bezocht tegenover dertig mannen.

Bij de SET-colleges die ik in Eindhoven geef, is de verhouding in het algemeen iets gunstiger, maar daarbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat daar heel veel buitenlandse studenten deelnemen. In dit verband is het interessant te weten dat zelfs het windenergie-onderwijs bij de Danish Technical University (DTU) in het windenergie gidsland Denemarken grotendeels draait om studenten van buitenlandse afkomst.^X Ook in Nederland wordt het aantrekken van buitenlandse studenten vaak als ei van Columbus gezien om de tekorten aan bèta-studenten op te lossen. Toch moeten we ons wel realiseren dat we op wereldschaal bezien hiermee het probleem alleen maar verschuiven. Zo ben ik erg blij met mijn Turkse ECN-collega's, maar de resulterende braindrain van Turkse windspecialisten naar West-Europa hindert de windenergie-ontwikkeling in Turkije zelf!

Veel belangrijker is daarom een fundamentele herijking van functiewaarderingen. Een jongeling moet in de toekomst niet alleen stoer gevonden worden als hij/zij kan zeggen een management of commerciële functie te ambiëren, maar het moet nog veel stoerder gevonden worden als hij/zij een techniek/bèta studie volgt waar dan uiteraard ook een passende beloning tegenover moet staan.



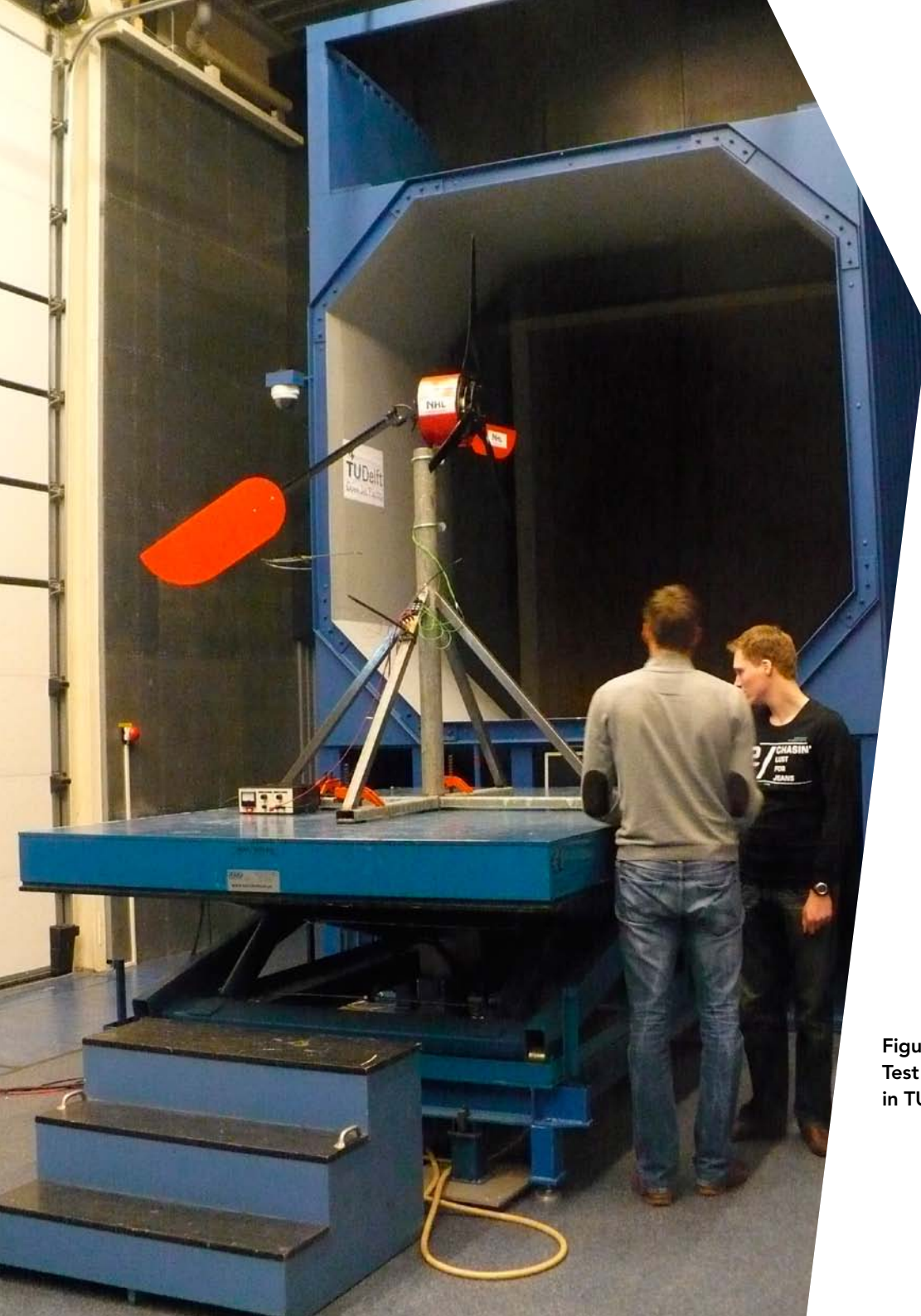
3.2 Onderzoek

Een lectoraat houdt zich ook bezig met onderzoek. Waar kunnen we ons nu mee bezig houden en waarmee kunnen we onderscheiden? Zoals al eerder gemeld, is windenergie-technologie bijzonder multidisciplinair: meteorologie, aerodynamica, akoestiek, aero-elasticiteit, mechanica, materiaalkunde, productietechnieken, regeltechniek, elektriciteitsleer, onderhoud en bedrijfsvoering, transport en installatie technieken et cetera. Al deze disciplines zijn van belang in de windenergie-techniek.

Peter Eecen heeft al een heel mooi overzicht gegeven van de onderzoeksactiviteiten in Nederland waaruit duidelijk wordt dat onder andere ECN en TU Delft sterke posities hebben, ook in het internationale veld. Ikzelf houd me bij ECN veel bezig met aerodynamica, geluid en belastingen en dat doe ik in nauwe samenwerking met de mensen van TU Delft. Het ligt dan ook voor de hand om aansluiting te zoeken bij ECN ten TU Delft. In eerste instantie richten we ons binnen het lectoraat op een onderwerp dat relatief weinig aandacht heeft gekregen en dat naar ons idee om meerdere redenen het ideale startpunt voor het lectoraat vormt: **kleine windturbines** (turbines met een nominaal vermogen tot 10 kW).

Waarom zijn kleine windturbines nu zo'n ideaal startpunt? In eerste instantie uit educatief oogpunt: een groot aantal aspecten die bij het ontwerp en bouw van grote turbines een rol speelt, komt ook aan bod bij het ontwerp/bouw van een kleine turbine. De meer hanteerbare schaal van kleine windturbines maken ze dan ideale objecten voor onderwijsdoeleinden.

Daarnaast moet bedacht worden dat kleine windturbines wel degelijk een niet verwaarloosbare bijdrage kunnen leveren aan de toekomstige duurzame energie per huishouding. Dit wordt onder andere vastgesteld in het zeer aanbevelenswaardige visiedocument van de Nederlandse Wind Energie Associatie (NWEA).^{xi} Dit document voorziet een belangrijke markt voor kleine windturbines, bijvoorbeeld in de bebouwde omgeving, maar ook in buitengebieden of op bedrijventerreinen. Het document verwacht een potentieel in Nederland van 100 GWh per jaar, hetgeen overeenkomt met ruim eenderde van de productie van het OWEZ offshore windpark voor de Nederlandse kust. Daarnaast hebben kleine windturbines potentieel bij decentrale energieopwekking in ontwikkelingslanden. Wel wordt algemeen onderkend dat de betrouwbaarheid en kosten van kleine systemen een succesvolle doorbraak van kleine windturbines nog in de weg staan. Werk aan de winkel dus voor de NHL wat betreft onderwijs en onderzoek op dit gebied!



Figuur 8
Test van kleine windturbines
in TU Delft windtunnel

De afgelopen jaren hebben tweedejaarsstudenten van de NHL zich onder de bezielende leiding van NHL-docenten Eelke Bontekoe en Leo Machielse met veel enthousiasme geworpen op het ontwerpen en bouwen van dergelijke kleine windturbines. Deze zijn vervolgens getest in de windtunnel van TU Delft figuur 8.

Bij een bezoek aan universiteiten in Noordwest-Duitsland (Forwind, UAS Bremerhaven en UAS Kiel), is besloten om studententeams in wedstrijdverband kleine windturbines te laten ontwikkelen en testen. Het doel van deze wedstrijden is, naast het al genoemde educatieve aspect, om een kwaliteitsimpuls te geven aan de ontwikkeling van deze turbines omdat slimme studententeams elkaar steeds verder opjagen. Bedrijven als GL-Garrad Hassan en Fortis Wind Energy stellen belangeloos hun kennis en expertise ter beschikking bij de voorbereidingen van deze wedstrijd.

Nadien is door meerdere universiteiten erg enthousiast gereageerd op dit initiatief en dat heeft ertoe geleid dat ook TU Delft wil meedoen aan de eerste wedstrijd die naar verwachting in juni 2013 zal plaatsvinden. De Danish Technical University of Denmark (DTU) is in de persoon van mijn aerodynamische collega Pierre-Elouan ook helemaal warm gelopen en zij willen meedoen aan de wedstrijd van 2014. Bijzonder opvallend is dat Jim Ahlgrim (de voorzitter van de IEA Executive Committee, een comité waar ik tweemaal per jaar de voortgang van een van mijn ECN-projecten presenteer) me heeft verteld dat het Amerikaanse Department of Energy, al dan niet geïnspireerd door de enthousiaste Europese verhalen, volgend jaar een soortgelijke wedstrijd gaat organiseren aan de andere kant van de oceaan!

Willen we echt serieus werk maken van kleine windturbines dan dienen we een testveld op te zetten met bijbehorende meetinfrastructuur. Op deze manier kan ervaring worden opgedaan met verschillende typen turbines onder 'echte' atmosferische omstandigheden en kunnen, bijvoorbeeld studenten, werken aan windturbinekarakterisering, meetmethoden, inspectiemethoden en dergelijke. Leo Machielse is druk bezig verschillende opties te inventariseren voor zo'n testveld.

Een algemeen erkende bottleneck voor de succesvolle implementatie van kleine windturbines in de gebouwde omgeving is de **geluidshinder** van dergelijke machines. Daarom is ondergetekende in gesprek met Carlos Ferreira van TU Delft waarbij we ernaar streven een promovendus aan te stellen die geluid van kleine windturbines gaat onderzoeken. We denken dan aan een soort van Sirocco-project zoals ik dat hiervoor heb geschetst, maar dan toegespitst op kleine windturbines, Sirocco was toegespitst op grote windturbines.



Figuur 9
Abseiler aan een blad

Over Sirocco gesproken: zoals gemeld werkten we in dit project aan het reduceren van geluid van windturbinebladen. Dit deden we op verschillende manieren, maar een van de onderzochte mogelijkheden was het aanbrengen van zogenaamde zaagtanden aan de achterrand van een blad van een van de turbines op het ECN-testveld in Wieringermeer. Vaak stonden we dan omhoog te kijken in de hoop te kunnen checken of die zaagtanden (of andere devices) er nog wel op de juiste manier aanzaten, maar indien u weet dat het om turbines gaat met een ashoogte van zo'n 100 meter, dan begrijpt u hoe moeilijk het was een goed beeld te krijgen. Op een gegeven moment hebben we zelfs abseilers laten komen die een inspectie hebben uitgevoerd, figuur 9.

Op dat moment spraken we reeds de wens uit dat het prachtig zou zijn als we deze inspecties op afstand vanaf de grond zouden kunnen uitvoeren. Die wens wordt nu werkelijkheid binnen het RAAK-mkb project 'Internet der maritieme dingen' dat door het Kenniscentrum Jachtbouw van de NHL wordt uitgevoerd. In dit project wordt (onder andere) de conditie van windturbinebladen gevisualiseerd met behulp van camera's aan quadrocopters. De vervulling van een echte jongensdroom... Deze activiteiten gebeuren in samenwerking met het Kenniscentrum Computer Vision van de NHL dat uitgebreide apparatuur en expertise heeft voor beeldverwerking en de integratie daarvan in systemen en software.

Als zodanig valt deze activiteit onder een tweede speerpunt van het lectoraat en dat is onderhoud. Onderhoud is een grote kostenpost van offshore windenergie. Hoe we dit onderwerp verder gaan invullen in ons lectoraat is onder andere afhankelijk van beschikbare capaciteit, maar ik zal hier zeker over sparren met een aantal van mijn ECN-collega's die op dit gebied een grote reputatie hebben. Een van hen, Luc Rademakers, heeft reeds een gastcollege bij NHL Hogeschool gegeven. Hij draagt ook bij aan de minor Windenergie waarbij ECN-software wordt ingezet die door nagenoeg alle windparkontwikkelaars wordt gebruikt en tegenwoordig ook door steeds meer universiteiten.

3.3

Kenniskring en samenwerkingen

Een lectoraat aan een hogeschool houdt zich bezig met praktijkgericht onderzoek en met onderwijs. Zoals al eerder gemeld, is samenwerking een belangrijk uitgangspunt voor ons lectoraat en ik heb uitgelegd dat wij op beide gebieden reeds een aantal samenwerkingen hebben gerealiseerd. De contacten met ECN en TU Delft zijn van oudsher zeer intensief, maar daarnaast zijn ook reeds samenwerkingen tot stand gekomen met bijvoorbeeld het Noorderpoort in Delfzijl.

Een andere belangrijke ontwikkeling voor ons is de masteropleiding Renewable Energy (vanuit European Renewable Energy Research Centres Agency, Eurec) die door de Hanzehogeschool Groningen wordt opgestart. Het lectoraat is de coördinator van de module Wind binnen deze opleiding.

Via dit traject is NHL Hogeschool dan ook verbonden aan de Energy Academy Europe, een nieuw interdisciplinair kennis- en onderwijsinstituut dat gedragen wordt door de Universiteit van Groningen, Hanzehogeschool Groningen en Energy Valley.

Daarnaast werken we samen met een aantal universiteiten uit Noordwest-Duitsland. Volgende week brengen we weer een bezoek aan Henri Seifert van de University of Applied Science Bremerhaven, wiens opleiding en visie erg overeenkomt met de onze. Bovendien verwacht ik steeds vaker met Rogier Nijssen van InHolland te zullen samenkomen om in mijn woonplaats Alkmaar samen invulling te geven aan de minor Windenergie. Samenwerking met het bedrijfsleven vindt vooral plaats vanuit de onderwijsactiviteiten. Daartoe hebben we een strategische samenwerking met ongeveer vijftien partijen gesloten.

Deze samenwerking houdt in dat dat deze bedrijven stage- en afstudeerplaatsen beschikbaar stellen en wij hebben hun logo's en contactgegevens op de website geplaatst zodat studenten eenvoudig kunnen solliciteren. In de Noord-Nederlandse context is dan de samenwerking met het cluster NNOW erg belangrijk omdat NNOW de Noord Nederlandse offshore wind-energie bedrijven clustert. Deze samenwerking loopt op bijzonder plezierige wijze via Allard van Dijk. De komende tijd willen we overigens veel intensievere gesprekken voeren met een aantal van deze bedrijven om te bekijken hoe de samenwerking verder kan worden vormgegeven.

En last maar zeker niet least: wil ik bij de externe contacten het MCN noemen. Deze samenwerking loopt via Betty Johans en Marja Doedens. Zij zijn voor ons bijzonder belangrijk omdat zij het zijn die de afstudeerrichting en het lectoraat mogelijk maken.

Dan de interne samenwerking binnen NHL Hogeschool. Natuurlijk wil ik in de eerste plaats Leo Machielse noemen die mijn steun en toeverlaat is in dit lectoraat en waar ik een dringend beroep op doe om zijn pensionering zo lang mogelijk uit te stellen. Het grote voordeel van het feit dat we samen ver weg in Alkmaar wonen, zit in de lange rit hier naar toe. Die rit vormt namelijk een perfecte gelegenheid om ongestoord alle ontwikkelingen van het lectoraat door te spreken waardoor we altijd uitstekend voorbereid in Leeuwarden arriveren.



De belangrijkste mensen in het onderwijsveld zijn naar mijn idee de docenten waarbij ik in dit verband in de eerste plaats denk aan de werktuigbouwdocenten Bauke Kuiper en Eelke Bontekoe die met enorme gedrevenheid en enthousiasme de afstudeerrichting Offshore Windenergie vormgeven. Hun insteek kwam het best naar voren bij de vermanende woorden die Eelke uitsprak toen ik te laat was met het corrigeren van een aantal studentopdrachten vanwege een plotselinge management meeting: 'Je weet toch dat er niets belangrijker is dan onderwijs' en daar kan ik hem natuurlijk alleen maar gelijk in geven. Ook Jaap Verhage is een belangrijke man als we het hebben over de materiaalkundige aspecten van windturbines en hetzelfde geldt voor Harry van der Pol als we het hebben over de elektrotechnische aspecten.

Buiten de docenten om kan ik nog vele samenwerkingen noemen binnen de NHL. Natuurlijk die met Angela Schat, hoofd van de afdeling Engineering waarmee ik de dagelijkse (management)beslissingen bespreek en Hans Drijfhout, hoofd van het Instituut Techniek waarmee ik op hoofdlijnen de voortgang van het lectoraat bespreek. Bert Plomp is lector Zonnestroom & Vervoer en net als ik deels werkzaam bij ECN. Met hem bespreek ik onze gezamenlijke ervaringen met betrekking tot deze deeltijdconstructie en meer inhoudelijk bespreken we duurzame energie-aspecten die zowel bij zonne- als bij windenergie optreden.

Daarnaast zit ik steeds vaker op de kamer van Tjerk Jansma en Bauke Kalma van HotSpot Duurzame Energie om onder andere het aerodynamisch-elektrisch optimaliseren van kleine windturbines te bespreken. Als het gaat om de visuele inspecties van windturbines is er een vruchtbare samenwerking op touw gezet met de Kenniscentra Jachtbouw en Computer Vision. Peter Joore van het lectoraat Open Innovatie vervult een belangrijke verbindende rol bij het samenbrengen van de verschillende lectoraten, onder andere door het organiseren van lectoraatsbijeenkomsten.



‘Het persen van het laatste beetje gas uit moeilijke gesteenten is geen renaissance maar een pensioneringsfeestje’

Art Berman (Amerikaans geoloog) over de vermeende schaliegas revolutie

Epiloog

Het belangrijkste doel van deze rede was om u een beeld te schetsen van de reeds lopende en geplande activiteiten van het Lectoraat Windenergie van NHL Hogeschool. Daartoe heb ik de kaders, zowel intern als extern, geschetst waarbinnen het lectoraat opereert. We hebben gezien dat de markt op het gebied van windenergie, ondanks een lichte hapering op dit moment, naar verwachting in de toekomst weer hard zal groeien.

We hebben vastgesteld dat het lectoraat zich actief bezighoudt met onderwijs waarbij we ook hebben geconstateerd dat het tekort aan technisch geschoolde windenergie-professionals het moeilijk kan maken de doelstellingen op het gebied van windenergie te behalen. Dat is een van de redenen waarom we de zogenaamde Human Capital Agenda als belangrijk onderwerp op het programma van deze middag hebben gezet. Het lectoraat speelt op verzoek van Topconsortium Kennis en Innovatie Offshore Wind een actieve en coördinerende rol bij deze Human Capital Agenda. Toch blijft de belangrijkste manier om een bijdrage te leveren aan de oplossing van dit probleem, natuurlijk het geven van goed onderwijs en daar wil het lectoraat bij helpen, zowel direct in de vorm van docentactiviteiten als indirect in de vorm van uitdagende projecten voor studenten.



Het lectoraat is nu nog klein en ik heb in mijn rede geprobeerd duidelijk te maken dat we nergens zijn zonder de steun van collega's binnen en buiten de NHL. Zo heb ik Leo, Eelke, Bauke (2x), Angela, Hans, Harry, Jaap, Bert, Tjerk en Peter reeds bedankt voor hun steun. Daarnaast wil ik het College van Bestuur bedanken die dit lectoraat mogelijk maken. Ook mijn kamergenoten op de NHL wil ik bedanken, al slokken de werkzaamheden me vaak dusdanig op dat ik (te) weinig tijd heb voor het onderhouden van contacten met hen. Een bijzonder woord van dank is op zijn plaats voor Djoke Bijlsma, de 'lectoren secretaresse' en Evelyn Bot van Marketing en Communicatie die alle organisatorische zaken voor deze middag uit handen heeft genomen, zodat ik me alleen nog maar druk hoefde te maken over deze rede.

Natuurlijk wil ik ook mijn waardering uitspreken voor MCN en in het bijzonder voor Marja Doedens en Betty Johans. Ik wil nogmaals benadrukken dat er zonder hun steun helemaal geen lectoraat en afstudeerrichting Windenergie zouden zijn!

Ook wil ik Peter Eecen en Gerard van Bussel heel hartelijk danken voor hun onmiddellijke en enthousiaste 'ja' op mijn vraag het 'voorprogramma' van deze middag te verzorgen. Nog belangrijker vind ik hun continue steun om van dit lectoraat en de afstudeerrichting een succes te maken. Zo heb ik op Gerard nog nooit een tevergeefs beroep gedaan als ik collegemateriaal of advies over onderwijsactiviteiten nodig had.

Naast Peter wil ik het ECN-management en de -collega's bedanken. Ik weet dat er af en toe wordt gemopperd omdat ze me nauwelijks nog in Petten zien en dan helpt het natuurlijk niet dat ik twee dagen per week in Leeuwarden zit. De verminderde contacten met mijn collega's in Petten mis ik zelf overigens ook bijzonder. Ik ben dan ook erg blij met de hedendaagse telecommunicatiemiddelen zoals VPN, email, teleconferenties en dergelijke, die het mogelijk maken dat ik in ieder geval niet al veel werk gerelateerde zaken hoef te missen. De bijzonder prettige persoonlijke contacten worden op deze manier natuurlijk niet goedge maakt.

Tenslotte een dankwoord voor het thuisfront (Henrike, Erik en Sander). Ook daar wordt wel eens gemopperd dat ik altijd maar aan het werk ben en dat is sinds mijn overgang naar de NHL zeker niet minder geworden. Ik probeer mijn leven echt wel te beteren door af en toe eens een keer nee te zeggen tegen mijn werk, maar ja...

Hartelijk dank aan allen!!!

Ik heb gezegd.



Literatuur

- I B. Plomp, *lector Zonnestroom & Vervoer: inaugurale rede*, NHL Hogeschool, (september 2012).
- II Upwind, *Design limits and solutions for very large wind turbines, a 20 MW turbine is feasible*, Final report of the EU FP6 project Upwind, (maart 2011).
- III J.G. Schepers, A. Curvers, S. Oerlemans, K. Braun, T. Lutz, A. Herrig, W. Wuerz, A. Mantesanz, L. Garcillán, M. Fischer, K. Koegler, T. Maeder, *SIROCCO: Silent rotors by acoustic optimization*, Presented at the Second International Meeting on Wind Turbine Noise, Lyon, France, (september 2007).
- IV Innovatietafel Offshore Wind 'InnovatieContract Wind op Zee', (februari 2012).
- V Ola Carlson, Kersti Karltorp, Staffan Jacobsson, Hans-Erik Emanuelsson, Stephan Jung, Beenhard Oldigs, Uta Kühne, Moses Kaern, Michael Schmidt, Ian Fisher, *POWER cluster - Needs of education and suggestions of programmes and courses for offshore wind*, (juni 2011).
- VI Samenvatting van doelstellingen in het Energieakkoord Noord Nederland en de programma's Fryslân Duurzaam, Fryslân geeft Energie en Ljouwert Sustainable City in "Sinnestream Fryslan en Ljouwert", Presentatie Job Swens, (Leeuwarden 2010).
- VII Strategisch Plan NHL Hogeschool 2012-2015.
- VIII NRC Handelsblad, 'Voor hen staan bedrijven wel in de rij', (5 januari 2013).
- IX Masterplan van de Topsectoren van de Nederlandse Economie i.s.m. het Platform Bèta Techniek en de Groene Kennis Naar 4 op de 10: *Meer technologietalent voor Nederland*.
- X Jacob Mann (Danish Technical University DTU), *Personal Communication*, (6 februari 2013).
- XI Nederlandse Wind Energie Associatie NWEA 'Visiedocument Mini Windturbines', (2009).

Het lectoraat Windenergie is mogelijk gemaakt met financiële steun vanuit EFRO via het program 'Maritime Campus Netherlands' (MCN)

