

# **Pilot Kennisplatform Windenergie**

## **KENNISBERICHT**

### **Geluid van windturbines**

Versie 1.0

## **BIJLAGEN**

**Juni 2015**

## Bijlagen

- A: Achtergronden bij het kennisplatform en kennisbericht
- B: Toelichting bij deelonderwerpen geluid van windturbines
- C: Strategie literatuur hoofdstuk 3
- D: Geraadpleegde literatuur

## BIJLAGE A: ACHTERGRONDEN

### BIJ HET KENNISPLATFORM EN KENNISBERICHT

#### *Energie- en klimaatbeleid in Nederland*

Energie ervaren we als vanzelfsprekend en noodzakelijk. Zonder energie zou ons huidige welvaartsniveau niet mogelijk zijn. Echter, het einde van de vanzelfsprekendheid en oneindige beschikbaarheid komt in zicht. Niet omdat de energie op zou raken (de voorraden gas en kolen zijn voldoende om de wereld nog lang van energie te voorzien), maar omdat de grenzen aan de milieubelasting van die fossiele energiedragers steeds duidelijker worden. Hun emissies hebben invloed op ons klimaat, maar ook op lokale leefbaarheid door stof en andere uitstoot. Ook de afhankelijkheid van importen van energiedragers baart zorgen. Nederland, en met haar een groot deel van de rest van de wereld, is op zoek naar een andere, duurzamere energiehuishouding in de komende decennia.

Onder voorzitterschap van de Sociaal-Economische Raad (SER) werd in september 2013 tussen 40 partijen het Energieakkoord voor duurzame groei gesloten. Dat de SER dit initiatief heeft genomen betekent ook dat de energietransitie door alle partijen als een gezamenlijk sociaal-economisch en maatschappelijk vraagstuk is erkend. Het akkoord waaraan 40 partijen zich hebben verbonden, beoogt richting te geven aan een verantwoorde duurzame groei naar een toekomstige duurzame energiehuishouding waarbij rekening wordt gehouden met de mogelijkheden en beperkingen van Nederland in Europese context. Het Energieakkoord legt de basis voor een energie- en klimaatbeleid in Nederland. Er staan onder meer de volgende afspraken in:

- Een besparing van het landelijke energieverbruik met gemiddeld 1,5 procent per jaar.
- 100 petajoule (1 petajoule = 10<sup>15</sup> joule) aan besparing in het energieverbruik van Nederland per 2020.
- Een toename van het aandeel van hernieuwbare energieopwekking (in 2013: 4 procent) naar 14 procent in 2020.
- Een verdere stijging van dit aandeel naar 16 procent in 2023.
- Ten minste 15.000 voltijdsbanen, voor een belangrijk deel in de eerstkomende jaren te creëren.

Het SER Energieakkoord bestaat uit tien pijlers, die een onderling versterkend geheel, en daarmee een integraal pakket vormen. Het opschalen van hernieuwbare energieopwekking is één van de pijlers in het SER Energieakkoord. Hierbij wordt gesteld dat een intensieve inzet op verschillende bronnen van hernieuwbare opwekking, zoals wind op land, wind op zee, diverse vormen van lokale opwekking zoals zonne-energie, en de inzet van biomassa, nodig zijn. Enkele hoofdpunten uit het SER Energieakkoord voor de grootschalige hernieuwbare opwekking m.b.t. wind zijn:

- Opschaling van wind op zee naar 4450 megawatt (1 megawatt = 1 miljoen watt) operationeel in 2023.
- Bij wind op land wordt binnen de kaders die met provincies zijn afgesproken geïnvesteerd om te komen tot 6000 megawatt in 2020. Voor na 2020 zal op termijn gezocht worden naar aanvullend potentieel, binnen de kaders die hierover met de Interprovinciaal Overleg (IPO) zijn besproken.

#### *Windenergie*

Eén van de onderdelen die de transitie mede mogelijk moeten maken is het opschalen van het aandeel hernieuwbare energie in de Nederlandse energievoorziening. Dat ligt anno 2014 rond de 4% en de plannen zijn er op gericht dat in 2023 op 16% te hebben. Daarvoor moet heel veel gebeuren. Zon, wind, biomassa, aardwarmte, alles is nodig om die ambitie te realiseren. In die plannen speelt windenergie een grote rol, zowel op land als in toenemende mate ook op de Noordzee.



Voor de toepassing van windenergie op land is een doelstelling afgesproken van 6000 MW geïnstalleerd vermogen te realiseren in 2020, als opstap naar een verdere groei waarover met de provincies verder zal worden gesproken. Voor de toepassing van windenergie op de Noordzee is een doel afgesproken van 4450 megawatt (1 megawatt = 1 miljoen watt) operationeel in 2023.

Dit zijn grote ambities. Voor het te realiseren aandeel van windenergie op landlocaties betekent het bijna een verdrievoudiging van het bestaande aandeel. Dat leidt tot zorgen en vraagt om een goede dialoog.

### *Kennisplatform Windenergie*

Juist vanwege die zorgen en de wenselijkheid van een goede, onderbouwde dialoog hebben een aantal betrokken organisaties het initiatief genomen tot een Kennisplatform windenergie. Doel daarvan is de dialoog over de realisatie van wind op land te onderbouwen met de best beschikbare informatie en het vormgeven van een goed en veilig proces rond die dialoog. Ervaringen met eerdere platform hebben er toe geleid om dit initiatief te vormen.

Het Kennisplatform is er dus voor betrouwbare informatie en een goede dialoog waarin luisteren naar elkaar een belangrijke kwaliteit is. Het platform is er dus niet om de doelstellingen rond windenergie te realiseren, die verantwoordelijkheid ligt bij bestuurders, ontwikkelaars en andere belanghebbenden.

Een Kennisplatform over windenergie is er nog niet, en start ook in een lastige omgeving waar al veel ervaring is opgedaan, positieve en minder positieve. Startpunt voor het platform is een situatie waar al veel onrust en oppositie bestaat. De waarde van een platform zal zich dus moeten bewijzen, om te beginnen in een pilot.

### *Pilot Kennisplatform Windenergie met focus op Geluid en randvoorwaarden van de financiers*

Het Kennisplatform kan een veelheid aan thema's bestrijken, maar de pilot fase kan niet alle thema's tegelijk omvatten. Daarom is, in overleg en gezamenlijk met alle partijen, er voor gekozen om te beginnen met een pilot over windturbine geluid en wat we weten van het effect daarvan op de menselijke gezondheid.

Het Rijk, in de vorm van de ministeries van Infrastructuur en Milieu, Economische Zaken, en Volksgezondheid, Welzijn en Sport heeft zich bereid verklaard de pilotfase te financieren. Daarbij is afgesproken dat:

- Het gaat om een pilot Kennisplatform Windenergie op het thema geluid en gezondheid. Continuering van het platform is afhankelijk van een positieve evaluatie na afloop;
- De werkwijze is dat in een verkenningstafel met partijen de kwesties, vragen en zorgen rond 'mogelijke (gezondheids-)effecten van geluid afkomstig van windturbines' worden geïnventariseerd. Deze inventarisatie leidt tot een gezamenlijk te formuleren kennisbericht over dit onderwerp gebaseerd op de best beschikbare kennis. Deze kennis is dan vervolgens de basis voor een dialoog in een bredere groep van maatschappelijke vertegenwoordigers.
- Het maatschappelijke proces staat in het Kennisplatform centraal. De kennis wordt gebruikt als onderbouwing voor dit proces. Het Kennisplatform is dus onafhankelijke kennisduider en faciliterend orgaan ten bate van de interacties tussen de diverse belanghebbenden.
- Om het Kennisplatform een effectief ondersteuningsinstrument te kunnen laten zijn voor alle belanghebbenden is absolute onafhankelijkheid en onpartijdigheid een vereiste. Hoor en wederhoor vormen daar een belangrijk element in;
- De pilot moet eind maart 2015 worden afgerond met een evaluatie in een brede groep betrokkenen. Een eventueel vervolg van het Kennisplatform zal door alle partijen gedragen moeten worden, en dus ook door alle partijen gefinancierd.



### Organisatie

Het Kennisplatform i.o. heeft een Projectteam dat bestaat uit vertegenwoordigers van RIVM, ECN, GGD-GHOR, EAE/RUG en AWS.\* Er is ook een Kwartiermakersgroep die (op het moment van de pilot) bestaat uit vertegenwoordigers van NLVOW, NWEA, NWO-CWI, GGD, RVO, IPO† en de ministeries voor Economische Zaken en Infrastructuur & Milieu. Dit zijn vertegenwoordigers van respectievelijk Omwonenden; Ondernemers; Onderwijs en Onderzoek; en Overheden. Het Projectteam en de Kwartiermakersgroep van deze pilot richten zich, onder andere door het uitbrengen van het Kennisbericht Geluid, op meer betrokkenheid, openheid en zorgvuldigheid bij de uit te voeren wind-op-land projecten.

Binnen het Kennisplatform i.o. is ook een Kennisforum opgericht, bestaande uit vertegenwoordigers van ECN, GGD, RIVM en RUG. Aanvullende informatie over de pilot van het Kennisplatform Windenergie, de doelen en de structuur kunt u vinden op [www.kennisplatformwindenergie.nl](http://www.kennisplatformwindenergie.nl).

### Totstandkoming dit kennisbericht

De onderwerpen in dit Kennisbericht zijn gekozen op grond van wat wetenschappelijk onderzoek heeft opgeleverd en van wat er tijdens de Verkenningstafel "Geluid van windturbines en mogelijke gezondheidseffecten" op 21 november 2014 vanuit de vier clusters naar voren is gebracht. Vervolgens is in overleg met hun vertegenwoordigende organisaties in de Kwartiermakersgroep een plan van aanpak opgesteld. Dat plan is uitgewerkt door het Kennisforum tot een overzicht van onderwerpen waarop dit Kennisbericht is gebaseerd. Bij het schrijven van het Kennisbericht heeft het Schrijversteam overeenkomstig de richtlijnen van de KNAW gewerkt (zie [www.knaw.nl/nl/actueel/publicaties-/wetenschap-op-bestelling](http://www.knaw.nl/nl/actueel/publicaties-/wetenschap-op-bestelling)).

Het Kennisbericht is geschreven door medewerkers van vier organisaties. Het betreft organisaties die veel kennis hebben van het onderwerp en onafhankelijk zijn van commerciële of politieke belangen. Het gaat om de volgende organisaties:

- Het Centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- De Faculteit Gedrags- & Maatschappijwetenschappen (Basiseenheid Sociale Psychologie) van de Rijksuniversiteit Groningen (RuG).
- De afdeling Leefomgeving van de GGD Amsterdam.
- De afdeling Windenergie van Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

Het eerste concept Kennisbericht is beoordeeld door vertegenwoordigers van de Kwartiermakersgroep en het Projectteam. Op basis van hun commentaren is het concept aangevuld en verduidelijkt. Wij realiseren ons dat het voorliggende concept Kennisbericht nog steeds zogenaamde 'witte vlekken' bevat en dat de in Hoofdstuk 5 genoemde Aandachtspunten nog op verdere bespreking en invulling wachten.

---

\* RIVM = Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; ECN = Energieonderzoek Centrum Nederland; GGD-GHOR = Gemeentelijke/Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst - Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio; EAE/RUG = Energy Academy Europe van de Rijksuniversiteit Groningen; AWS = Aarten Wind Solutions

† NLVOW = Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines; NWEA = Nederlandse Wind Energie Associatie; NWO-CWI = Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek - Centrum Wiskunde & Informatica; RVO = Rijksdienst voor Ondernemend Nederland; IPO = InterProvinciaal Overleg

## BIJLAGE B: TOELICHTING BIJ DEELONDERWERPEN GELUID VAN WINDTURBINES

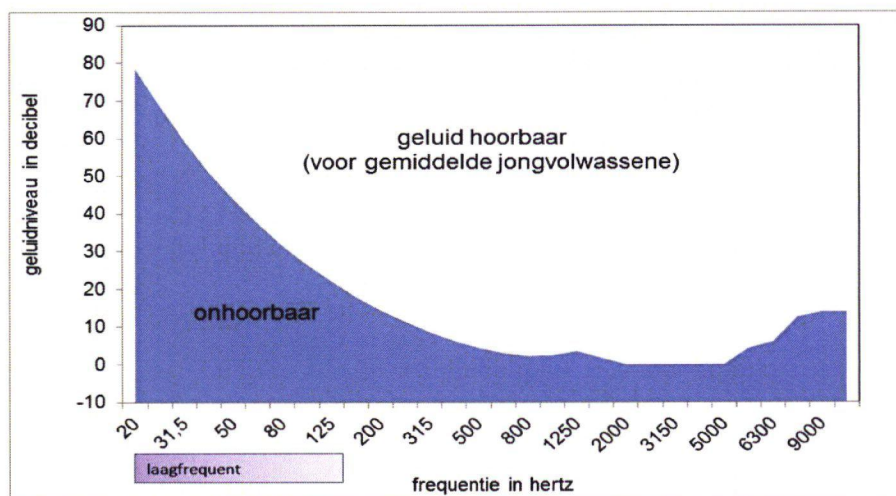
### *Geluidsniveau en frequentie*

Geluid bestaat uit een snelle opeenvolging van gebiedjes met wat hogere en lagere druk, analoog aan watergolven met golftoppen (hoger) en golfdalen (lager). Het tempo waarmee de drukverhogingen in een geluidsgolf elkaar opvolgen, bijvoorbeeld 100 keer per seconde, is de frequentie van dat geluid. Meestal wordt dat gegeven in hertz (afgekort: Hz) wat hetzelfde is als 'per seconde'.

De geluidsdruk wordt uitgedrukt als een geluidsniveau in decibel (afgekort: dB). Decibellen kunnen niet zomaar worden opgeteld: twee bronnen, bijvoorbeeld twee luidsprekers, van elk 50 decibel zorgen samen voor 53 decibel. Tien van die luidsprekers voor 60 decibel. Twee keer zoveel geluid geeft altijd 3 dB meer, tien keer zoveel: 10 dB. Decibellen worden gebruikt voor zowel de geluidproductie (hoeveelheid geluid die uitgestraald wordt) als bij de ontvangst (geluid dat invalt). Een moderne, grote windturbine produceert meestal ongeveer 104 tot 110 dB aan (hoorbaar) geluid. Op 100 meter afstand van de turbine is het niveau van het hoorbare, invallende geluid dan tussen ongeveer 50 en 60 dB, op 1000 meter is dat ongeveer 30 tot 40 dB.

### *Hoorbaarheid geluid*

Of een geluid hoorbaar is, hangt af van het geluidniveau en van de frequentie van het geluid. Het hangt ook af van degene die hoort, want het gehoor is niet bij iedereen hetzelfde. Een hoger geluidniveau betekent dat het geluid harder is, een hogere frequentie betekent dat het hoger van toon is. Het normale gehoorgebied begint bij 20 Hz. Geluid bij lagere frequenties wordt infrageluid genoemd en dat is alleen hoorbaar bij een zeer hoog geluidniveau. De bovengrens van het normale gehoorgebied is 20.000 Hz. Kinderen kunnen nog tot ca. 20.000 Hz horen, ouderen tot ongeveer 10.000 Hz. We horen echter niet bij alle frequenties even goed, vooral bij lage frequenties: geluiden van een laag niveau en een lage frequentie kunnen we niet horen. Dat is in figuur B.1 weergegeven: de bovenkant van het donkere gebied is de gemiddelde gehoordrempel van jongvolwassen mensen zonder



Figuur B.1: als geluid een niveau en frequentie heeft in het blauwe gebied, zal meer dan de helft van normaal horende jongvolwassenen dat geluid niet horen; in het witte gebied hoort juist meer dan de helft het wel.



gehoorproblemen.<sup>1 †</sup> Geluiden waarvan het geluidniveau in het donkere gebied ligt, zijn dus voor meer dan de helft van de jongvolwassenen onhoorbaar. Er zijn weinig mensen waarvan de gehoordrempel veel lager zal liggen dan in figuur B.1. Als het geluidsniveau boven het donkere gebied ligt, is het geluid voor meer dan de helft van de jonge volwassenen wel hoorbaar. De ervaren sterkte van het geluid hangt af van het verschil tussen het geluidniveau en de gehoordrempel. De ervaren sterkte wordt de luidheid genoemd.

Er zijn grote verschillen tussen mensen bij het ervaren van de sterkte van een geluid. Bij oudere mensen komt de gehoordrempel gemiddeld hoger te liggen en dat neemt toe met de leeftijd. Bij hogere frequenties is die toename groter dan bij lage frequenties. Een gehoor met een verlies tot ongeveer 15 dB wordt echter nog als goed ervaren.

### A-weging

Omdat de gehoordrempel afhangt van de frequentie van het geluid, zegt het geluidniveau weinig over de luidheid. Om een getal te kunnen geven dat wel met de luidheid overeen komt, kan op een geluid een zogeheten A-weging worden toegepast. Daarbij worden lage frequenties minder zwaar meegeteld dan hogere frequenties. Het geluidniveau wordt dan gegeven in dB(A). Een A-weging past het beste bij matig luide geluiden zoals van windturbines (er zijn ook B- en C-wegingen voor hardere geluiden, maar deze worden veel minder gebruikt).

### Geluidbronnen windturbine

De voornaamste bronnen van geluid van een windturbine hangen allemaal samen met de luchtstroming rond de wieken:

1. Het dunne laagje lucht dat direct langs het oppervlak van een wiek stroomt, wordt verderop steeds turbulenter (er ontstaan dan kleine wervelingen). Die turbulentie wekt vooral aan de scherpe achterkant of achterrand van de wieken geluid op: achterrandgeluid ('trailing edge noise'). Dit geluid is ruisachtig en het best hoorbare deel ligt in het frequentiegebied van ongeveer 400 tot 2000 Hz, zoals in figuur B.2 is geïllustreerd. Het niveau van dit geluid neemt sterk toe met de snelheid van de wiek: een verdubbeling van de snelheid geeft een 15 dB hoger geluidniveau. Daardoor ontstaat het achterrandgeluid vooral bij de wiekuiteinden (omdat die het snelst bewegen; zie ook figuur 2.1 in Kennisbericht).
2. Doordat de wind zelf turbulent is er ook turbulentie aan de voorkant van een wiek. Die windgedragen turbulentie veroorzaakt geluid als deze het bladoppervlak treft: instroomgeluid ('inflow turbulence sound'). Dit geluid is ook ruisachtig, maar is meer laagfrequent met frequenties tot ongeveer 200 Hz.
3. Bij een plotselinge zijwaartse beweging van de wiek, bijvoorbeeld door een plotselinge verandering in windsnelheid, ontstaat geluid waarvan de frequentie wordt bepaald door het toerental van de rotor: verdringingsgeluid ('thickness sound'). Het bevat vooral frequenties van ongeveer 1 tot 20 Hz en is veel laagtoniger dan de meeste geluiden die we horen. Hoewel verdringingsgeluid meestal niet hoorbaar is, kan het wel goed meetbaar zijn.

In figuur B.2 zijn de bronnen weergegeven verdeeld naar hun frequenties. Bij een reële windturbine komen deze geluiden tegelijkertijd voor en tellen deze bronnen dus bij elkaar op. Figuur B.3 laat zien wat er in de werkelijkheid gemeten wordt nabij twee windturbines.

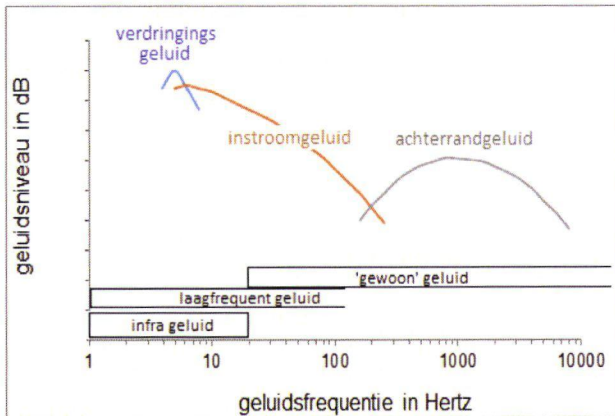
De hierboven genoemde geluiden komen altijd voor bij een draaiende windturbine. De sterkte van die geluiden wordt vooral bepaald door de rotorsnelheid en door de grootte van de turbine. Andere geluiden komen minder vaak voor. Vroeger was het geluid van de tandwielkast in de gondel vaak goed

---

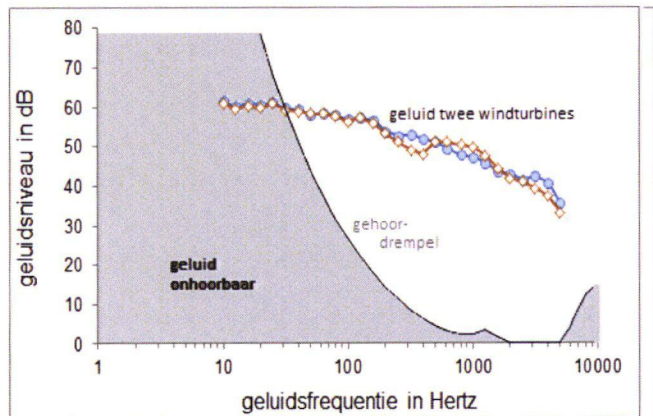
<sup>†</sup> De kleine cijfers (zoals <sup>1</sup>) verwijzen naar literatuurbronnen in bijlage D.



hoorbaar, maar dat is inmiddels zo sterk verminderd dat het alleen nog nabij een windturbine hoorbaar is. Sommige windturbines hebben helemaal geen tandwielkast meer. Daarnaast kan een oneffenheid op een wiek zorgen voor een fluitend geluid. Ook is soms het op de wind draaien van de gondel hoorbaar. Soms worden ook andere (kortdurende) geluiden gerapporteerd die hoogstwaarschijnlijk niet met de luchtstroming rond de wieken te maken hebben, maar voortkomen uit de draaiende delen in de gondel van de turbine



Figuur B.2: verdeling van geluidbronnen van een windturbine over alle frequenties in het geluidsspectrum <sup>2</sup>



Figuur B.3: geluidsspectra van twee windturbines van elk 1,8 megawatt, gemeten dichtbij elke turbine afzonderlijk. De gehoordrempel scheidt het grijze gebied, waar men (met gemiddeld goed gehoor) niets kan horen, van het witte gebied waar dat wel kan.

Een windturbine wordt vaak opgevat als een puntbron zonder voorkeursrichting: het geluid lijkt uit één punt te komen (het midden van de rotor) en is in alle richtingen even sterk. Op afstanden waar mensen wonen is een windturbine inderdaad op te vatten als een puntbron.<sup>3</sup> De geluidsproductie van een windturbine wordt volgens een standaardmethode<sup>4</sup> bepaald welke gebaseerd is op de internationale standaard IEC-61400 deel 11.<sup>5</sup> De geluidsuitstraling is niet in alle richtingen even sterk. Opzij van de rotor is het geluidsniveau wat lager, achter (benedenwinds van) de rotor juist wat hoger. Bij berekeningen van het geluidsniveau bij omwonenden wordt meestal alleen het geluidsniveau achter de rotor gebruikt.

Geluidsgolven buigen met de wind mee naar beneden, tegen de wind in juist omhoog. Daardoor is het mogelijk dat er bovenwinds van een turbine een schaduwzone ontstaan waar het turbinegeluid nauwelijks hoorbaar is. Bij een lage geluidbron kan die schaduwzone al vrij dichtbij de bron liggen: bijvoorbeeld bovenwinds van een drukke weg kan men het verkeer op een paar honderd meter afstand vaak al niet meer duidelijk horen. Bij een hoge geluidbron, zoals de rotor van een windturbine, ligt die schaduwzone veel verder weg. Door het omlaag buigen met de wind mee en doordat bodem en lucht vooral geluid van hoge frequenties absorberen blijven dus op grotere afstand vooral de lagere frequenties over.

#### *Amplitudemodulatie / ritmisch geluid*

Er kan ook een snelle variatie in het geluid van een windturbine optreden dat zoeven, zwiepen of stampen wordt genoemd. Dit wordt ook wel amplitudemodulatie van het windturbinegeluid genoemd: de sterkte van het geluid varieert ('moduleert') dan met de 'bladpasseerfrequentie'. Dat is de frequentie waarmee een wiek een bepaald punt (bijvoorbeeld de mast) passeert. Met een driebladige rotor is dat drie keer het toerental van de rotor en dat ligt rond de één keer per seconde.



Dichtbij een windturbine is het zoeven altijd te horen. De oorzaak daarvan is dat een bewegende wiek in voorwaartse richting meer geluid uitstraalt. Onder een windturbine hoort men daarom vooral de naar beneden bewegende wiek.

De term amplitudemodulatie wordt vooral gebruikt als door een andere oorzaak het geluid gaat variëren in het tempo van de wieken. Die oorzaak komt het meest 's avonds en 's nachts (als de zon onder is) voor. De verklaring ligt in het veranderen van de windsnelheid als de grond afkoelt: dan neemt de windsnelheid bij de grond af maar op grotere hoogte juist toe. De wieken komen dan tijdens hun rondgang verschillende windsnelheden tegen waarbij de hoeveelheid opgewekt geluid ook verschilt.

Een amplitudemodulatie kan al gehoord worden als de variatie maar 1 dB bedraagt, maar het kan oplopen tot ongeveer 5 dB. Dat het zo opvallend is, komt doordat mensen gevoelig zijn voor ritme; het ritme in muziek is qua timing vergelijkbaar. In het Kennisbericht wordt dit karakteristieke geluid van windturbines ritmisch geluid genoemd.

#### *Maximum en gemiddeld niveau windturbinegeluid*

In Nederland wordt gerekend met een gemiddeld geluidniveau over de lange duur, zoals alle nachten in een jaar. Dat uitrekenen is vastgelegd in regelgeving<sup>4</sup> en gebeurt met behulp van weerstatistieken. Bijvoorbeeld: bij Lelystad komt een windsnelheid tussen 8,5 en 9,5 m/s op 100 meter hoogte overdag gedurende 9% van de tijd voor en een bepaalde windturbine produceert bij die windsnelheid 106 dB(A) aan geluid. 's Nachts komt die windsnelheid vaker voor: 11% van de tijd. Bij elke windsnelheid kan zo uitgerekend worden gedurende hoeveel tijd een windturbine hoeveel geluid produceert. Vervolgens geeft het gemiddelde over alle windsnelheden de over lange termijn gemiddelde geluidsproductie van een windturbine per dagdeel (dag, avond, nacht) en daarmee kan het geluidniveau bij woningen in de omgeving worden berekend. Bij handhaving wordt datzelfde weer berekend, maar dan met de feitelijk opgetreden windsnelheden zoals via de windturbine is gemeten. Bij handhaving kan ook de geluidsproductie bij elke windsnelheid worden gemeten, maar de regelgeving voorziet niet in geluidmetingen bij woningen.

Het gemiddelde geluidniveau van een windturbine ligt lager dan het maximum. De gemiddelde windsnelheid op 100 m hoogte ligt in Nederland rond de 7 à 8 m/s en bij die windsnelheid produceert een windturbine ongeveer 3 à 4 dB minder dan de maximale geluidproductie (de geluidproductie wanneer de turbine op vol vermogen draait). Bovendien is er gedurende een deel van de tijd zo weinig wind dat een windturbine geen elektriciteit produceert. Als het precies wordt uitgerekend, blijkt dat het maximale geluidniveau van een windturbine in Nederland 2 tot 6 dB boven de gemiddelde waarde 's nachts ligt; de precieze waarde is afhankelijk van de locatie (kust, binnenland), de hoogte van de turbine en het turbinetype.<sup>6</sup>

#### *Grenswaarden buitenland*

De informatie hieronder komt uit overzichten van regelgeving in een aantal landen.<sup>7,8</sup>

Een vaste grenswaarde wordt in Nederland, maar ook bijvoorbeeld in België, Duitsland, Denemarken en Tsjechië gebruikt. Er zijn verschillen tussen de hoogte van de grenswaarde, maar ook waarvoor die precies geldt. Bijvoorbeeld in Tsjechië geldt een grenswaarde van 40 dB(A) voor elk uur van de nacht. In Vlaanderen echter geldt de grenswaarde voor de geluidproductie als de windturbine op bijna vollast draait (95% van de maximale elektriciteitsproductie) en die grenswaarde is afhankelijk van het type gebied: op het platteland is dat 's nachts 43 dB(A), in een woonwijk 39 dB(A). In Duitsland wordt een geluidniveau gemiddeld over de nacht beoordeeld en bedraagt de grenswaarde voor dat gemiddelde 's nachts op het platteland 45 dB(A) en in een woonwijk 35 dB(A). In Denemarken worden grenswaarden gebruikt voor het geluidsniveau bij windsnelheden van 6 m/s en 8 m/s; die grenswaarden zijn respectievelijk 42 en 44 dB(A), en 5 dB lager in aangewezen geluidgevoelige gebieden. Er is kortom een



grote variatie aan welk geluidniveau wordt beoordeeld en de grenswaarden variëren -in de voorbeelden hierboven- 's nachts van 35 tot 45 dB(A). Elders, zoals in Amerikaanse staten, kunnen de grenswaarden weer anders zijn. Bijvoorbeeld in de Amerikaanse staat Washington is de grenswaarde voor het gemiddelde geluidsniveau 's nachts in woongebieden 50 dB(A). Een vergelijking van grenswaarden is echter niet voldoende, want ook de rekenmethoden moeten worden vergeleken. Dit vergt een aparte studie.

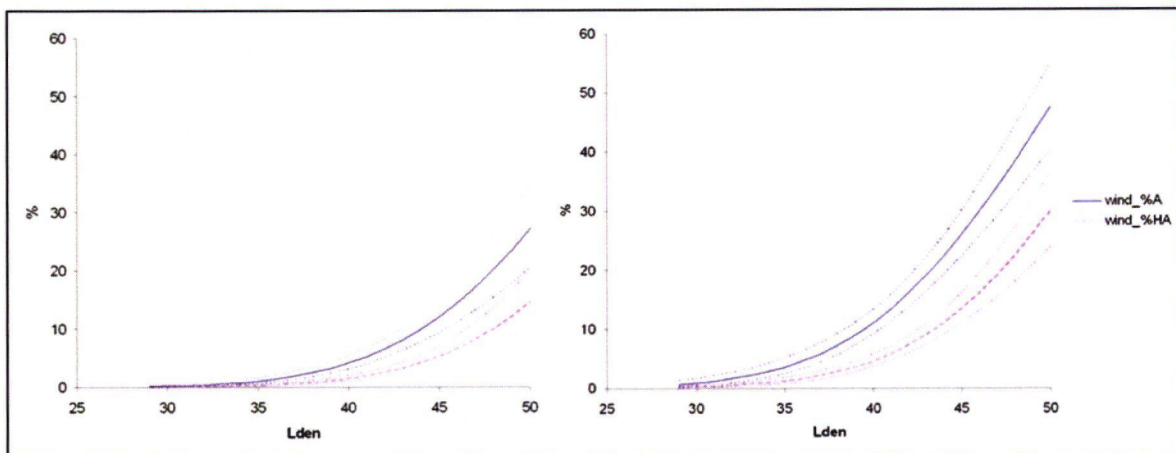
In plaats van een vaste grenswaarde kan ook een met de windsnelheid toenemende grenswaarde worden gebruikt. Bij dit type grenswaarde wordt het berekende geluidsniveau bij elke windsnelheid vergeleken met het gemeten niveau van het aanwezige achtergrondgeluid. Dat achtergrondgeluid neemt vaak toe met de windsnelheid. Het windturbinegeluid mag in die gevallen niet meer dan maximaal enkele dB boven het achtergrondgeluid uitkomen.

Beide benaderingen kunnen ook nog allebei worden toegepast. Er geldt dan een vaste grenswaarde die kan variëren van 35 tot 55 dB(A), maar als het achtergrondgeluid daar bovenuit komt, is het achtergrondniveau bepalend. In Nederland werd tot 2010 een dergelijke benadering gebruikt: een vaste grenswaarde bij lage windsnelheid en een toenemende grenswaarde bij hogere met de windsnelheden. Dit is verlaten toen bleek dat de windsnelheid nabij de grond sterk kon afwijken van die op rotorhoogte. Sommige landen, zoals Groot Brittannië of Nieuw Zeeland, hebben dat opgelost door de windsnelheid op ashoogte als uitgangspunt te nemen

#### *Blootstelling-effect relaties voor binnen en buiten*

Zoals in hoofdstuk 3 van het kennisbericht is vermeld, is bij hinder de relatie tussen blootstelling (geluidniveau) en effect (geluidhinder) bepaald op grond van onderzoeken met vragenlijsten die aan bewoners nabij windturbines zijn voorgelegd. Figuur B.4 geeft, preciezer dan Figuur 3.1 in het kennisbericht, de ervaren geluidhinder bij bewoners voor zowel verblijf binnenshuis (linker grafiek) als rondom het huis (rechter grafiek). Getekend zijn de percentages ernstige hinder (rode streepjeslijn) en hinder (blauwe getrokken lijnen). 'Ernstige hinder' betekent dat de score voor hinder 8, 9 of 10 was op een schaal van 0 tot 10. 'Hinder' omvat zowel ernstige als matige hinder.

De dunne stippellijnen geven de betrouwbaarheidsintervallen: deze geven een indicatie voor de sterkte



van het verband. Ze zijn in dit geval iets wijder dan bij het geluid van vervoersmiddelen (hier niet getoond), maar in dezelfde orde van grootte.

Figuur B.4. Vergelijking van het percentage gehinderden (%A) en ernstig gehinderden (%HA) door windturbinegeluid; links: bij verblijf binnenshuis; rechts: buiten rondom huis.<sup>9</sup> De getrokken lijnen geven de beste schatting, de stippellijnen geven de betrouwbaarheid van die schatting.



Verder komt uit correlaties tussen  $L_{den}$  en de hinderscore in de NL studie ook een indicatie voor de sterkte van het verband. De correlatiecoëfficiënt is 0.26 voor hinder buiten (4-puntschaal) en 0.20 voor hinder binnen (4-puntschaal).

## BIJLAGE C: STRATEGIE LITERATUUR HOOFDSTUK 3

Gebruikt is het literatuuronderzoek dat ook is gebruikt voor het GGD Informatieblad "Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden". Dat onderzoek is voor dit Kennisbericht uitgebreid tot eind 2014. Zoals gebruikelijk is alle materiaal uit het literatuuronderzoek doorgenomen, maar niet noodzakelijkerwijs als referentie vermeld (omdat het bijvoorbeeld minder relevant is of dubbelt met een andere referentie). Daarnaast is ook niet-wetenschappelijke literatuur gebruikt die bekend was door ervaring of verwijzing in de gevonden literatuur.

Legenda OvidSP zoekcommando's

tw zoeken in titel of abstract  
 ti alleen in titel zoeken  
 / gezocht als trefwoord (MeSH)  
 \*trefwoord/ gezocht als belangrijkste trefwoord (major MeSH)  
 hw gezocht als woord in trefwoordenveld  
 /ae invalshoek bij trefwoord, in dit geval adverse effects  
 exp gezocht als trefwoord inclusief onderliggende trefwoorden  
 fs gezocht in trefwoordenveld als subheading bij trefwoorden  
 ? 1 of geen teken  
 adj<sub>4</sub> tussen zoekwoorden mogen maximaal 3 andere woorden staan  
 lg taal  
 pt publikatietype  
 rn gezocht in CAS-nr veld (kan als CAS-nummer of als naam)  
 \* truncatieteken: stam word + alle mogelijke uitgangen

Scopus-zoekstrategie (voor de overzichtelijkheid een harde return tussen de belangrijkste delen van de zoekstrategie gezet):

```
(((TITLE((wind-turbine*) OR (wind-farm*) OR (wind-park*) OR (wind-power) OR (wind-energy)) OR
TITLE((low-frequency-noise*) OR (low-frequencysound*) OR infrasound OR (infrasonic- noise*) OR
(infrasonic-sounds) OR (infrasonic-frequencies) OR (low-frequency-threshold) OR (noise* W/4
(lowfrequenc*))) OR KEY((wind-turbine*) OR (wind-farm*) OR (wind-park*) OR (wind-power) OR (wind-
energy)) OR KEY((low-frequency-noise*) OR (lowfrequency-sound*) OR infrasound OR (infrasonic- noise*)
OR (infrasonicsounds) OR (infrasonic-frequencies) OR (low-frequency-threshold) OR (noise*W/4 (low-
frequenc*))) OR (TITLE-ABS-KEY(turbine-noise*) AND KEY(wind)) OR (KEY((power-plants) OR (energy-
generating-sources) OR (electric-powersupplies)) AND KEY(wind))))
AND (TITLE(impact OR perception* OR perceive* OR health* OR (well-being) OR (quality-of-life)) OR
TITLE(annoyance OR annoying OR annoyed OR aversion OR stress OR complaints OR distress OR
disturbance OR (adversely-affected) OR concerns OR worries OR (noise-problems) OR (noise-perception) OR
(noisereception) OR (noise-sensitivity) OR (sensitivity W/3 noise*) OR (soundpressure-level*) OR (sleep-
disturbance*) OR (sleep-quality) OR (cognitiveperformance) OR emotion* OR anxiet* OR (social barrier*)
OR (socialacceptance) OR (popular-opinion*) OR (public-resistance) OR (living W/4 vicinity) OR (living W/4
proximity) OR (residing W/4 vicinity) OR (residing W/4 proximity) OR (living-close) OR (living-near) OR
residents OR neighbors OR neighbours OR soundscape OR landscape OR (visual-annoyance) OR
(visualinterference) OR (visual-perception) OR (visual-impact) OR (visual-preferences) OR (visual-
assessment) OR (visual-effects) OR (perceptual-attribute*) OR (effects W/4 population) OR (dose-response-
relationship*) OR (exposureresponse-relationship*) OR (dose-response) OR (exposure-response) OR
(human-response) OR (health-effects) OR (health-aspects) OR (healthoutcome*))))
AND NOT ((KEY(animals) AND NOT KEY(humans))))
AND (LANGUAGE(english OR dutch OR german OR french) AND PUBYEAR > 2008)
```



## BIJLAGE D: GERAADPLEEGDE LITERATUUR

### Referenties bij Hoofdstuk 2

1. Geluidsproductie auto's: Jabben J., Potma C. (2007). Geluidmonitor 2005. RIVM Rapport 680300001
2. van den Berg, F., Pedersen, E., Bouma, J., Bakker, R. (2008). WINDFARMperception: Visual and acoustic impact of wind turbine of wind turbine farms on residents. Report FP6-2005-Science-and-Society-20. University of Groningen and Göteborg University
3. Forssén, J., Schiff, M., Pedersen, E., & Wayne, K. P. (2010). "Wind turbine noise propagation over flat ground: measurements and predictions", *Acta Acustica united with Acustica* 96(4), 753-760.
4. Öhlund, O., Larsson, C., (2015) Meteorological effects on wind turbine sound propagation, *Applied Acoustics* 89, 34-41
5. Plovsing, B, Søndergaard, B, (2011), Wind turbine noise propagation: Comparison of measurements and predictions by a method based on geometrical ray theory, *Noise Control Engineering J* 59(1), 10-22
6. Van den Berg, G.P., (2004) Effects of the wind profile at night on wind turbine sound, *Journal of Sound and Vibration* vol. 277 (4-5), 955-970.
7. RenewableUK (2013). Wind Turbine Amplitude Modulation: Research to Improve Understanding as to its Cause and Effect
8. Møller, H., Pedersen, C.S. (2011). Low-frequency noise from large wind turbines. *J. Acoust. Soc. Am.* 129 (6), 3727-3711
9. Søndergaard, B. (2013). Low Frequency Noise from Wind Turbines: Do the Danish Regulations Have Any Impact? 5th Intern. Conf. on Wind Turbine Noise, Denver
10. Janssen, S.A., Vos, H, Eisser AR, Pedersen E. (2011) A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J Acoust Soc Am* 130(6): 3746-3753.
11. Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, T., van Poll, R., du Pon, B. (2009). Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid. Invloed van verschillende grenswaarden op blootstelling, hinder en mogelijkheden ontwikkelingslocaties. RIVM-rapport 680300007/2009
12. Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (1-9- 2010), brief 'Schoon en zuinig' nr. 135 aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal, Vergaderjaar 2010-2011, kamer stuk 31 209
13. World Health Organization (WHO) (2009) Night Noise Guidelines for Europe (NNGL) Edited by Charlotte Hurtley, WHO regional office for Europe
14. Minister van Infrastructuur en Milieu (2014), Laagfrequent geluid van windturbines. Brief aan 2<sup>e</sup> Kamer 31 maart 2014
15. Fowler, K., Erik Koppen, E., Matthis, K. International Legislation and Regulations for Wind Turbine Noise, proceedings 5th International Conference on Wind Turbine Noise Denver, 2013
16. Bastasch, M. (2011), Criteria. In: Bowdler, D., Leventhall, G. (ed.) Wind Turbine Noise, Multi-Science Publishing Co. Brentwood, UK
17. Oerlemans, S., Schepers, J.G. (2007). "Prediction of Wind Turbine Noise and Comparison to Experiment". Proceedings of Second International Meeting on Wind Turbine Noise, Lyon, France
18. Oerlemans, S., Fisher, M., Maeder T., Kögler K. (2008). "Reduction of Wind Turbine Noise using Optimized Airfoils and Trailing-Edge Serrations". 14th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Vancouver, Canada

### Referenties bij Hoofdstuk 3

1. van Kamp I, Dusseldorp A., van den Berg GP, W.I. Hagens WI, Slob MJA (RIVM) Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden GGD Informatieblad medische milieukunde Update 2013 RIVM Rapport 200000001/2013.
2. WHO (1948) WHO Constitution adopted by the International Health Conference held in New York from 19 June to 22 July 1946, signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Off. Rec. Wld Hlth Org., 2, 100), and entered into force on 7 April 1948. WHO, 1948
3. WHO (2011) Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. Ed Lin Fritschi A. Lex Brown Rokho Kim Dietrich Schwela Stelios Kephelopoulos. WHO regional office for Europe. & JRC. ISBN 978 92 890 0229 5.
4. World Health Organization (WHO) (2009) Night Noise Guidelines for Europe (NNGL) Edited by Charlotte Hurtley, WHO regional office for Europe.
5. Health Canada (2011). Health Impacts and Exposure to Sound From Wind Turbines: Updated Research Design and Sound Exposure Assessment ([www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/consult/\\_2013/wind\\_turbine\\_eoliennes/research\\_recherche-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/consult/_2013/wind_turbine_eoliennes/research_recherche-eng.php))
6. Health Canada (2014). Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of results. ([www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/noise-bruit/turbine-eoliennes/summary-resume-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/noise-bruit/turbine-eoliennes/summary-resume-eng.php))



7. Merlin, T, Newton, S, Ellery, B, Milverton, J & Farah, C (2013). Systematic review of the human health effects of wind farms, National Health and Medical Research Council, Canberra.  
([https://consultations.nhmrc.gov.au/public\\_consultations/wind\\_farms](https://consultations.nhmrc.gov.au/public_consultations/wind_farms))
8. National Health and Medical Research Council, 2014, NHMRC Draft Information Paper: Evidence on Wind Farms and Human Health ([https://consultations.nhmrc.gov.au/public\\_consultations/wind\\_farms](https://consultations.nhmrc.gov.au/public_consultations/wind_farms))
9. MDEP (2012) Massachusetts Department of Environmental Protection and Massachusetts Department of Public Health. Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel.
10. McCunney, R J., Kenneth A. Mundt, W. David Colby, Robert Dobie, Kenneth Kaliski, and Mark Blais (2014) Wind Turbines and Health A Critical Review of the Scientific Literature JOEM Volume 56, Number 11, 108-130.
11. Schmidt, JH, Klokke M (2014) Health Effects Related to Wind Turbine Noise Exposure: A Systematic Review PlosOne oDOI: 10.1371/journal.pone.0114183
12. Proceedings Internoise 2011-2014;
13. Proceedings ICA, 2013 2104;
14. Proceedings Wind Turbine Noise, 2011-2014,
15. HGR (2013) Hoge Gezondheidsraad. Public health effects of siting and operating onshore wind turbines. Publication of the Superior Health Council No. 8738, België.
16. Janssen, S.A., Vos, H, Eisser AR, Pedersen E. (2011) A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am 130(6): 3746-3753.
17. T. Yano, S. Kuwano, T. Kageyama, S. Sueoka, H. Tachibana (2013) Dose-response relationships for wind turbine noise in Japan, Inter-noise 2013 (2013).
18. Pawlaczyk-Luszczynska M., Dudarewicz A., Zaborowski K., Zamojska-Daniszewska M., Waszkowska, M. (2014). Evaluation of annoyance from the wind turbine noise: a pilot study, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 2014;27(3):364 - 388
19. Houthuijs DJM, van Wiechen CMAG (2006) Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol (Monitoring of health and perceptions around Schiphol Airport, RIVM Rapport 630100003
20. Fiumicelli, D. (2011) Wind Farm Noise Dose Response. Acoustics Bulletin november/December 2011, pp 26-35
21. Pedersen, E., van den Berg, F., Bakker, R., Bouma, J. (2009). Response to noise from modern wind farms in The Netherlands, J. Acoust. Soc. Am. 126 (2), 634-643
22. Persson Waye, K., en E. Öhström (2002) Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of windturbine noise. J. Sound Vib. 250 (1) 2002: 65-73.
23. Hayes, M. (2006) The measurement of low frequency noise at three UK wind farms. Hayes McKenzie Partnership Ltd en Department of Transport and Industry, Groot-Brittannië.
24. van den Berg, F., Pedersen, E., Bouma, J., Bakker, R. (2008). WINDFARMperception: Visual and acoustic impact of wind turbine of wind turbine farms on residents. Report FP6-2005-Science-and-Society-20. University of Groningen and Göteborg University
25. Pedersen, E., and Persson Waye, K. 2007. "Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and wellbeing in different living environments," Occup. Environ. Med. 64, 480-486.
26. Howe, B., McCabe, N. Bonsma, I. (2011). Canadian Acoustics - Acoustique Canadienne 39(3): 86-87.
27. Salt, A.N., T. E. Hullar (2010) Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hear Res 268(1-2): 12-21.
28. Møller, C.S. Pedersen, S. Pedersen, Lavfrekvent støj fra store vindmøller - opdateret (2011) [Low frequency noise from large wind turbines - updated 2011], Aalborg University, ISBN 97878792328763?2, 26. May 2011.
29. Søndergaard, B. (2013). Low Frequency Noise from Wind Turbines: Do the Danish Regulations Have Any Impact? Proc. 5th International Conference on Wind Turbine Noise, Denver
30. Bolin, K.; Bluhm, G.; Eriksson, G.; Nilsson, M.E. Infrasound and low frequency noise from wind turbines: Exposure and health effects. Environ. Res. Lett. 2011, 6, 035103, doi:10.1088/1748-9326/6/3/035103
31. Yokoyama S, Sakamoto S, Tachibana H (2014) Noise Perception of low frequency components in wind turbine noise. Control Engineering Journal, Volume 62, Number 5, 1, pp. 295-305(11)
32. Gezondheidsraad (2004) Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid, Advies 2004/14, Gezondheidsraad, Den Haag.
33. Bakker RH, Pedersen E, Van den Berg GP, Stewart RE, Lok W, Bouma J (2012) Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. Sci Total Environ 425: 42-51.
34. Nissenbaum, M.A., J.J. Aramini, C.D. Hanning (2012) Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health. Noise Health 2012;14:237-43.
35. Shepherd, D., McBride D, Welch D, Dirks KN, Hill EM. (2011) Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. Noise Health 13(54): 333-339.
36. Thorne, B. (2013) Wind Farm Noise and Human Perception A Review. Noise measurement services PTY LTD NZ, AUS.
37. Moorhouse, A.T., D.C. Waddington et al. (2009) A procedure for the assessment of low frequency noise complaints. J Acoust Soc Am 126(3): 1131-1141



38. Schomer, D. (2013). A proposed theory to explain some adverse physiological effects of the infrasonic emissions at some wind farm sites. Proc. 5th International Conference on Wind Turbine Noise, Denver
39. Nussbaum, D.S., Reinis, S. (1985). Some individual differences in human response to infrasound. UTIA report 282, University of Waterloo and University of Toronto
40. Farboud A, Crunkhorn R, Trinidad A (2013). 'Wind turbine syndrome': fact or fiction? *Journal of Laryngology & Otology* 127, 222-226.
41. Soede W (2013). Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid. *Tijdschrift Geluid* (2) juni 2013.
42. Leventhall, G (2013). Infrasound and the ear. Proceedings 5th International Conference on WindTurbineNoise, Denver.
43. Pierpont, N. (2009) Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment. Santa Fe, K-Selected Books.
44. Castelo Branco, N.A.A. en M. Alves-Pereira (2004) Vibroacoustic disease. *Noise & Health* 2004; 6(23): 3-20.
45. ASTDR (2001) Public Health Assessment Guidance Manual U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia.
46. Pedersen, E., K. Persson Waye (2004) Perception and Annoyance due to Wind Turbine Noise - a Dose-Response Relationship. *J. Acoust. Soc. Am* 116 (6) 2004: 3460-3470.
47. Chapman, S, A. St. George, K. Waller, V. Cakic (2013) The Pattern of Complaints about Australian Wind Farms Does Not Match the Establishment and Distribution of Turbines: Support for the Psychogenic, 'Communicated Disease' Hypothesis. *PLoS ONE* 8(10): e76584.
48. Van Renterghem T, Bockstael A, De Weirt V, Botteldooren D. (2013) Annoyance, detection and recognition of wind turbine noise *Sci Total Environ.* 2013 Jul 1;456-457:333-45.
49. Shepherd D, Welch D, Dirks KN, Mathews R. (2010). Exploring the relationship between noise sensitivity, annoyance and health-related quality of life in a sample of adults exposed to environmental noise. *Int J Environ Res Public Health* 7: 3579-94
50. Phillips C. 2011. Properly interpreting the epidemiologic evidence about the health effects of industrial wind turbines on nearby residents. *Bull Sci Tech Soc* 31:303-8.
51. Pedersen, E., Hallberg, L.R.-M., Persson Waye, K. (2007). Living in the Vicinity of Wind Turbines — A Grounded Theory Study. *Qualitative Research in Psychology* 4 (1-2), 49-63

#### Referenties bij Hoofdstuk 4

1. Devine-Wright, P. (2005a). Beyond NIMBYism: Towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy*, 8(2), 125-139.
2. Devine-Wright, P. (2009). Rethinking NIMBYism: The role of place attachment and place identity in explaining place-protective action. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 19(6), 426-441.
3. Wolsink, M. (2007). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy*, 35(5), 2692-2704.
4. Parkhill, K.A., Demski, C., Butler, C., Spence, A. & Pidgeon, N. (2013) Transforming the UK energy system: Public values, attitudes and acceptability – synthesis report (UKERC: London).
5. Devine-Wright, P. (2005b). Local aspects of UK renewable energy development: Exploring public beliefs and policy implications. *Local Environment*, 10(1), 57-69.
6. Walker, B. J., Wiersma, B., & Bailey, E. (2014). Community benefits, framing and the social acceptance of offshore wind farms: an experimental study in England. *Energy Research & Social Science*, 3, 46-54.
7. Groothuis, P. A., Groothuis, J. D., & Whitehead, J. C. (2008). Green vs. green: Measuring the compensation required to site electrical generation windmills in a viewshed. *Energy Policy*, 36(4), 1545-1550.
8. Krueger, A. D., Parsons, G. R., & Firestone, J. (2011). Valuing the visual disamenity of offshore wind power projects at varying distances from the shore: An application on the Delaware shoreline. *Land Economics*, 87(2), 268-283.
9. Ter Mors, E., Terwel, B. W., & Daamen, D. D. (2012). The potential of host community compensation in facility siting. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 11, S130-S138.
10. Aitken, M. (2010a). Why we still don't understand the social aspects of wind power: A critique of key assumptions within the literature. *Energy Policy*, 38(4), 1834-1841.
11. Aitken, M. (2010b). Wind power and community benefits: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, 38(10), 6066-6075.
12. Nederlandse Wind Energie Associatie (NWEA), Stichting De Natuur- en Milieufederaties, Stichting Natuur & Milieu, Greenpeace Nederland (3 September 2014). Gedragscode draagvlak en participatie wind op land.
13. Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines (NLVOW) (2014). Gedragscode windenergie op land – 'Samen naar duurzaam'.
14. Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525-531.



15. Perlaviciute, G., & Steg, L. (2014). Contextual and psychological factors shaping evaluations and acceptability of energy alternatives: Integrated review and research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 361-381.
16. Sorensen, H. C., Hansen, L. K., Hammarlund, K., & Larsen, J. H. (2002). Experience with and strategies for public involvement in offshore wind projects. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 1(4), 327-336.
17. Wolsink, M., & Breukers, S. (2010). Contrasting the core beliefs regarding the effective implementation of wind power. An international study of stakeholder perspectives. *Journal of Environmental Planning and Management*, 53(5), 535-558.
18. Walker, G., & Devine-Wright, P. (2008). Community renewable energy: What should it mean?. *Energy Policy*, 36(2), 497-500.
19. Wolsink, M. (2010). Near-shore wind power - protected seascapes, environmentalists' attitudes, and the technocratic planning perspective. *Land Use Policy*, 27(2), 195-203.
20. Wagg, O. (2012, November 13). Insight: Australia's wind energy setback - tracing origins of 2km rule. Retrieved March 4, 2015, from <http://reneweconomy.com.au/2012/insight-australias-wind-energy-setback-tracing-origins-of-2km-rule-26731>.
21. Agterbosch, S., & Breukers, S. (2008). Socio-political embedding of onshore wind power in the Netherlands and North Rhine-Westphalia. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), 633-648
22. Wüstenhagen, R., & Bilharz, M. (2006). Green energy market development in Germany: Effective public policy and emerging customer demand. *Energy Policy*, 34(13), 1681-1696.
23. Siegrist, M., & Cvetkovich, G. (2000). Perception of hazards: The role of social trust and knowledge. *Risk Analysis*, 20(5), 713-720.
24. Earle, T. C., & Siegrist, M. (2008). On the relation between trust and fairness in environmental risk management. *Risk Analysis*, 28(5), 1395-1414.
25. Terwel, B. W., Harinck, F., Ellemers, N., & Daamen, D. D. L. (2009). Competence-Based and Integrity-Based Trust as Predictors of Acceptance of Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS). *Risk Analysis*, 29(8), 1129-1140.
26. Butler, C., Parkhill, K.A. & Pidgeon, N. (2013). *Deliberating energy transitions in the UK – transforming the UK energy system: Public values, attitudes and acceptability* (UKERC: London).
27. Demski, C., Spence, A. & Pidgeon, N. (2013). *Transforming the UK energy system: Public values, attitudes and acceptability – Summary findings of a survey conducted August 2012* (UKERC: London).
28. Huijts, N., Midden, C. J., & Meijnders, A. L. (2007). Social acceptance of carbon dioxide storage. *Energy Policy*, 35(5), 2780-2789.
29. Terwel, B. W., Harinck, F., Ellemers, N., & Daamen, D. D. L. (2010). Voice in political decision-making: the effect of group voice on perceived trustworthiness of decision makers and subsequent acceptance of decisions. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 16(2), 173.
30. Schwartz, S.H. (1992). Universals in the content and structure of values. In M. Zanna (Ed. ), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 25, pp. 1-65). Orlando, FL: Academic Press.
31. Perlaviciute, G., & Steg, L. (2015). The influence of values on evaluations of energy alternatives. *Renewable Energy*, 77, 259-267.
32. Bronfman, N. C., Jiménez, R. B., Arévalo, P. C., & Cifuentes, L. A. (2012). Understanding social acceptance of electricity generation sources. *Energy Policy*, 46, 246-252.

## Referenties bij Bijlage B

1. ISO (2005). Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 7: reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions. ISO 389-7 Acoustics, International Organization for Standardization, Geneva
2. Van den Berg, G.P. (2006). The sounds of high winds – Appendix. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen
3. Makarewicz, R. (2011). Is a wind turbine a point source? *J Acoust Soc Am.* 129(2), 579-581
4. Minister van Infrastructuur en Milieu (2011). Reken- en meetvoorschrift windturbines, Bijlage 4 bij de Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer
5. International Standard IEC 61400-11 Second edition (2002). Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement technique.
6. Van den Berg, F. (2008). Criteria for wind farm noise: Lmax and Lden. Proc. Acoustics'08, Paris
7. Bastasch, M. (2011), Criteria. In: Bowdler, D., Leventhall, G. (ed.) *Wind Turbine Noise*, Multi-Science Publishing Co. Brentwood, UK
8. Fowler, K., Erik Koppen, E., Matthis, K. (2003). *International Legislation and Regulations for Wind Turbine Noise*, proceedings 5th International Conference on Wind Turbine Noise, Denver



- g. Janssen, S.A., Vos, H., et al. (2011) A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J Acoust Soc Am* 130(6): 3746-3753