

Om een windmolen 2 Megawatt elektriciteit te laten leveren is 4 Megawatt windenergie nodig. Die extra 2 Megawatt veroorzaakt de overlast.

Wat is het mooie van windmolens

Windmolens leveren elektriciteit, als het waait. Daar merk je niets van, want het is gewoon dezelfde elektriciteit als die er altijd uit het stopcontact komt, maar dan gemaakt uit bewegende lucht oftewel Wind. De drie windmolens in Culemborg, onze windmolens, hebben elk een vermogen van 2 Megawatt elektrische energie. Dat vermogen leveren ze als ze op volle toeren draaien en dat is vanaf windkracht 6 tot windkracht 9. Bij windkracht 10 (boven 25 meter per seconde) worden ze stilgezet want anders waaien ze stuk. Onder windkracht 4 draaien ze wel, maar de opbrengst is dan de moeite niet waard. Als het niet hard genoeg waait of te hard waait neemt de echte elektriciteitscentrale het gewoon over. Gelukkig maar, wij kunnen niet zonder elektriciteit.

Wat is het lelijke van windmolens

Dat zie je op de mooie foto hieronder. De lucht achter de windmolens wervelt rond, dat is energie die de windmolen niet kon omzetten in elektriciteit. Om 2 MW (Megawatt) elektriciteit te maken heeft een windmolen ongeveer 4 MW aan windkracht nodig. De 2 MW energie die niet wordt omgezet in elektriciteit verdwijnt niet zomaar, die wordt omgezet in bijvoorbeeld die wervelingen. En in hoorbaar geluid, in onhoorbaar ultra laag geluid, in onhoorbaar ultra hoog geluid, in trillingen van de wieken, de mast en de fundering, in kracht om wrijving in de lagers te overwinnen en in warmte. Dat samen levert je de overlast. Een grotere windmolen levert meer elektriciteit, maar ook meer overlast. Zo is hij geboren.



Windpark Horns Rev 1 bij Denemarken. 80 windmolens, onderlinge afstand 500 meter. Ashoogte 70 m, rotor 80 m diameter. Windkracht 6

Nooit gezien, de wervelingen

Die zie je alleen op zee, heel soms. De wind komt uit het zuidwesten, dat is van het (warme) Duitse vasteland. Die warme lucht daalt achter de windmolens naar het koude zeewater nadat de windmolen er elektriciteit uit heeft gemaakt. De lucht koelt af en daardoor condenseert het teveel aan vocht in de lucht (= mist) en dus zie je die wervelingen. Zo komen hier gemakkelijk 500 meter ver. Op land zie je dit niet, want het land, de grond, is meestal warmer dan de lucht daarboven en dan condenseert het vocht niet. Maar ook als je ze niet ziet, die wervelingen zijn er altijd.

Waarom haalt een windmolen niet alle energie uit de wind?

Stel dat een windmolen alle energie uit de wind haalt, dan zou achter de molen de lucht niet meer bewegen, het zou daar windstil zijn. Die stilstaande muur van lucht achter de molen zou de wind vóór de molen ook tegenhouden en dan draait de windmolen niet meer.

Die lucht blijft dus ergens, hij waait mee met de lucht die langs de wieken stroomt en verlaagt daardoor de windsnelheid achter de molen. Dat wordt in de natuurkunde beschreven door de Wet van Betz (https://en.wikipedia.org/wiki/Betz'_law) en je ziet het op die foto.

Die wet beschrijft waarom de maximale opbrengst van een windmolen 59,3% is, het hoogst haalbare rendement. Die wet geldt voor alle windmolens, groot en klein, middeleeuws en modern, hoog en laag, het maakt allemaal niets uit. Die Wet van Betz gaat uit van oneindig lichte en dunne wieken. Hij houdt geen rekening met de wrijving van lagers en al die andere ellende die je tegenkomt als je een machine echt gaat bouwen, dus ook die 59,3% haal je nooit, het is een natuurkundig maximum. In werkelijkheid kom je uit rond de 80% van die 59,3%, dat is een rendement van ongeveer 50%. Dus vertelt iemand je dat er nog veel meer rendement valt te halen uit een windmolen: laat je niets wijsmaken, dat is kletsboek.

Waar blijft die andere 2 Megawatt?

Een windmolen laat de energie die hij niet kan gebruiken om elektriciteit te maken wegwaaien met de wind, die energie zit onder andere in die wervelingen, maar er is meer! Wij gebruiken onze kleine voorbeeldmolen, 4 Megawatt windenergie maakt 2 MW elektrisch vermogen en 2 MW overlast. Om 3 MW elektriciteit te maken heb je 6 MW windenergie nodig en dus 3 MW overlast. Zo simpel is dat. Hier een lijstje.

- 1. Turbulentie.** Hadden wij al genoemd, de wervelingen. Het grootste deel van die energie zit in het afvoeren van de wind achter de molen, dat verschil tussen die 59,3% van Betz en 100%. Bij onze 2 MW windmolen is dat 40,7 % (100-59,3) van 4 MW, is 1,6 MW. Die wervelingen zijn natuurkundig noodzakelijk, er is niets tegen te doen. Alles wat vliegt heeft zeker een hekel aan die wervelingen. Als de thee uit uw kopje waait heeft u er ook een hekel aan. Een hogere molen met grotere wieken levert meer elektriciteit, maar maakt ook meer wervelingen. Ten eerste omdat het hogerop meestal harder waait. Ten tweede omdat die grotere wieken meer lucht laten wervelen. En ten derde zal de afstand die de turbulente lucht aflegt groter zijn want hoe hoger, hoe minder belemmeringen.
- 2. Hoorbaar geluid.** Een deel wordt in de windmolen zelf omgezet in voor mensen hoorbaar geluid, trillingen van de lucht tussen de 20 Hertz (=20 trillingen per seconde, een hele lage hoorbare toon) en 20.000 Hertz (zeer hoge toon, hoorbaar). Dat geluid wordt gemeten in dB(A). dB staat voor decibel, de A staat voor audible, hoorbaar voor een mens. De generator (dynamo) van een windmolen maakt een hoeveelheid hoorbaar geluid van 105 dB(A). Ga dicht bij een kerkklok staan die 12 uur slaat, zo iets. Lawaai wordt ook gemaakt door de lagers en door de wind die langs de wieken fluit, helemaal als de wind een beetje van richting verandert of als de stand van de wieken wordt gewijzigd. Een duidelijk waarneembare klap hoor je als een wiek langs de mast

suist.

Het meeste lawaai wordt gemaakt aan de uiteinden van de wieken. Die vliegen met een snelheid van meer dan 300 kilometer per uur door de lucht en dat maakt uiteraard lawaai.

Er zijn normen voor hoorbaar geluid waar windmolens aan moeten voldoen (Lden en Lnight).

Maar die normen zijn voor een gewone burger niet te controleren. Het is een gemiddelde hoeveelheid geluid gemeten over een periode van een jaar. Alleen de exploitant kan, met computermodellen en niet met zijn oren, bepalen of aan die norm is voldaan. Windstilte telt mee in de berekening, dus die norm zegt weinig over de realiteit.

Zie Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Decibel_\(eenheid\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Decibel_(eenheid))

3. Onhoorbaar geluid.

Is er in twee smaken, superlaag, onder de 20 Hz, en super hoog, boven de 20.000 Hz (20 kHz)

Als het heel lage trillingen zijn noemen wij het infra-geluid of ultra laag geluid. Onder de 20 Hz hoor je het niet, je voelt het, net zoals wanneer je dicht bij een grote basluidspreker staat. Hoe lager het geluid hoe verder het draagt, hoge tonen worden tamelijk snel gedempt door de lucht, lage tonen zijn vaak kilometers ver waar te nemen, hoe lager hoe verder. Dit ultra lage geluid kan bij sommige mensen angstgevoelens oproepen.

Als het heel hoge tonen zijn, boven de 20.000 Hz (20 kHz) hoor je het ook niet, maar heel veel beesten (honden, katten, vleermuizen, vogels) en hele jonge kinderen horen ze wel en kunnen dan behoorlijk de kluts kwijt raken. Hondenfluitjes maken die hoge tonen.

Er is geen norm voor onhoorbaar geluid bij de bouw van windmolens, dus als ze het maken en je hebt er last van heb je pech. Juridisch bestaat het niet en de Raad van State heeft er nog nooit van gehoord. Op www.deinl.nl vind je een interessant rapport over geluid.

4. De hele windmolen maakt lawaai

Energie kun je niet vernietigen, het blijft altijd ergens. Onze windenergie brengt de constructie van de windmolen in trilling, zoals een straaljager die door de geluidsbarrière gaat uw huis doet schudden. Helemaal bij hoge windsnelheden is de druk op de wieken en de mast gigantisch en een kleine verandering in de windsnelheid of windrichting brengt de zaak in trilling. De rotor van onze windmolens heeft een diameter van 80 meter (wiek lengte 40 meter) en die rotor alleen al weegt 34 ton, ruim 10.000 kilo per wiek. De hele windmolen, dus rotor, gondel en mast, weegt 265 ton. Als de wind eventjes wegvalt veert al dat gewicht naar voren en weer naar achteren en dat gaat zeker niet ongemerkt voorbij. De verschillende onderdelen trillen zoals de snaar van een gitaar, maar dan een hele grote.

De constructie wordt zo licht mogelijk gemaakt, want dat bespaart materiaal en het maakt dat de wieken bij minder wind al gaan bewegen. Het nadeel is natuurlijk dat die lichte constructie ook gemakkelijker in trilling komt en gaat zoemen of brommen.

Daarbij, een grotere molen, bijvoorbeeld 2x zo hoog, weegt niet 2x zoveel, maar 8 keer zoveel want hij is natuurlijk ook 2x zo lang en breed. Samen dus 8 x zo zwaar. Een wiek van 80 meter lang weegt 35 ton, meer dan de hele rotor van ons kleine voorbeeld. Dat veert nog veel harder heen en weer en dat maakt lawaai. Maar molens van dat formaat staan alleen op zee, totdat iemand op het idee komt om ze in je achtertuin te zetten.

Begrippen

Wat is een (Mega)watt?

De eenheid Watt is genoemd naar James Watt, de uitvinder van de stoommachine. Het is een maat voor het vermogen van een machine, de kracht die een machine kan leveren als hij op volle toeren draait. Bij een windmolen is dat het vermogen van de stroomgenerator (de dynamo), in ons

voorbeeld 2 Megawatt = 2 miljoen Watt. Bij een auto is dat het vermogen van de motor. Als een machine stil staat levert hij niets, maar hij heeft nog steeds dat vermogen. Het vermogen is de kracht die een machine zou kunnen leveren.

De motor van de lichtste Fiat Panda kan ongeveer 51.000 Watt leveren (51 kilowatt). Onze windmolen van 2 MW heeft dus hetzelfde vermogen als $2.000.000 / 51.000 = 39$ Fiats Panda. De windmolens leveren dat vermogen vanaf windkracht 6 en tot en met 9, daarboven worden ze uitgezet anders gaan ze stuk. Onder windkracht 6 leveren ze ook elektriciteit, maar snel minder dan 2 MW. Onder windkracht 4 leveren windmolens praktisch niets. De Fiats Panda leveren 51 kW, maar alleen met het gas op de plank, tot de benzine op is.

Wat is het verschil tussen vermogen en energie

Vermogen (Watt) is dat wat aan machine maximaal aan kracht kan leveren.

Energie (Wattuur) is wat een machine aan kracht levert als hij werkt (Watt x uur, de kracht x de tijd).

Vermogen is wat je kunt, energie is wat je doet.