



dr. ir. Jan de Laat, klinisch fysicus LUMC, prof. dr. Louw Feenstra, emeritus hoogleraar KNO EUMC 25 -08-2021  
<https://mtintegraal.nl/artikelen/1169/hinderlijk-geluid-van-windturbines>

## Hinderlijk geluid van windturbines

Het halen van klimaatdoelstellingen leidt in Nederland tot de plaatsing van steeds meer en hogere industriële windturbines met verschillende ‘bijwerkingen’ waaronder geluidoverlast. Vooral laagfrequente geluiden en infrasonen trillingen zijn tot meer dan 10 km afstand waarneembaar. In naburige woonkernen leidt langdurig aanbod daarvan, vooral ’s nachts, tot slaapstoornissen en meer gezondheidsklachten.

### Inleiding: de gevoeligheid van ons gehoororgaan

Mensen horen lage tonen vanaf 20 Hz en hoge tonen tot 20 kHz. In het spraakgebied, rond de middentonen, beginnen we geluid te horen vanaf 0 dB, wat overeenkomt met een geluidsdruk van 20  $\mu$ Pa. De pijndrempel ligt in de buurt van 140 dB. In het laagfrequente gebied is onze (h)oorspan veel minder groot, in de buurt van 20 Hz nog maar zo’n 50 dB, d.w.z. dat we extra gevoelig zijn voor laagfrequente geluiden, en dat geldt voor ouderen meer dan voor jongeren.

### Hinderlijk geluid van IWT’s

Het hoorbare geluid van IWTs is anders dan verkeerslawaai: pulserend, zwiepend, zoevend, bonkend. De relatie tussen de (variabele) windsnelheid, de hoek waaronder de wind de wieken treft, de hoogte van de mast en de geluidsproductie op diverse afstanden tot de mast is ingewikkeld.

De windsnelheid varieert. Door 24-uursverschillen in temperatuur van aarde en lucht ontstaan verticale luchtstromen en tussen luchtlagen bestaan windsnelheidsverschillen. Hoge IWTs vangen vaak hogere windsnelheid dan laag bij de grond. Het hoorbare lawaai van IWTs is ‘s nachts hinderlijker dan overdag, omdat er ‘s nachts meer behoefte is aan stilte om te slapen dan overdag, er ‘s nachts minder omgevingslawaai is en de verstoring van het windturbinegeluid meer opvalt. Laagfrequente-geluiden (LF) en infrasonen trillingen (IS) worden vooral voortgebracht door compressie van lucht tussen de wieken en de mast. Die trillingen zijn via de mast, het betonnen fundament en de bodem kilometers verderop waarneembaar. Hogere masten en langere wieken veroorzaken meer en lagere geluiden en trillingen [17].

Internationaal wetenschappelijk onderzoek laat zien dat langdurige blootstelling aan het al dan niet hoorbare laagfrequente geluid (5-100 Hz) van windturbines nadelige gezondheidseffecten met zich mee kan brengen [1, 13, 14]. In het prille verleden, toen windturbines gebouwd werden die niet hoger waren dan 110 meter (tip-hoogte) met 'n vermogen onder 1 MW, werden nog maar weinig klachten gehoord, behalve heel dicht bij de turbine. Hierover werd in de afgelopen jaren door het RIVM gerapporteerd [5, 10]. In Nederland gaat het sinds kort om windturbines, op land geplaatst, met 'n tiphoogte van 145-188 meter en 'n vermogen van 3-7 MW. Voorlopige conclusie: het risico op het regelmatig voorkomen van “ziekteverschijnselen” zoals tinnitus, duizeligheid, misselijkheid, abnormaal hoge bloeddruk wordt over het algemeen laag ingeschat. Daarentegen is er wel degelijk sprake van (te) hoog risico op het zich voordoen van slapeloosheid, concentratieverlies, druk op de oren c.q. het hoofd, hoofdpijn, spanningen (stress), soms lijkend op zeeziekte. Dit laatste hangt vaak samen met de stroom van klachten die bewoners van huizen in de nabije omgeving van zo'n windmolenpark (zullen) melden als niet voldaan wordt aan verschillende criteria t.a.v. de locatie van de windturbines.

De WHO heeft “guidelines” geformuleerd<sup>16</sup>. In deze “guidelines” wordt rekening gehouden met verschillende lokale omstandigheden, zoals te verwachten windsnelheden (klassen 1-25), molens op het land of in de zee en bodemstructuur/-gesteldheid (heuvels, zand, weiland, bossen, rots, water). In die “guidelines” is er sprake van 'n bufferzone rondom de windturbines, waarbinnen geen woningen (c.q. woonkernen) mogen voorkomen om ervoor te zorgen dat het risico op gezondheidsklachten zo laag mogelijk is.

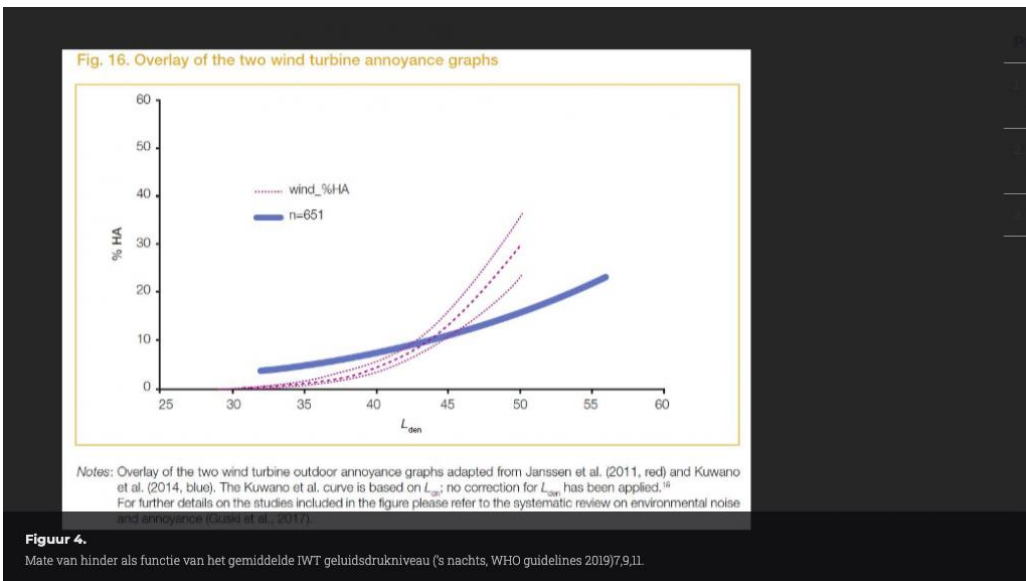
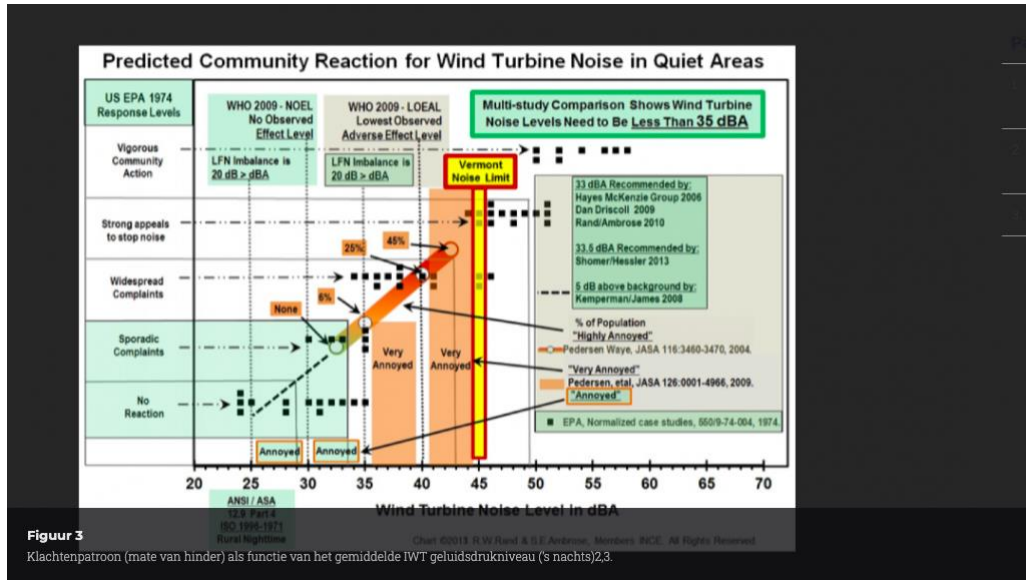
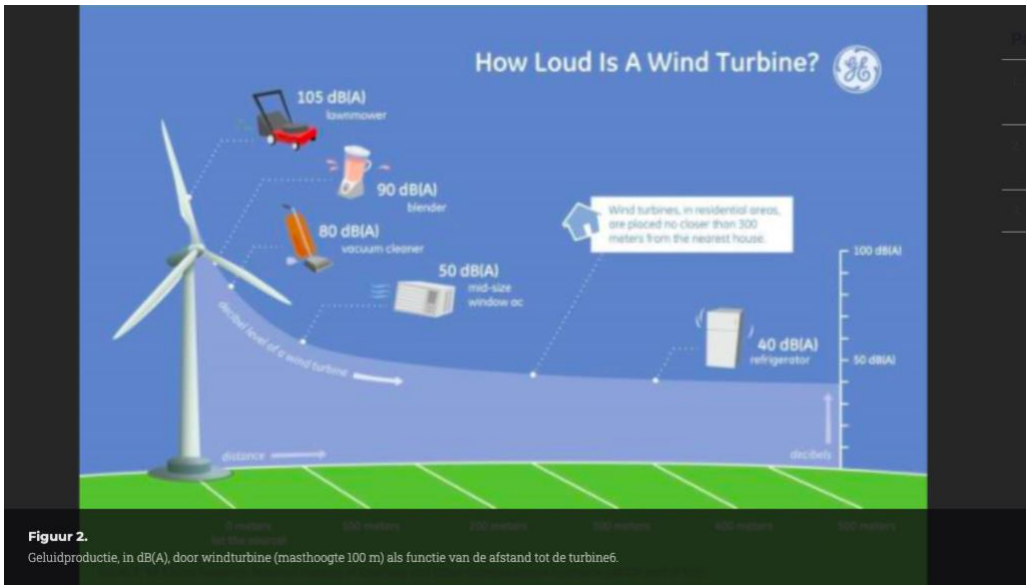
Deze “guidelines” zijn en worden door sommige landen in regelgeving opgenomen die strenger is dan de regels die gelden voor geluid afkomstig van verkeerslawaaai. Bijvoorbeeld in Beieren, Duitsland: het gemiddelde geluidsniveau, buitenshuis gemeten, mag buiten de bufferzone niet boven 35 dB(A) uitkomen (fluisterniveau, zie onderstaande figuren 3 en 4), om ervoor te zorgen dat bewoners 's nachts zonder problemen met open ramen kunnen slapen. Voor hoge krachtige windturbines geldt 'n veilige bufferzone met 'n straal van 10 x de ashoogte van de molen, d.w.z. voor turbines met 'n ashoogte van 150 meter heeft die bufferzone 'n straal van 1500 meter rondom elke windturbine [4, 8].

In figuur 3 is een voorbeeld weergegeven van het klachtenpatroon (mate van hinderlijkheid) als functie van het gemiddelde geluidsdrukniveau in de nachtelijke uren. Dan blijkt dat als dat geluidsniveau boven 35 dB(A) uitkomt het percentage gezondheidsklachten boven het kritische niveau van 8% uitkomt, terwijl de wens/eis van de WHO op 5% ligt, zoals te zien in de volgende figuur 4.

Figuur 4, overgenomen uit de WHO guidelines<sup>16</sup> (blz. 82), laat zien dat het percentage “highly annoyed” onder de acceptabele grens van 5% komt te liggen bij blootstelling aan  $L_{den} < 35$  dB ( $L_{den}$  is het geluidsdrukniveau gemiddeld over dag, avond en nacht), wat weer overeenkomt met de strekking van figuur 3.

## **Conclusie**

Alles overziend moet de conclusie zijn: beter voorkomen dan genezen, op 'n verantwoorde en te handhaven wijze, zoals inmiddels gebeurt in Beieren, Duitsland, en binnenkort mogelijk ook in Denemarken, Canada, Nieuw-Zeeland, Australië: indien op land geplaatste windturbines (nog) noodzakelijk zijn, plaats de turbines dan op een zodanige afstand van de rand van de bebouwde kom, namelijk 10x de masthoogte, dat het geluid en de trillingen van de turbines de nachtrust niet verstoren.



## Mogelijke gevolgen van langdurige blootstelling aan infrason geluid <sup>Pa</sup>

Geluid horen we pas vanaf een toonhoogte van 20Hz. Hieronder horen we het niet: dit noemen we infrason. <sup>1</sup>  
Desondanks is met MRI-onderzoek aangetoond dat bij voldoende intensiteit dat geluid wel wordt opgevan- <sup>v</sup>  
gen in de auditieve cortex. Het blijkt ook dat mensen wel een gewaarwording kunnen krijgen van die infrason- <sup>1</sup>  
golven. Het effect daarvan lijkt nog het meest op zeeziekte. Het is nog niet geheel duidelijk hoe de zenuwba- <sup>0</sup>  
nen precies lopen en via welk deel van het binnenoor. Er zijn aanwijzingen dat dit via de zogenaamde buiten- <sup>3</sup>  
ste haarcellen van het slakkenhuis plaatsvindt. Daarnaast zijn er ook aanwijzingen dat die trillingen door het <sup>3</sup>  
evenwichtsdeel van het slakkenhuis worden opgevangen en wel het deel dat bekend staat als "otolieten". Het <sup>c</sup>  
is zelfs mogelijk dat beide "kanalen" zijn betrokken bij het tot stand komen van deze zeeziekte-achtige sen-  
saties. Als je langere tijd hieraan wordt blootgesteld, kan het lichaam in de war raken: het evenwichtsorgaan  
denkt dat je in beweging bent, en je ogen en je gevoel vinden van niet. Je kunt druk op de trommelvlies en  
ervaren en oorsuizen. Ook kun je gedesoriënteerd raken, darmklachten krijgen, of duizeligheid en misselijkheid  
ontwikkelen. Het "psychisch welbevinden" wordt verstoord, en dat kan zich weer uiten in een slecht humeur,  
nervositeit, droefheid, of zelfs depressiviteit. En last but not least komen slaapproblemen voor, zowel inslaap-  
als doorslaapproblemen. Als die langere tijd aanhouden, dan heeft dat negatieve gevolgen voor de bloeddruk  
en het hart. Infrason geluid kan door verschillende dingen ontstaan. Grote explosies bijvoorbeeld, maar ook  
door industrie. Zo kan het voorkomen dat omwonenden van windmolenparken merken dat zij last hebben van  
trillingen. Ook boringen en bevingen kunnen infrason geluid creëren. Als het kort duurt is het meestal geen  
probleem.

### referenties

- 01) Alves-Pereira M. Acoustics & Biological Structures. Intech Open. 2019: 1-22
- 02) Ambrose SE. Wind Turbine Acoustic Investigation, Infrasound and Low-Frequency Noise, A Case Study - Bull Sci Techn Soc. 2012: 128-41
- 03) Ambrose SE, Rand RW. Sound Survey and Analysis Report Proposed Douglas Woods Wind Farm. Massachusetts. 2013: 1-27
- 04) Bayerisches Landesamt für Umwelt. Windenergieanlagen, beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit. Bayern (D). 2018
- 05) Berg, GP vd. The sound of high winds. The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Thesis Universiteit Groningen. 2006
- 06) <https://www.ge.com/news/reports/how-loud-is-a-wind-turbine>
- 07) Guski R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region, A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance - Int J Env Res Publ Health. 2017: 1-39.
- 08) Jakobsen J. Danish regulation of low frequency noise from wind turbines. J. low freq noise vibr act contr. 2012 (4): 239-46
- 09) Janssen S. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am. 2011: 3746-53
- 10) Kamp I v, Berg GP vd. Gezondheidseffecten van windturbinegeluid. RIVM-rapport 0214. 2020
- 11) Kuwano S. Social survey on wind turbine noise in Japan. Noise Contr Engin J. 2014: 503-20
- 12) Poulsen AH. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events, a nationwide case-crossover study from Denmark. Env Int. 2018 (114): 160-6
- 13) Salt AN, Hullar TE. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hear Res 268 (1-2): 12-21
- 14) Tonin RA. Review of Wind Turbine-Generated Infrasound: Source, Measurement & Effect on Health. Acoust Aus. 2018 (46): 69-86
- 15) Vanhollebeke - Dynamic analysis of a wind turbine gearbox. Thesis KU Leuven. 2015
- 16) WHO Publication: Environmental Noise Guidelines for the European Region. 2018
- 17) Wagner S. Wind Turbine Noise. Springer. 1996