

# Laagfrequentgeluidhinder

## Zelfstandig biofysisch verschijnsel

**Dr Mireille Oud**  
*medisch fysicus / consultant*

(Congres "Geluid, Trillingen, Luchtkwaliteit, Gebied & Gebouw", 6 november 2012, Nieuwegein)

## Inhoud

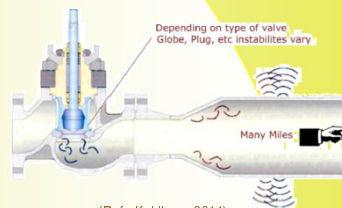
- Bronnen laagfrequent geluid
- Biofysica waarneembaarheid  
(neurobioloog A.N. Salt, Washington University)
- Gezondheidseffecten
- Conclusies
- Aanbevelingen
- Referenties

## Bronnen laagfrequent geluid (<<150 Hz)

Via lucht: tot 1 km



- Windturbines
- Gastransport
- Stadsverwarming
- Industrie
- Verschiltonen
- ...



(Ref.: Kohlhase 2011)

Via grond: tot 100 km ⇒ *cumulatie bronnen*

## Bronnen laagfrequent geluid



**windturbines**

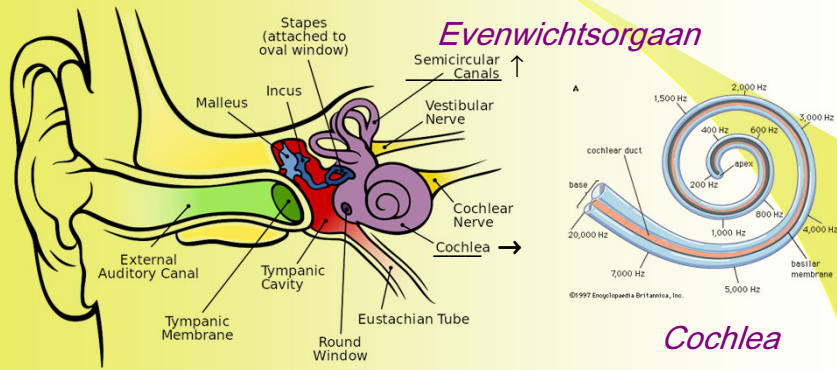
(Ref.: Kennisportel Windenergie)



**gasnet**

(Bron.: [www.gasunie.nl](http://www.gasunie.nl))

## Biofysica waarneembaarheid



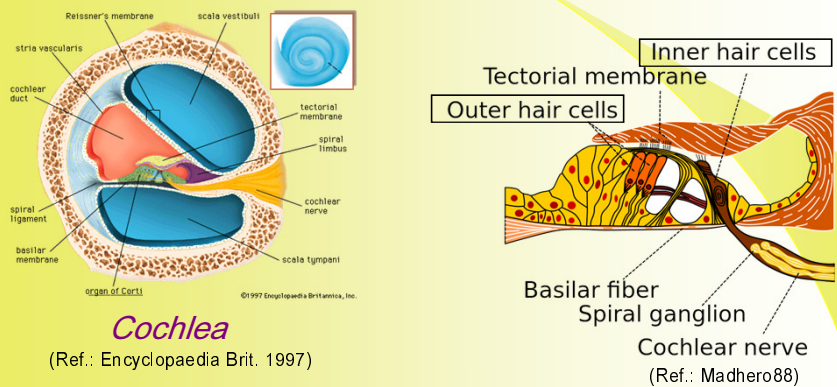
*Evenwichtsorgaan*

*Cochlea*

(Ref.: Chittka & Brockmann 2005)

(Ref.: Prasad)

## Biofysica waarneembaarheid



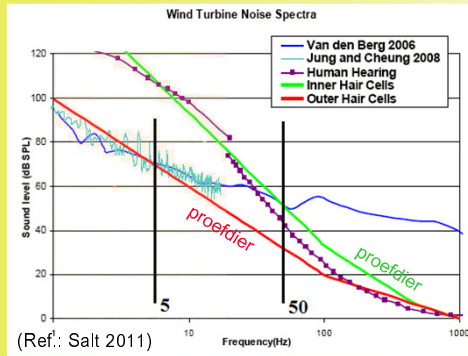
*Cochlea*

(Ref.: Encyclopaedia Brit. 1997)

(Ref.: Madhero88)

- Outer hair cells: voorversterker
- Inner hair cells: naar hersenen

## Biofysica waarneembaarheid



- Kan hoorbaar worden
- Hoorbaar voor iedereen

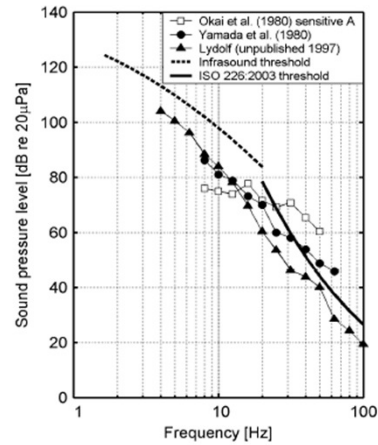
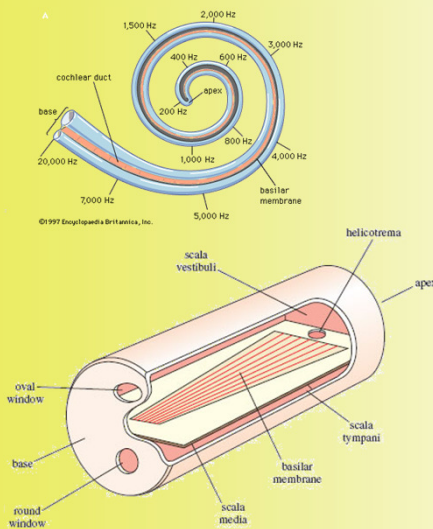


Figure 12. Hearing thresholds of three especially sensitive persons. (Ref.: Pedersen 2008)

## Biofysica waarneembaarheid



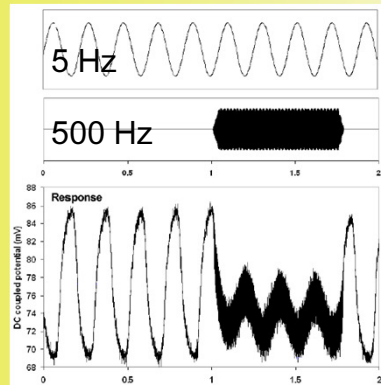
(Ref.: OpenLearn LabSpace)

- Occlusie helicotrema  
⇒ 20dB toename sensitiviteit voor lage frequenties
- Endolymfatische hydrops (zwellingsmiddelste buis)  
⇒ duizelingen

(Ref.: Salt & Lichtenhan 2012)

## Biofysica waarneembaarheid

*respons cochlea proefdier*



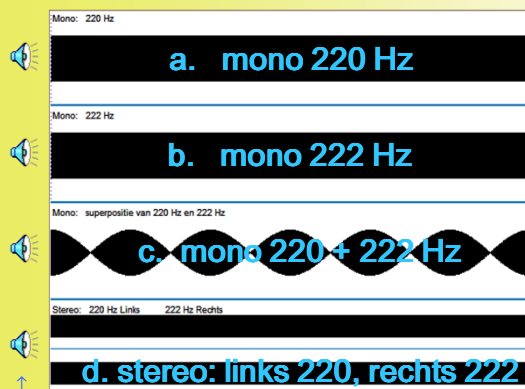
hoorbare 5 Hz

(Ref.: Salt & Lichtenhan 2011)

- Hoorbare cochlea-activiteit (500 Hz) interageert met onhoorbare cochlea-activiteit (5 Hz)

⇒ *lage toon hoorbaar door amplitudemodulatie*

## Biofysica waarneembaarheid



(Klik hier, in presentatiemodus van powerpoint. Gebruik hoofdtelefoon.)

(Bron: M. Oud 2012)

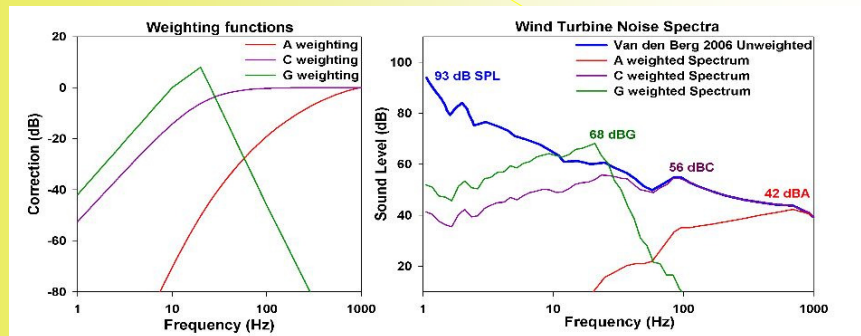
- Voor iedereen waarneembaar lage frequenties: zweving, verschiltoon

Superpositie van bijna dezelfde, hoorbare, tonen (a en b)

*deze amplitudemodulatie kan akoestisch (c) en neuraal (d)*

(Nuttig gebruik: stemmen muziekinstrument)

## Biofysica waarneembaarheid



*G-weging: ISO 7196:1995*

*(Ref.: Cedric 2004)*

*gewogen windturbine spectra*

*(Ref.: Van den Berg 2006)*

- ⇒ dBC en dBG meer realistisch

## Gezondheidseffecten

- Steeds meer mensen nemen LFG waar (horen / voelen)
- Gezondheidschade LFG:
  - Duizelingen
  - Continue, pulserende druk op hoofd
  - Slaapstoornissen
  - Stress
  - Bloeddrukverhoging
  - Hartritmestoornissen
  - ...

## Gezondheidseffecten

Waarom wordt laagfrequent geluid als hinderlijk ervaren?

- Richtingloos, mist ruimtelijkheid  $\Rightarrow$  zit “binnenin hoofd”
- Karakter (monotoon of pulserend) & tijdsduur
- Gebrek autonomie (niet zelf beheersbaar): oordopjes geen effect want via beengeleiding
- Beïnvloedt fysiologie (structuur cochlea)

## Conclusies

- Laagfrequent geluid aantoonbaar waargenomen (audiogrammen)
- Perceptie laagfrequent geluid is biofysisch verklaarbaar
- Significant deel NL-bevolking ondervindt schade
- Laagfrequent geluid behoeft andere manier beoordelen: minimaal dBC i.p.v. dBA, voorkeur dBG

## Aanbevelingen

- Systematische inventarisatie gezondheidsproblematiek
- Meer wetenschappelijk onderzoek (medisch & fysisch)
- Definiëren meet- en beoordelingsmethodiek
- Normen voor laagfrequent geluid opstellen
- Internationale aanpak
- Bronnen laagfrequent-geluidarmer maken
- Aanpassingen leefomgeving (woning)?

## Referenties

- Belangengroep Laagfrequentgeluid Gehinderden: [www.laagfrequentgeluid.nl](http://www.laagfrequentgeluid.nl)
- Dr Mireille Oud: <http://nl.linkedin.com/in/MireilleOud>
- Prof. A.N. Salt: <http://tiny.cc/AlecSalt>
- ISO norm dBG: <http://tiny.cc/ISO1> (ISO.org) en <http://tiny.cc/ISO2> (DiracDelta science eng. encyclopedie)
- Berg, G.P. van den (2006), "The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise" Ph.D. thesis, Biomed. eng. dept. Rijksuniversiteit Groningen
- Cedric R. (2004), "Ecoaccess guideline for the assessment of low frequency noise", Proc. of Acoustics 2004, 619-624, Gold Coast, Australia
- Chittka L, Brockmann A (2005) Perception Space – The Final Frontier. PLoS Biol 3(4): e137. doi:10.1371/journal.pbio.0030137
- Encyclopaedia Britannica (1997) "Cochlea" [www.britannica.com](http://www.britannica.com)
- Kennisportal Windenergie op land (2011), "Bestaande windparken", Min. Infrastructuur en Milieu e.a. [www.w-i-n-d.nl/](http://www.w-i-n-d.nl/)
- Kohlhasse S (2011), "Explaining buried pipeline induced LFN hum and gas turbine flutter ..." Brookfield Ct, USA
- Madhero88: <http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Madhero88>
- OpenLearn Labspace, "Hearing – section 3.3 The role of the basilar membrane in sound reception" <http://labspace.open.ac.uk/mod/resource/view.php?id=415643>
- Pedersen C.S. (2008), "Human hearing at low frequencies with focus on noise complaints", Ph.D. thesis, Acoustics dept. of elec. systems, Aalborg University, Denmark
- Prasad, "Mechanical cochlea", senior design project, Stevens Inst. Techn. <http://mechanicalcochlea.wordpress.com/home/the-cochlea/>
- Salt A.N. (2011), "Processes underlying homeostasis of cochlear fluids", Washington univ. [http://oto2.wustl.edu/cochlea/WTPicton\\_salt\\_final.pdf](http://oto2.wustl.edu/cochlea/WTPicton_salt_final.pdf)
- Salt, A.N. & Lichtenhan J.T. (2011), "Responses of the inner ear to infrasound", 4th Int. meeting on wind turbine noise, Rome
- Salt, A.N. & Lichtenhan J.T. (2012), "Perception-based protection from low-frequency sounds may not be enough", inter.noise 2012 New York