

Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid

Evidence¹ voor biofysische benadering?

Dit artikel is een reactie op het artikel van Mireille Oud in het eerste nummer van Geluid van 2013.² Oud concludeert dat laagfrequent geluid schadelijk zou zijn voor het gehoor- en evenwicht en tinnitus en duizelingen veroorzaakt op basis van publicaties van Salt. Maar concludeert Salt dat zelf ook? De conclusies van Oud lijken eerder een bijdrage aan de ontwikkeling van een LFG syndroom dat gelijkenis vertoont met het windturbinesyndroom.

Door: Wim Soede

Over de auteur:

Dr.ir. Wim Soede is senior akoestisch adviseur bij ARDEA Acoustics & Consult te Leiden. Daarnaast is hij als klinisch-fysicus audioloog werkzaam bij de afdeling KNO-Audiologie van het Leids Universitair Medisch Centrum. Beide functies raken elkaar bij klachten over (laagfrequente) geluidshinder of problemen met horen zoals tinnitus en hyperacusis.

LFG SYNDROOM?

Het waarnemen van laagfrequent geluid (LFG) is zeer ingrijpend voor degene die het overkomt. Vaak leidt het tot ernstige hinder en ontstaan vervolgens ernstige gezondheidsproblemen, zoals slaap- en concentratieproblemen.³ Daar komt dan nog psychosociale stress bij omdat de gehinderde onvoldoende begrip vindt voor zijn probleem in directe omgeving of bij officiële instanties.

De problematiek kan vervolgens in een volledig persoonlijk gezondheidsprobleem uitmonden als er voldoende evidence zou bestaan voor de stelling van Mireille Oud dat langdurige blootstelling aan LFG de structuur en de werking van ons gehoororgaan nadelig kan beïnvloeden⁴ met tinnitus en duizelingen als gevolg. Naast de hinder volgt dan een extra invaliderende, medische component. LFG krijgt⁵ door deze mogelijke 'medische component', naast de al bestaande mythische trekken zoals beschreven door Niessen, alle kenmerken van een nieuw syndroom: het LFG syndroom. De grote vraag is of de gehinderde baat heeft bij de vaststelling van een LFG syndroom. Niessen schrijft immers dat de gehinderde zodanig bevestigd wordt in zijn ervaren probleem dat adequate hulp bemoeilijkt wordt.

EVIDENCE VOOR VERKLARING LFG HINDER?

Oud presenteert een biofysische benadering waarbij wordt uitgegaan van een sterk verlaagde gehoordrempel voor laagfrequent geluid door een geluid geïnduceerde zwelling in de cochlea. Allereerst verwijst Oud naar onderzoek van Salt uit St. Louis. Bij proefdieren is al na drie minuten een zwelling geconstateerd bij een toon van 200 Hz met sterkte van 115 dB SPL. Dit resultaat voedt de lezer met de verwachting dat laagfrequent geluid met een hoge lineaire geluidsdruk een risico oplevert voor het (menselijk) gehoor.

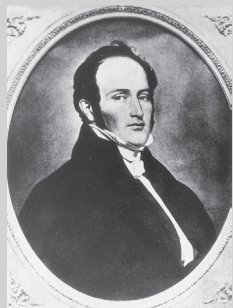
FOTO: WIM SOEDE



FIGUUR 1: AANBOUW VAN WINDMOLEN DE AMBTENAAR IN DE WIERINGERMEER NABIJ MEDEMBLIK. DE WINDMOLEN HEEFT EEN VERMOGEN VAN 7.5 MW EN LEVERT ENERGIE VOOR 13.000 INWONERS. DE WIEKEN REIKEN TOT 200 M HOOGTE.

Salt beschrijft in zijn artikel "Acute Endolymphatic Hydrops Generated by Exposure to Nontraumatic Low-Frequency Tones"⁶ een experiment met proefdieren (cavia's) om de ziekte van Menière beter te begrijpen (zie kader bovenaan bladzijde 28).

Ziekte van Menière



De ziekte van Menière kenmerkt zich door periodieke aanvallen van draaiduizeligheid en vermindering van het gehoor. Deze aanvallen gaan gepaard met oorsuizen en vaak met een drukkend gevoel in het oor. Bij de aanvang van de ziekte is kenmerkend dat er een gehoorverlies optreedt bij de lage frequenties.

De ziekte is voor het eerst beschreven door de Franse arts Prosper Menière in 1861. Het is een ziekte van het binnenoor. De ziekte is niet erfelijk. Algemeen is de gedachte dat de ziekte van

Menière samenhangt met een verandering van de vloeistoffen (endolymfe en perilymfe) in het gehoororgaan met daarbij een veranderende vloeistofdruk.

Het experiment laat inderdaad zien dat bij 115 dB SPL een zwelling optreedt. Na beëindiging van stimulatie neemt de zwelling echter direct af met een recovery tijd van 3,2 minuten. Bij de bespreking van de resultaten geeft Salt dan ook aan dat er sprake is van een acute toename, maar dat er geen blijvende schade is ("non damaging-levels"). In hetzelfde artikel beschrijft Salt dat het effect niet meer detecteerbaar is bij 95 dB SPL. Relevant daarbij is dan te beseffen dat de gehoordrempel van een cavia bij 200 Hz gelijk is aan ca. 25 dB.⁷ Het effect treedt dus op bij stimulatie van bijna 90 dB boven de drempel. Desondanks is er volgens Salt geen blijvende schade. De conclusie is dat Salt geen enkel bewijs of medische evidence levert dat dit effect ook optreedt rond de gehoordrempel van de cavia of de mens.

De hypothese van de zwelling gebruikt Oud vervolgens om te stellen dat het gehoor 20-30 dB gevoeliger wordt op basis van een tweede publicatie van Salt. Salt wil de ziekte van Menière beter begrijpen en onderzoekt de verplaatsing van het orgaan van Corti door gel injectie in de apex (top) van het slakkenhuis.⁸ Salt beschrijft een experiment bij proefdieren met twee Healon injecties en voert dan vervolgens een ECOG-meting uit (zie kader ECOG⁹). Salt schrijft dan: "CAP thresholds were also monitored during the injections and were elevated by 20-30 dB for both high- (16 kHz) and low-frequency (2 kHz) stimuli during the injection and recovered immediately afterwards". Salt vindt dus geen gevoeliger oor maar een drempelverhoging bij 2 en 16 kHz. Vervolgens rapporteert Salt een experiment met gel injectie en vindt dan bij lage frequenties een wijziging van de CM. De CM is echter géén signaal dat samenhangt met het CAP-signaal (zie toelichting kader ECOG). Salt rapporteert op dat moment dus geen absoluut auditief drempel-effect voor lage frequenties. In de discussie bespreekt hij wel dat zeer lage frequenties van invloed kunnen zijn op het evenwichtsorgaan en oogbewegingen kunnen opwekken, maar een drempelverschuiving wordt niet beschreven. Salt levert dus geen enkele directe evidence dat er een drempelverschuiving is van 20-30 dB bij lage frequenties bij de cavia of de mens.

Het bovenstaande werpt een ander licht op de conclusie van Oud dat "langdurige overprikkeling door, eerst onhoorbaar, laagfrequent omgevingsgeluid de gehoordrempel kan verlagen met maar liefst 20-30 dB, waardoor het wel hoorbaar wordt". De publicaties van Salt leveren geen evidence dat zwellingen in de cochlea ontstaan op drempelniveau, laat staan als het geluidsniveau nog lager is dan de drempel en onhoorbaar is. Salt levert dan ook geen evidence voor een drempelverlaging van 20-30 dB bij lage frequenties. Salt rapporteert het tegenovergestelde: een drempelverhoging.

IS LFG SCHADELIJK?

Oud concludeert dat langdurige blootstelling aan laagfrequent geluid de structuur en de werking van ons gehoororgaan kan beïnvloeden. Deze conclusie is primair gebaseerd op de eerdere onjuiste aannames en is mogelijk secundair gebaseerd op een derde artikel van

Salt¹⁰ waaraan Oud refereert. Dat derde artikel van Salt is gepubliceerd in het generieke, niet akoestisch of medische, tijdschrift Bulletin of Science, Technology & Society (Impact Factor IF=0.5) met titel "Infrasound From Wind Turbines Could Affect Humans". In dit artikel beschrijft Salt, op analoge wijze als Oud, de werking van het gehoor en gelijke gehoordrempels. Vervolgens beoordeelt Salt de eventuele hoorbaarheid van windturbinegeluid op basis van een geluidsmeting van Frits van den Berg.¹¹ Salt laat dan zien dat het geluid van een windturbine kenmerken heeft van laagfrequent geluid en dat het lineaire geluidsniveau oploopt van 60 dB bij 10 Hz tot maximaal 93 dB bij 1 Hz. Salt concludeert dan allereerst dat het laagfrequente geluid van windturbines lager is dan de gehoordrempel die hij zelf beschrijft voor laagfrequent geluid.

Vervolgens vraagt Salt zich af of infrasonid van windturbines schadelijk is voor mensen in de directe omgeving. Als eerste schrijft hij dat het in principe mogelijk is dat onhoorbaar geluid kan doordringen tot de menselijke hersenstam en daarmee mensen kan beïnvloeden. In dezelfde paragraaf stelt hij echter ook "In contrast to other sounds, such as loud sounds, which are harmful and damage the internal structure of the inner ear, there is no evidence that low-level infrasound causes this type of direct damage to the ear. So infrasound from wind turbines is unlikely to be harmful in the same way as high-level audible sounds." Daarmee bevestigt Salt dat er geen evidence bestaat dat LFG schadelijk is voor het gehoor. Verder geeft hij ook aan dat er geen wetenschappelijke literatuur bestaat dat langdurige blootstelling aan LFG nadelig is voor mensen. In de conclusie van het artikel beperkt Salt zich tot de uitspraak dat infrasonid mogelijk slaapverstoring kan veroorzaken. Opnieuw levert Salt dus géén evidence voor schadelijkheid van LFG voor het gehoororgaan van de mens. Laat staan dat er een direct verband is met tinnitus en duizelingen tot gevolg.

Samenvattend, de artikelen van Salt leveren een ander beeld dan Oud beschrijft:

- Bij stimulatie van het slakkenhuis van de cavia met een hard geluid van 115 dB SPL bij 200 Hz treedt een zwelling op die weer verdwijnt als de stimulatie stopt. Salt ziet geen zwelling ontstaan bij geluidsniveaus van 95 dB SPL. Daarmee is er geen bewijs dat er rond de gehoordrempel, die bij de cavia 25 dB is, enige vorm van zwelling ontstaat.
- Het experiment van Salt met gel-injectie geeft geen drempelverlaging van 20-30 dB maar juist een drempelverhoging. Dit komt overeen met de ziekte van Menière waar een verminderde gevoeligheid voor lage tonen ontstaat.
- Het infrageluid van windmolens zoals gemeten door Frits van den Berg, ligt volgens Salt onder de gehoordrempel voor laagfrequent geluid. Salt schrijft expliciet dat er geen bewijs bestaat dat infrageluid met lage geluidsniveaus directe schade voor het oor geven.



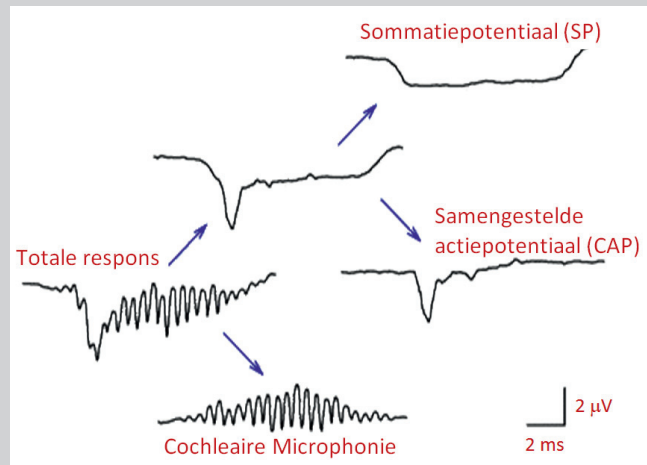
FIGUUR 2: UIT DE BROCHURE 'IK HOOR EEN BROMTOON', WERKGROEP LAAGFREQUENT GELUID ZUID-LIMBURG).

Electrocochleografie (ECOG)

Bij electrocochleografie worden de fysiologische responsies van de cochlea gemeten met een naaldelektrode. De KNO-arts prikt daarvoor een dunne naald door het (verdoofde) trommelvlies totdat het elektrodepuntje het slakkenhuis raakt. Met de elektrode kan dan de fysiologische respons van de cochlea direct worden gemeten. Het LUMC is het enige verwijscentrum in Nederland dat een ECOG-meting bij mensen uitvoert. De metingen worden uitgevoerd bij bijzondere vraagstellingen rond Cochleaire Implantatie of de ziekte van Menière.

Bij aanbidding van een korte impulstoon kan de elektrische respons gemeten worden bij het slakkenhuis. De totale respons (zie figuur) op het kliekgeluid bestaat uit de zogenaamde Cochleaire Microfonie (CM) die de vorm heeft van de korte impulstoon, de sommatiepotentiaal (SP) en de Compound Action Potential (CAP).

De CM en de SP worden gegenereerd door de ionenstromen die een rol spelen in de transductieprocessen in de haarcellen en geven daarmee informatie over het functioneren van de buitenste haarcellen in het slakkenhuis. De CAP reflecteert de vorming van de actiepotentialen in de gehoorzenuw die aan de hersenen worden doorgegeven. De CAP is de weergave van de elektrische activiteit van een groot aantal neuronen en wordt om die reden 'samengestelde' (compound) actiepotentiaal genoemd. De CAP neemt toe met de geluidsterkte. De



kleinst waarneembare CAP komt in de praktijk zeer goed overeen met het subjectieve toonaudiogram. Bij de ziekte van Menière wordt een verhoogde CAP drempel gevonden en een vergrootte SP. Voor meer uitleg zie: audiologieboek.nl.

BIJDRAGE AAN WTS SYNDROOM

Recent besprak Harald Merkelbach¹² in een column op de wetenschapspagina van het NRC het Windmolensyndroom of Wind Turbine Syndrome (WTS syndrome). Bij WTS wordt gerapporteerd dat mensen o.a. slecht slapen, voortdurend misselijk zijn en zich beroerd voelen. Merkelbach refereert daarbij naar een artikel van Chrichton en Petrie.¹³ Chrichton en Petrie deden onderzoek bij 54 proefpersonen. De ene helft van de proefpersonen keek eerst naar een compilatie van TV interviews waarin de problemen van WTS volledig werden beschreven. De andere helft kreeg een compilatie te zien met van interviews met kritische deskundigen. Daarop werden alle proefpersonen gerandomiseerd blootgesteld aan 10 minuten stilte en 10 minuten infrason geluid en werden verzocht vragenlijsten in te vullen. Het onderzoek liet zien dat de eerste groep vanwege het kortdurende experiment significant meer symptomen van WTS rapporteerden dan de tweede groep.

Een soortgelijk effect wordt ook gerapporteerd door Chapman¹⁴ op basis van een onderzoek onder omwonenden van 51 Australische Windparken. Uit dat onderzoek blijkt dat omwonenden van deze parken sinds 2009 klachten hebben ontwikkeld op basis van zorgen die werden geuit door groepen van mensen die tegen uitbreiding van windparken waren. Chapman concludeert dat deze klachten voornamelijk het gevolg zijn van "gecommuniceerde ziekten" terwijl er op dat moment geen evidence bestond voor directe gezondheidsproblemen veroorzaakt door windturbines.¹⁵ Alleen al het communiceren van mogelijke gezondheidsrisico's zorgt dus vanzelf voor zelf gerapporteerde gezondheidsproblemen.

CONCLUSIE

De biofysische benadering van Oud vindt geen steun in de onderzoeken van Salt. Oud maakt zelf conclusies en refereert zelf naar artikelen die juist geen evidence leveren voor die conclusies. Er is geen enkele wetenschappelijke evidence voor de biofysische benadering dat langdurige overprikkeling van onhoorbaar laagfrequent geluid leidt tot directe schade aan het gehoororgaan met tinnitus en duizelingen als gevolg. Dit wordt door Salt bevestigd.

Het ontbreken van evidence voor de biofysische benadering en de directe gehoorschade neemt echter niet weg dat klachten over laagfrequent geluid serieus genomen moeten worden. Een hinderklacht aanpakken door alleen een technisch goede geluidsmeting uit te voeren en te toetsen aan een LFG-grens levert

lang niet altijd een oplossing. Niessen,⁵ Jonkman en van Duijn beschrijven daarom een pragmatische aanpak die voorkomt dat de klager bevestigd wordt in zijn klacht en ernstige gezondheidsproblemen ontwikkelt met bijkomende psychosociale problematiek.

REFERENTIES

- 1 Evidence: In de medische wereld is Evidence Based Medicine (EBM) tegenwoordig het vaste uitgangspunt voor medisch handelen. EBM levert de evidentie of bewijskracht leveren op basis van peer-reviewed onderzoek. In dit artikel wordt daarom bewust gekozen om uit te gaan van het woord Evidence.
- 2 Oud M., Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid, Tijdschrift geluid, 35(1), maart 2013.
- 3 Sloven P. en Soede W. Een toetsing in de praktijk, meer duidelijkheid door protocol en richtlijn laagfrequent geluid?, Themnummer laagfrequent geluid. Tijdschrift geluid, 22(3), juni 1999.
- 4 M. Oud, Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid, Biofysische benadering, Tijdschrift Geluid, 35(1), maart 2013.
- 5 W. Niessen, A. Jonkman en F. Duijm, Klachten over laagfrequent geluid: een fenomeen met mythische trekken?, Een aanzet voor pragmatisch omgaan met klachten over laagfrequent geluid, Tijdschrift geluid, 34(4), december 2012.
- 6 A.N. Salt, Acute Endolymphatic Hydrops Generated by Exposure to Nontraumatic Low-Frequency Tones, JARO 5 (2004): 203-214.
- 7 C.A. Prosen, Auditory thresholds and kanamycin-induced hearing loss in the guinea pig assessed by a positive reinforcement procedure. JASA 63(2), 1978, 559-566.
- 8 J.H.M. Frijns en R. Schoonhoven, De cochlea: slechthorendheid bezien vanuit moderne fysiologisch inzichten. Tijdschrift voor Geneeskunde 1998, 142:830-6, zie www.audiologieboek.nl paragraaf 4.6.
- 9 R. Schoonhoven, P. Lamoré, J. Eggermont, Elektrische potentialen in de cochlea, zie Audiologieboek, paragraaf 4.4. www.audiologieboek.nl.
- 10 A.N. Salt, J.A. Kaltenbach, Infrasound from Wind Turbines could Affect Humans, Bulletin of Science, Technology and Society 31(4), 296-302, 2011. <http://bst.sagepub.com/content/31/4/296>
- 11 F.P. van den Berg, The sound of high winds: The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise (Ph.D.), 2006. <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/science/2006/>
- 12 H. Merkelbach, Windmolensyndroom, column, NRC wetenschapsbijlage, 20 april 2012.
- 13 F. Chrichton, G. Dodd, G. Schmid, G. Gamble en K.J. Petrie, Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines?. Health Psychology, Maart 2013.
- 14 S. Chapman, A. S. George, K. Waller en V. Cakic, Spatio-temporal differences in the history of health and noise complaints about Australian wind farms: evidence for the psychogenic, "communicated disease" hypothesis. Preprint. <http://hdl.handle.net/2123/8977>
- 15 D. Colby et al, Wind Turbine Sound and Health Effects, an expert panel review, rapport American en Canadian Wind Energy Association, december 2009.