

Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid

Biofysische benadering

Recent onderzoek in de VS verklaart waarom steeds meer mensen lage geluidsfrequenties waarnemen. Ook in Nederland leidt laagfrequent geluid tot problemen.

Door: Dr Mireille Oud

Over de auteur:

Natuurkundige Dr M. Oud (LinkedIn.com/in/MireilleOud) is gepromoveerd in de atoomfysica, heeft enige tijd geneeskunde gestudeerd en houdt zich als wetenschappelijk onderzoeker sinds 1995 bezig met signaalverwerking en patroonherkenning aan biomedische geluiden.

Méér kunnen horen naarmate u ouder wordt in plaats van minder? Dat lijkt een droom, maar voor wie het overkomt, is het een nachtmerrie. Ineens meer lage geluidsfrequenties horen is erg hinderlijk. Zulke frequenties bevatten namelijk geen informatie: in spraak en muziek komen ze niet voor en richtinghoren kunnen we er niet mee. En juist dat laatste, het gebrek aan ruimtelijkheid, maakt ze zo irritant: ze lijken daardoor 'in' het hoofd te zitten. Sommigen horen een zacht gebrom, anderen een gedreun alsof er een vrachtwagen voor de deur staat. Horen ze wel echt geluid? Hoe kan dat? Waarom neemt het aantal mensen dat over laagfrequent geluid klaagt alsnar toe? En, hoe kwantificeren we de omvang van dit maatschappelijke probleem?

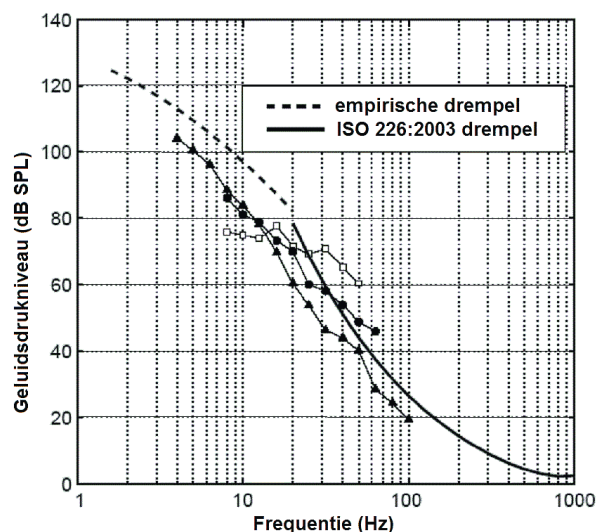
ECHT GEHOORD

Gehinderden kunnen vaak precies aangeven waar ze wel en waar ze niet de hinderlijke lage bromgeluiden horen. De meeste last ervaren ze in besloten ruimten zoals woningen en auto's. Daarbinnen blijken de plekken waar het geluid extra hard klinkt periodiek in de ruimte te zijn. Grote verbazing over je voorspellende gaven is je deel wanneer je de volgende luide plek kunt aanwijzen. Deze verbazing en de locatiespecificiteit vormen al een behoorlijk objectief bewijs dat de gehinderde inderdaad geluid van buitenaf waarneemt. Is hier gewoon sprake van een resonantie-effect? In de woning van zo'n gehinderde heeft een gemeentelijke dienst uitvoerig onderzoek gedaan. Er werd niets gevonden.

Om waarneembaarheid vast te stellen, ging de bovengenoemde gemeentelijke dienst uit van een niet-officiële geluidsdrempel die door TNO samengesteld is uit literatuurgegevens over 55-jarigen.¹ De waarden van deze curve liggen wat hoger dan die van de officiële ISO-curve, die gemeten is bij jonge normaalhorende mensen.² Dat zorgt ervoor dat de dienst hogere geluidsterktes als 'onhoorbaar' beschouwt dan officieel zou moeten.

Biologische parameters hebben veel spreiding en de geneeskunde rekt wereldwijd altijd met twee standaarddeviaties om te bepalen wat 'normaal' is. Dat betekent hier dat bijna 48% van de populatie een drempel heeft tot 10 dB lager dan de drempelcurve (figuur 1).³ De ruim 2% van de normaalhorenden met een nóg lagere drempel heeft pech: zij worden ten onrechte als afwijkend beschouwd.

In ons land wordt vaak een marge van slechts 6½ dB gebruikt, dat is iets meer dan één standaarddeviatie, en die norm laat maar liefst 10% van de populatie 'pech' hebben. Oftewel: 10% van de normaalhorenden is in staat geluiden te horen die amtsshalve als onhoorbaar worden gerapporteerd. De woning van de eerder genoemde gehinderde kwam volgens de 'Hollandse norm' niet boven de drempel. Volgens de ISO 2%-norm zou er wél een hoorbare toon aanwezig zijn die een staande golf kan veroorzaken.



FIGUUR 1: GEHOORDREMPELS EN VOORBEELDAUDIOGRAMMEN VOOR LAGE TONEN (SPL REF. 20 MICRO-PA).³ TOELICHTING IN KADER 2 OP BLADZIJDE 9.

FYSICA TUSSEN DE OREN

Hinderwetgeving gaat uit van gemiddelde mensen en accepteert daarmee dat een klein deel van de mensen hinder ondervindt.

Maar dat kleine deel is tegenwoordig steeds groter: wereldwijd nemen de klachten over laagfrequent geluidsoverlast toe.

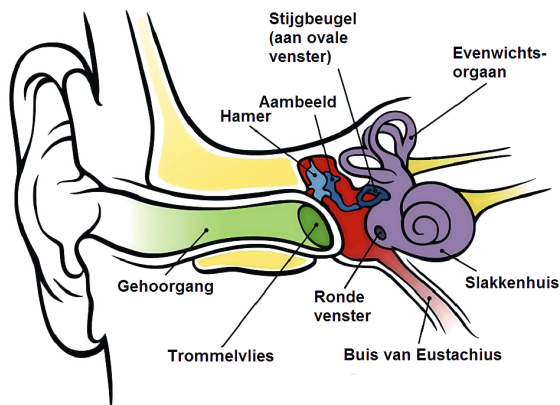
De klachten zijn overal ter wereld soortgelijk, alleen de mate waarin verschilt. Sommige mensen klagen over een zacht gebrom, anderen over denderend lawaai. Er lijkt dus iets aan de hand te zijn.

Een combinatie van groeiend machinaal vermogen en toegenomen geluidsgevoeligheid lijkt de toename van hinderklachten te verklaren. Wat er in de afgelopen decennia gebouwd is voor onze infrastructuur, mobiliteit en industrie, zowel onder de grond als er bovenop, is gigantisch. Het tweede, de toegenomen gevoeligheid, zou natuurlijk psychologisch kunnen zijn, maar blijkt ook biofysisch te kunnen zijn. Dit laat neurobioloog prof. Salt van de Washington University zien in zijn onderzoeken. Langdurige blootstelling aan laagfrequente trillingen, zo betoogt hij, kan ons binnenoer (figuur 2) aantasten.

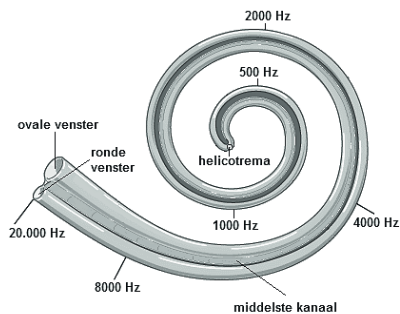
Irritatie van de cochlea (het 'slakkenhuis', figuur 3) door lage tonen kan een deel ervan doen opzwellen. Dat kan duizelingen geven, een klacht die we inderdaad horen bij mensen met hinder van laagfrequent geluid. Om zo'n geluidsgeïnduceerde zwelling in korte tijd na te bootsen, heeft Salt proefdieren blootgesteld aan een toon van 200 Hz bij 115 dB SPL. Al na drie minuten kon hij een begin van zwelling constateren.⁴

Zwelling kan ook zorgen dat het poortje tussen het bovenste en het onderste kanaal van de cochlea nauwer wordt of dicht gaat zitten. Ook dit bootste Salt na, door een propje gel in het poortje te spuiten. De blokkade blijkt grotere drukverschillen in de cochlea te geven, met name voor de laagfrequente drukgolven.

Dit maakt het oor 20 tot 30 dB gevoeliger, vooral voor laagfrequente geluiden.⁵ Zo'n oor ervaart een zachte bromtoon dus als lawaai. Letterlijk.



FIGUUR 2: BUITENOOR (WITTE EN GROENE DEEL), MIDDENOOR (RODE DEEL) EN BINNENOOR (LILA DEEL). TOELICHTING IN KADER 1 OP BLADZIJDE 9.



FIGUUR 3: COCHLEA (SLAKKENHUIS). TOELICHTING IN KADER 1 OP BLADZIJDE 9.

Toch zien meettechnici de gewraakte bromtoon niet altijd terug op hun geluidsmeters. De conclusie van hun opdrachtgevers is

dan vaak dat de toon in het hoofd van de gehinderde ontstaat en 'dus' niet door de buitenwereld veroorzaakt wordt. Is dit juist of onjuist? Het is juist én onjuist.

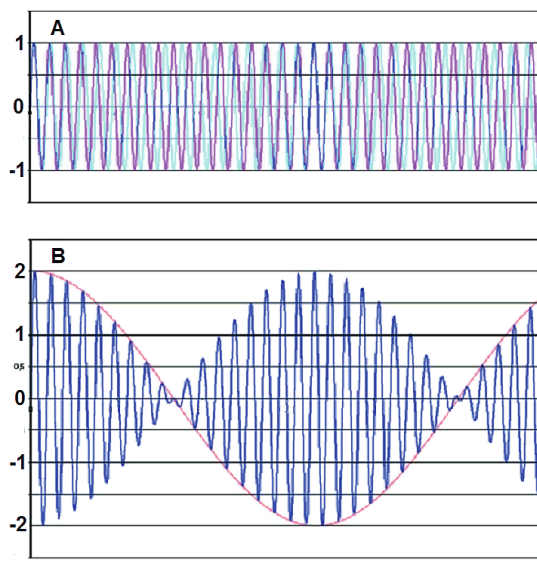
Als er in de buitenwereld twee bijna identieke tonen klinken, dan kan ons oor een derde frequentie horen die niet op het display van de geluidmeter verschijnt: de verschiltoon, een zweeping met een heel lage frequentie (figuur 4). Dit 'spookgeluid' is een bekend fenomeen onder musici, maar wordt in de meetwereld nog wel eens over het hoofd gezien.

Gehinderden kunnen nog een ander soort geluiden waarnemen die evenmin in het gemeten spectrum terug te vinden zijn.

Tinnitus, roepen geluidsdeskundigen dan al gauw, tot ergernis van veel gehinderden. Juist of onjuist? Wederom: beide.

Tinnitus, oorsuizen, kan ook ontstaan door overmatige prikkeling van het oor met laagfrequente trillingen. Bepaalde gehoorzenuwcellen, de *outer hair cells* (de engelse term is ook hier ingeburgerd), gaan dan elektrische signalen naar de hersenen sturen. In een normale situatie functioneren deze cellen alleen als mechanische voorversterkers en genereren ze geen geluidssensatie.⁶

Overmatige stimulatie van de voorversterkerzellen, de *outer hair cells*, kan ook een gevoel van druk op de oren geven. Inderdaad zegt een deel van de gehinderden dat ze laagfrequent geluid niet kunnen horen, maar wel kunnen voelen. Figuur 5 laat zien hoe dat kan: dat gebeurt als het laagfrequente geluid wel de outer maar niet de inner hair cells stimuleert. Dan neemt men wel iets waar, maar men hoort niets.⁶



FIGUUR 4:

A. TWEE ZUIVERE TONEN MET BIJNA GELIJKE FREQUENTIES (BLAUWE EN LILA LIJNEN).
B. INTERFERENTIE VAN DE TWEE TONEN UIT PANEEL A (BLAUWE LIJN), EN ZIJN OMHULLENDE, DE VERSCHILTOON OFWEL ZWEEPING (RODE LIJN).

TOELICHTING IN KADER 3 OP BLADZIJDE 9.

OVER DE DREMPEL

Continue blootstelling aan laagfrequent geluid blijkt dus op den duur schadelijk te kunnen zijn. Laagfrequent geluidshinder zien we momenteel vooral bij mensen van middelbare leeftijd, en dit is de rationale achter het gebruik van de informele gehoordrempelcurve die gebaseerd is op 55-jarigen. De schadelijke invloed van continue blootstelling aan laagfrequent geluid begint echter al op jonge leeftijd, dus nog voordat men bij zichzelf klachten bespeurt. Het is daarom geen goed idee om als waarneembaarheids-criterium een gehoordrempelcurve voor 55-jarigen te hanteren.