



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Meldingen over een bromtoon**

Voorlopige GGD-richtlijn Medische  
Milieukunde

RIVM Rapport 2016-0014

R. Slob et al.





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Meldingen over een bromtoon**

Voorlopige GGD-richtlijn Medische Milieukunde

RIVM Rapport 2016-0014

## Colofon

© RIVM 2016

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

R. Slob (auteur), GGD Rotterdam-Rijnmond  
F. van den Berg (auteur), GGD Amsterdam  
W. Niessen (auteur), GGD Groningen  
A. Jonkman (auteur), GGD Groningen  
G. de Meer (auteur), GGD Fryslân  
S. Lops (auteur), GGD Gelderland-Midden  
I. van Kamp (auteur), RIVM/DMG  
A. Dusseldorp (auteur), RIVM/cGM

Contact:  
Centrum Gezondheid en Milieu (cgm)  
cgm@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Programmacollege Gezondheid en Milieu en is gefinancierd door het ministerie van VWS in het kader van project V/200112 'Ondersteuning GGD' en 'Dit is een uitgave van:

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

### **Meldingen over een bromtoon**

Voorlopige GGD richtlijn Medische Milieukunde

GGD'en en andere organisaties ontvangen regelmatig meldingen van mensen die een bromtoon horen en daar gezondheidsklachten van ondervinden. Ze wijten de bromtoon vaak aan laagfrequent geluid (LFG) in hun omgeving. Dergelijke meldingen zijn complex en in veel gevallen blijkt het moeilijk om tot een goede oplossing te komen. In samenwerking met de GGD'en heeft het RIVM een richtlijn opgesteld om de melders de juiste hulp te kunnen bieden.

#### *Het horen van een bromtoon*

Een bromtoon wordt vaak omschreven als brommen, dreunen of zoemen. Mensen die erdoor gehinderd worden, melden vaak diverse gezondheidsklachten, waaronder slecht slapen en concentratieverlies. Het horen van een bromtoon kan veroorzaakt worden door externe bronnen of een medische oorzaak hebben, zoals oorsuizen.

#### *Laagfrequent geluid (LFG)*

Voorbeelden van bronnen van LFG zijn wasmachines, ventilatoren, verwarmingspompen, discotheken, pompen van zware industrie en (zwaar) weg- en vliegverkeer, maar ook natuurlijke bronnen zoals de wind en de donder. LFG is geluid met een frequentie onder de 100 Hertz. Het heeft een lange golflengte, waardoor het weinig gedempt wordt door de omgeving. LFG kan daardoor op grote afstand (kilometers) te horen zijn. Dit maakt het moeilijk om de precieze geluidsbron te achterhalen.

#### *Voorlopig karakter*

De richtlijn heeft een voorlopig karakter omdat een nieuwe aanpak is voorgesteld voor de wijze waarop de GGD om kan gaan met meldingen van een bromtoon. Daarmee kan worden ingeschat of er al dan niet een externe bron aanwezig is. De komende jaren wordt hiermee ervaring opgedaan. Na de evaluatie zal de richtlijn indien nodig worden aangepast en omgezet in een definitieve richtlijn.

Kernwoorden: bromtoon, laagfrequent geluid, medische milieukunde, meldingen



## Synopsis

### **Complaints on hearing a hum**

Provisional Environmental health guideline for Municipal Public Health Services

Municipal Public Health Services (GGD) and other institutions are regularly contacted by people hearing a hum, and are suffering from health effects. They often link the hum to environmental low frequency noise (LFG). Mostly, it is difficult to resolve these cases in a satisfactory way. In cooperation with the GGD, RIVM developed a guideline to help the sufferers in an adequate way.

#### *Hearing a hum*

People who are annoyed by a hum, also indicated as a rattle or a buzzing noise, regularly suffer from diverse health complaints, like sleep disturbance and concentration loss. Hearing a hum can be caused by external sources, or by a medical cause like tinnitus.

#### *Low Frequency Sound (LFS)*

Examples of LFS sources are washing machines, heat pumps, ventilation systems, discotheques, pumps used in heavy industry, road traffic and airplanes, and natural sources like the wind and the thunder. LFS is sound that is lower in frequency than 100 Hertz. One of the characteristics of LFS is that it can travel relatively long distances (kilometres) without much attenuation (reduction in level). Therefore, it is hard to link the sound to a specific source.

#### *Provisional status*

This guideline is published provisionally, since a new approach for the GGD is proposed to decide if an external source could be present. Experience with this approach will be gained and evaluated systematically in the next years. Based on the results, the guideline will be adapted if necessary and published officially.

Keywords: hum, low frequency noise, environmental medicine, complaints





## Inhoudsopgave

### **1 Probleemomschrijving — 12**

- 1.1 Aanleiding — 12
- 1.2 Doel — 12
- 1.3 Afbakening — 12
- 1.4 Richtlijnen Medische Milieukunde (MMK) — 13
- 1.5 Voorlopige publicatie — 13
- 1.6 Leeswijzer — 13

### **2 Geluid als hoorbaar verschijnsel — 14**

- 2.1 Het gehoororgaan — 14
- 2.2 Waarneming frequentie en toonhoogte — 15
- 2.3 Frequentie, geluidsniveau en luidheid — 16
- 2.4 Correctie voor gevoeligheid menselijk gehoor (wegingen) — 19
- 2.5 Fantoomgeluiden — 20
- 2.6 Waarneming en beoordeling van geluid — 21
- 2.7 Het horen van een bromtoon — 22

### **3 Geluid als fysisch verschijnsel — 24**

- 3.1 Frequentie en geluidsniveau — 24
- 3.2 Eigenschappen van laagfrequent geluid (LFG) — 24
- 3.3 Bronnen van LFG — 25

### **4 Effecten van LFG op de gezondheid — 26**

- 4.1 Huidige kennis over de effecten van LFG — 26
- 4.2 Hinder — 26
  - 4.2.1 Relatie blootstelling LFG in de woonomgeving en hinder — 27
- 4.3 Slaapverstoring — 27
- 4.4 Gevoeligheid (sensitiviteit) — 28
  - 4.4.1 Gevoeligheid van het oor — 28
  - 4.4.2 Gevoeligheid van de persoon en gewenning — 29
- 4.5 Overige effecten — 29

### **5 Advisering door GGD — 32**

- 5.1 Relatie met andere instanties — 32
- 5.2 Behandeling van een melding — 33

### **6 Literatuur — 38**

#### **Websites — 40**

#### **Bijlage 1 Beoordeling meetresultaten / referentiecurves — 42**

#### **Bijlage 2 Opsporen bron van LFG — 44**

#### **Bijlage 3 Vragenlijst om in te vullen tijdens eerste contact — 45**

#### **Bijlage 4. Verschilmeting — 50**

#### **Afkortingen en begrippen — 52**

**Geraadpleegde deskundigen — 54**

**Samenstelling werkgroep — 55**



## Samenvatting

### *Voorlopig karakter van de richtlijn*

Omdat gedurende het opstellen van deze richtlijn een nieuwe aanpak is voorgesteld, wordt deze richtlijn gepubliceerd als voorlopige richtlijn. In de komende jaren wordt ervaring opgedaan met de voorgestelde aanpak. Er worden afspraken gemaakt over een evaluatie. De resultaten zullen worden meegenomen in het traject om daarna de richtlijn definitief vast te stellen. Een externe commentaarronde wordt in dat traject voorzien. In de tussentijd zijn ervaringen of reacties welkom bij [cgm@rivm.nl](mailto:cgm@rivm.nl).

GGD'en en andere organisaties ontvangen regelmatig meldingen van mensen die gezondheidsklachten toeschrijven aan laagfrequent geluid in hun omgeving. Omdat laagfrequent geluid moeilijk te meten is, is het heel lastig om de klacht te verifiëren en de bron te vinden. Daardoor is het ook moeilijk om tot een bevredigende oplossing te komen.

### *Het horen van een bromtoon*

Mensen die gehinderd worden door een bromtoon, omschrijven dit vaak als brommen, dreunen of zoemen. Zij geven ook vaak aan druk op de oren, druk op het hoofd of trillingen in het lichaam te voelen. Zij melden diverse gezondheidsklachten, waaronder slecht slapen en concentratieverlies. Het waarnemen van een bromtoon kan veroorzaakt worden door externe bronnen, of een interne oorzaak hebben (biomedische redenen).

### *Laagfrequent geluid (LFG)*

LFG is geluid met een frequentie onder de 100 Hz. Een jong, gezond mens hoort het beste rond een frequentie van 4000 Hz; bij afnemende frequentie neemt de hoorbaarheid steeds verder af. LFG heeft een lange golflengte, waardoor het weinig gedempt wordt door de omgeving. Het kan daardoor op grote afstand (kilometers) te horen zijn. Daarbij is de richting van de geluidsbron moeilijk te bepalen. Het achterhalen van een bron van LFG slaagt dan ook in veel gevallen niet. Voorbeelden van bronnen van LFG zijn wasmachines, ventilatoren, verwarmingspompen, discotheken, pompen van zware industrie en (zwaar) weg- en vliegverkeer, maar ook natuurlijke bronnen zoals de wind en de donder.

### *Deze richtlijn*

Deze – voorlopige – richtlijn bevat handvaten voor GGD'en om met vragen en klachten (meldingen) over hinder van een bromtoon om te gaan. De richtlijn helpt de medewerker om in te schatten of het waarschijnlijk is dat er een bron van LFG aanwezig is en hoe hier vervolgens mee om te gaan. Tevens biedt de richtlijn handvaten voor de beoordeling van andere mogelijke oorzaken en voor beïnvloeding van de mate waarin men gehinderd wordt.



# 1 Probleemomschrijving

## 1.1 Aanleiding

GGD'en en andere organisaties ontvangen regelmatig meldingen van mensen die gezondheidsklachten hebben en het vermoeden hebben dat deze samenhangen met laagfrequent geluid in hun omgeving (zie Tekstbox 1). Dergelijke meldingen zijn vaak moeilijk te verifiëren en dat maakt het lastig om tot een goede oplossing te komen. Mensen kunnen een hinderlijke geluidbron in hun omgeving hebben maar de hinder kan ook andere oorzaken hebben zoals fantoomgeluid waaronder tinnitus (oorsuizen) (Van de Berg, 2009; Niessen et al, 2012). In 50-80% van de situaties kan geen geluid worden aangetoond dat de klachten kan verklaren (Moorhouse e.a. 2005). De GGD'en hebben aangegeven behoefte te hebben aan een heldere richtlijn hoe om te gaan met dit soort meldingen.

### *Tekstbox 1. Meldingen over laagfrequent geluid*

In de periode 2013-2014 ontvingen de GGD' en 124 klachten die door de melders werden toegeschreven aan laagfrequent geluid (OSIRIS, 2015), in de periode 2011-2012 waren dat 69 meldingen (Dusseldorp e.a. 2013). In 2013 en 2014 kreeg de Vereniging Leefmilieu respectievelijk 200 en 302 meldingen van laagfrequent geluid. Melders rapporteren een scala aan gezondheidsklachten, het meest prominent zijn slecht slapen (82%), stress en concentratieproblemen (ruim de helft) (Van Steen, 2015).

## 1.2 Doel

Het doel van deze voorlopige richtlijn is GGD-medewerkers te voorzien van een hulpmiddel bij de aanpak van meldingen over het horen van een bromtoon. Deze richtlijn voorziet GGD'en van de beschikbare kennis over klachten die toegeschreven worden aan laagfrequent geluid.

Daarnaast geeft de richtlijn handvaten om met vragen en klachten (meldingen) over hinder van een bromtoon om te gaan. De richtlijn helpt de medewerker om in te schatten of het waarschijnlijk is dat er een bron van LFG aanwezig is en hoe hier vervolgens mee om te gaan. Tevens biedt de richtlijn handvaten voor de beoordeling van andere mogelijke oorzaken.

## 1.3 Afbakening

Deze richtlijn gaat in op klachten/meldingen over een bromtoon. De richtlijn biedt de informatie die nodig is voor GGD-medewerkers om adequaat met deze meldingen om te gaan.

Mogelijke (bio)medische oorzaken voor het horen een bromtoon zonder de aanwezigheid van een externe bron, zoals tinnitus, worden wel genoemd maar niet diepgaand behandeld. Ook specifieke akoestische bronnen van LFG worden niet uitgewerkt in deze richtlijn. Deze richtlijn is gericht op GGD'en. Voor de behandeling van LFG-meldingen zijn andere instanties, zoals omgevingsdiensten en audiologen, onmisbaar. Deze partijen worden wel genoemd en mogelijke

samenwerking wordt beschreven, maar hun handelswijze in geval van LFG wordt niet uitgewerkt.

#### **1.4 Richtlijnen Medische Milieukunde (MMK)**

Deze richtlijn is onderdeel van de serie richtlijnen Medische Milieukunde. De richtlijnen zijn niet bindend. Ze zijn bedoeld om het handelen van GGD'en te optimaliseren. Richtlijnen zijn in het merendeel van de gevallen toepasbaar. Natuurlijk bestaat de mogelijkheid om, mits gemotiveerd, van een richtlijn af te wijken. Dit is afhankelijk van de lokale situatie. Professionals van de GGD'en stellen de richtlijnen MMK op. In het proces worden externe deskundigen op het betreffende onderwerp geraadpleegd. De coördinatie ligt bij het RIVM/Centrum Gezondheid en Milieu (cGM).

#### **1.5 Voorlopige publicatie**

Omdat in deze richtlijn een nieuwe aanpak is voorgesteld, wordt deze richtlijn gepubliceerd als voorlopige richtlijn. In de komende jaren wordt ervaring opgedaan met de voorgestelde aanpak en vindt een evaluatie plaats. De resultaten van de evaluatie zullen worden meegenomen in het traject om de richtlijn definitief vast te stellen. Een externe commentaarronde wordt in dat traject voorzien. In de tussentijd zijn ervaringen en reacties welkom bij [cgm@rivm.nl](mailto:cgm@rivm.nl).

#### **1.6 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 geeft informatie over geluid als hoorbaar verschijnsel. Er wordt ingegaan op het gehoororgaan en het waarnemen van geluid. In hoofdstuk 3 wordt (laagfrequent)geluid als fysisch verschijnsel behandeld. Akoestische begrippen worden kort behandeld en er wordt dieper ingegaan op LFG (bronnen, voorkomen van en effecten op de gezondheid). In hoofdstuk 4 komen de wetenschappelijke onderzoeken naar blootstelling aan LFG en de effecten op de gezondheid aan bod. Tenslotte beschrijft hoofdstuk 5 een stappenplan voor de GGD voor het behandelen van klachten/meldingen over een bromtoon.

Als in dit rapport wordt gesproken over LFG dan wordt het fysische verschijnsel (het optreden van laagfrequent geluid) bedoeld. Indien de term 'horen van' wordt gebruikt, wordt gesproken over meldingen (van het horen van een bromtoon), waarbij de aanwezigheid van een fysisch verschijnsel (een externe bron) niet noodzakelijk is.

## 2 Geluid als hoorbaar verschijnsel

Voor geluid bestaan twee verschillende omschrijvingen:

1. Geluid is wat men subjectief hoort (menselijke waarneming).
2. Geluid is wat men objectief meet (fysische verschijnsel).

Deze omschrijvingen vallen niet altijd samen. Zo kan het zijn dat een persoon wel een geluid hoort, maar dat dit geluid fysisch niet aanwezig is. Bijvoorbeeld tinnitus (oorsuizen) is wel een subjectief waargenomen geluid in de hersenen, maar (meestal) geen fysisch verschijnsel. Anderzijds kan een geluid geregistreerd worden met een microfoon, maar onhoorbaar zijn voor een mens omdat het geluid onder de gehoordrempel ligt. In dit hoofdstuk behandelen we geluid als waarneming en in hoofdstuk 3 wordt ingegaan op geluid als fysisch verschijnsel.

### 2.1 Het gehoororgaan

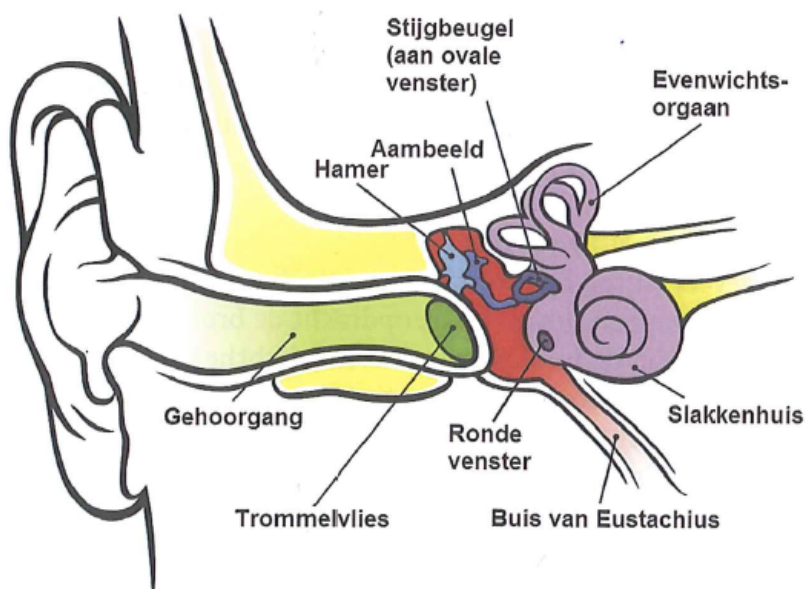
Het gehoororgaan bestaat uit drie onderdelen (zie Figuur 1):

- het *uitwendige oor*, bestaande uit de oorschelp en de gehoorgang. Dit deel, dat in de volksmond 'het oor' wordt genoemd, dient om het geluid op te vangen en naar het trommelvees toe te geleiden, zodat het gaat trillen. Het trommelvees vormt de scheiding tussen het uitwendige en inwendige oor.
- het *middenoor* met de drie gehoorbeentjes: hamer, aambeeld en stijgbeugel. De belangrijkste functie van het middenoor is versterking en overdracht van de trilling van het trommelvees naar het ovale venster dat de toegang tot het binnenoor vormt.
- het *binnenoor* bestaande uit het slakkenhuis met daaraan vast de gehoorzenuw die samen met de evenwichtszenuw naar de hersenstam voert. In het slakkenhuis bevindt zich het basilair membraan met daarop het orgaan van Corti: het bestaat onder andere uit ongeveer 20.000 haarcellen. Deze haarcellen zorgen ervoor dat de trillingen van de vloeistof worden omgezet in elektrische signalen die leiden tot activiteit in de gehoorzenuw.

Het middenoor en het binnenoor worden samen ook wel het *inwendige oor* genoemd.

De gehoorzenuw geleidt de elektrische signalen naar de hersenen. Daar kunnen ze leiden tot een bewuste waarneming van geluid. Geluid leidt dan eventueel tot het verstaan van spraak, of tot een emotionele reactie (bijvoorbeeld in het geval van muziek). Geluid kan bijvoorbeeld leiden tot een schrikreactie. Zo heeft geluid een rol bij de communicatie en dient ook als waarschuwingssignaal in geval van gevaar.



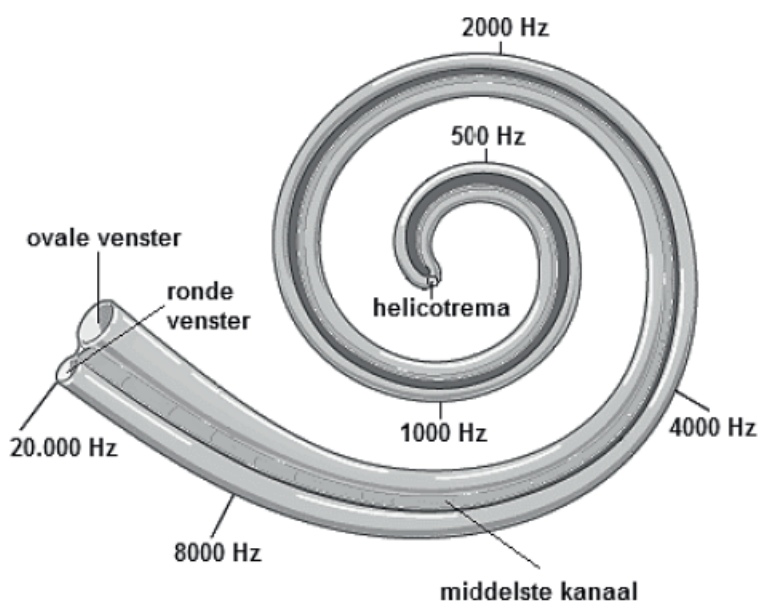


Figuur 1. Het gehoor (bron: Oud, 2013).

## 2.2 Waarneming frequentie en toonhoogte

Het basilair membraan deelt over bijna de gehele lengte het slakkenhuis doormidden en is ingebed in vloeistof. Als het ovale venster door de stijgbeugel in trilling wordt gebracht, ontstaat er een golf in de vloeistof en het basilair membraan. De frequentie van de trilling (zie paragraaf 3.1) bepaalt welk deel van het membraan in beweging komt: hoge frequenties dicht bij het ovale venster, lage frequenties aan het andere einde of aan de top van het slakkenhuis (zie Figuur 2). De beweging van het basilair membraan wordt geregistreerd door de haarcellen in het orgaan van Corti. Uiteindelijk zorgt dit voor het onderscheid tussen geluidsfrequenties: haarcellen vooraan in het slakkenhuis geven hoge tonen door aan de zenuwen, achteraan worden lage tonen doorgegeven. Een hoge toon, bijvoorbeeld 4000 Hz (4000 trillingen per seconde), klinkt scherp. Een lage toon, bijvoorbeeld 200 Hz (200 trillingen per seconde), klinkt brommend.

Het normale bereik van het menselijk gehoor ligt in het frequentiegebied tussen 20 en 20.000 Hz. Vanaf de leeftijd van 20 jaar neemt de gevoeligheid voor de frequenties boven 10.000 Hz af. Vanaf 65 jaar neemt ook de gevoeligheid boven 4.000 Hz af. Ook kan het gehoor minder worden door ziekte of door langdurige blootstelling aan lawaai.



*Figuur 2. Plaats in het slakkenhuis waar frequenties aan de zenuwen worden doorgegeven (bron: Oud, 2013).*

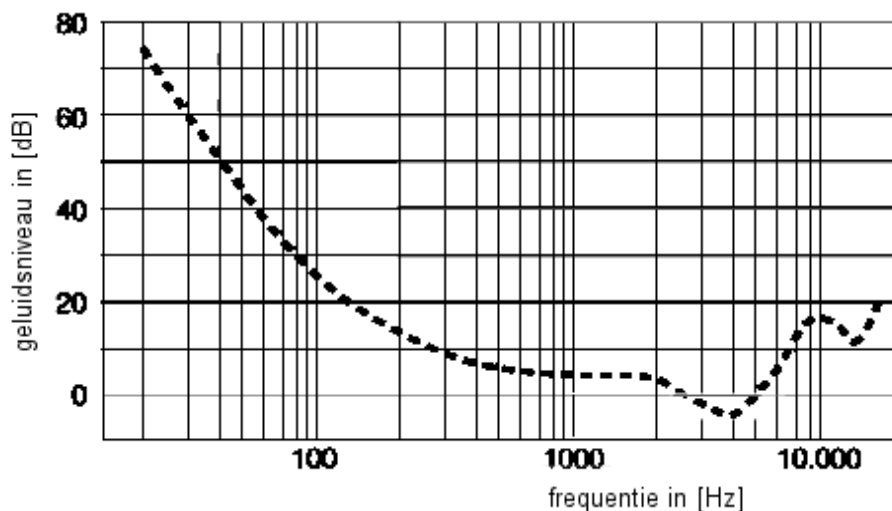
Een geluid dat slechts één frequentie heeft, wordt een zuivere toon genoemd. Bij een zuivere toon is er één plek van het basilaire membraan die het meest beweegt. Dit komt in het dagelijks leven echter zelden voor. Alle geluiden bestaan uit een samenstelling van een groot aantal tonen/frequenties: een geluidsspectrum.

### 2.3 Frequentie, geluidsniveau en luidheid

Geluid tussen 100 en 10.000 Hz wordt in deze richtlijn aangeduid als 'gewoon' geluid. Laagfrequent geluid (LFG) heeft componenten in het laagst hoorbare frequentiegebied. Deze richtlijn houdt de in Nederland gangbare frequentierange aan voor LFG: frequenties onder de 100 Hz<sup>1</sup>. Geluid met frequenties lager dan 20 Hz wordt infrageluid genoemd.

De gehoordrempel ligt voor geluiden met een lage frequentie hoger dan voor 'gewoon' geluid, kortom het geluid moet harder zijn voordat mensen het kunnen horen. De gehoordrempel is het zachtste geluid dat een persoon nog net kan waarnemen. Een jong, gezond mens hoort het beste rond een frequentie van 4000 Hz (zie Figuur 3).

<sup>1</sup> In verschillende landen worden verschillende ranges wat betreft de frequentie van LFG gebruikt. Bijvoorbeeld Denemarken: < 160 Hz, Japan: < 80 Hz, Polen: < 250 Hz, Nederland: < 100 Hz.



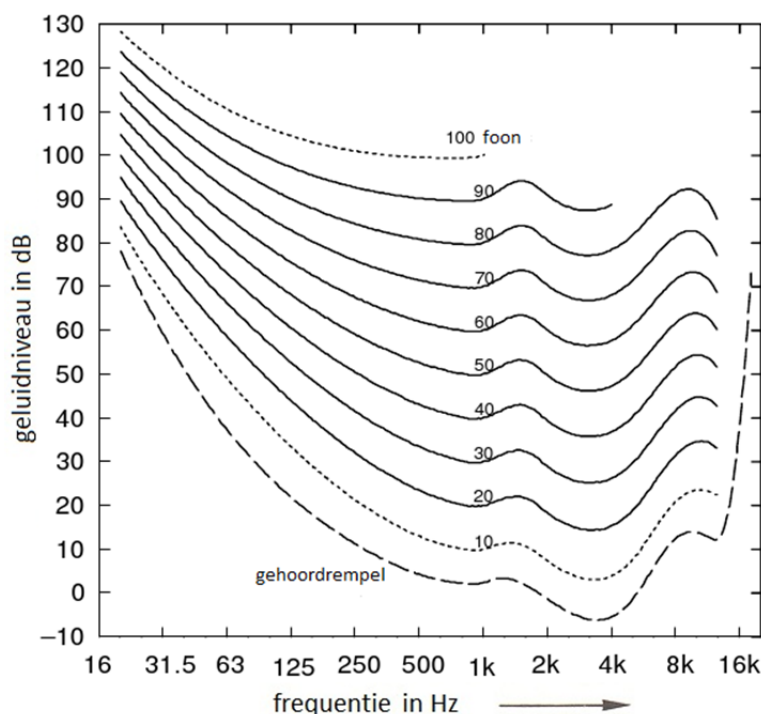
*Figuur 3. De gemiddelde gehoordrempel van jonge, gezonde mensen (ISO 226: 2003, geluidsniveau in dB SPL).*

#### *Geluidsniveau*

Het geluidsniveau, de meetbare 'sterkte' van een geluid, wordt uitgedrukt in decibel (dB). De decibel is een logaritmische maat. Dit betekent dat het aantal decibels afkomstig van verschillende bronnen niet zomaar opgeteld kan worden. Het geluid van twee even sterke onafhankelijke bronnen geeft een verhoging van het geluidsniveau met 3 dB (3 dB meer dan het geluidsniveau van één bron), maar wordt als een geringe verhoging in luidheid ervaren (denk bijvoorbeeld aan twee luidsprekers in plaats van één). Voorbeelden voor het optellen van geluiden worden gegeven in Tekstbox 2.

#### *Luidheid*

Er wordt onderscheid gemaakt tussen het geluidsniveau (zie boven) en de luidheid van een geluid. De luidheid is een maat die aangeeft hoe luid een individu een bepaald geluid waarneemt (perceptieve maat). De luidheid wordt uitgedrukt in foon. De gevoeligheid van het gehoor is sterk afhankelijk van de frequentie. In figuur 4 zijn isofonen weergegeven: op elke lijn (isofoon) is het ervaren geluidsniveau, de luidheid, hetzelfde. Bij de referentiefrequentie van 1 kHz (1000 Hertz) is het luidheidsniveau in foon gelijk aan het geluidsniveau in dB, dat wil zeggen dat 10 foon bij die frequentie overeenkomt met 10 dB. Bij lage frequenties is het gehoor het minst gevoelig. Bij een frequentie van bijvoorbeeld 63 Hz komt 10 foon ongeveer overeen met 50 dB (zie Figuur 4).



Figuur 4. Isofones (lijnen van gelijk luidheidsniveau). ISO 226:2003.

Lage frequenties kunnen dus pas worden waargenomen bij sterkere geluidsniveaus (in dB) dan hoge frequenties. Een toename van het geluidsniveau met 10dB wordt meestal door een mens ervaren als 'twee maal zo hard'. Bij zeer lage geluidsfrequenties liggen de isofonen dicht bij elkaar en neemt de luidheid van een toon sneller toe: bij 20 Hz horen we bij een toename van 5 dB al een verdubbeling van de luidheid (zie Tekstbox 2 voor voorbeelden).

*Tekstbox 2. Enkele voorbeelden van het optellen van dB en waarneming (luidheid)*

**Gewoon geluid**

100dB naar 110dB: klinkt twee keer zo luid  
40 dB naar 50 dB: klinkt twee keer zo luid

**Geluid met zeer lage frequenties, bijv. 20 Hz**

100dB naar 105 dB: klinkt twee keer zo luid  
40 dB naar 45 dB: klinkt twee keer zo luid

**Optellen van onafhankelijke bronnen (alle frequenties)**

Bron A 10 dB en bron B 10 dB: klinkt als 13 dB  
Bron A 80 dB en bron B 80 dB: klinkt als 83 dB

De isofonen in Figuur 4 zijn een gemiddelde voor jonge volwassenen zonder gehoorproblemen. Bij oudere mensen neemt de gehoordrempel toe, iets meer bij mannen dan bij vrouwen, en bij hogere frequenties. Ouderdomsslechthorendheid wordt ook wel presbycusis genoemd. De pijngrens ligt bij ongeveer 120 foon. Bij hyperacusis ('teveel'horendheid, zie Tekstbox 3) ligt deze grens lager en kunnen matig harde geluiden al als pijnlijk worden ervaren. In beide gevallen, bij een hogere gehoordrempel of een lagere pijndrempel, neemt de

luidheid van geluiden sneller toe met het geluidsniveau dan bij normaalhorende mensen<sup>2</sup>.

*Tekstbox 3. Hyperacusis*

**Hyperacusis**

Hyperacusis is een abnormale gevoeligheid voor bepaalde externe geluiden. Het is een symptoom, geen ziekte. Mensen zonder hyperacusis kunnen bepaalde (luide) geluiden hinderlijk vinden. Mensen met hyperacusis ervaren veel meer en veel zwakkere geluiden als te sterk, onaangenaam of zelfs pijnlijk omdat hun tolerantie voor geluid is afgenomen. Hun gehoor werkt in de meeste gevallen normaal, maar blijkbaar worden geluidsimpulsen te sterk verwerkt door de hersenen. Daardoor worden alle of sommige geluiden vaak als (te) luid waargenomen. Deze mensen kunnen heel gewone geluiden vaak niet verdragen. Denk hierbij aan een ritselende krant, een lopende kraan, het doorspoelen van het toilet, het bakken en braden van gerechten, het doen van de afwas.

Hyperacusis komt voor bij alle leeftijden, is meestal chronisch en gaat vaak gepaard met *tinnitus* (oorsuizen) en gehoorverlies.

(Bron: <http://www.stichtinghoormij.nl>)

De ervaring leert dat mensen die gevoelig zijn voor LFG, soms ook hyperacusis hebben.

## 2.4 Correctie voor gevoeligheid menselijk gehoor (wegingen)

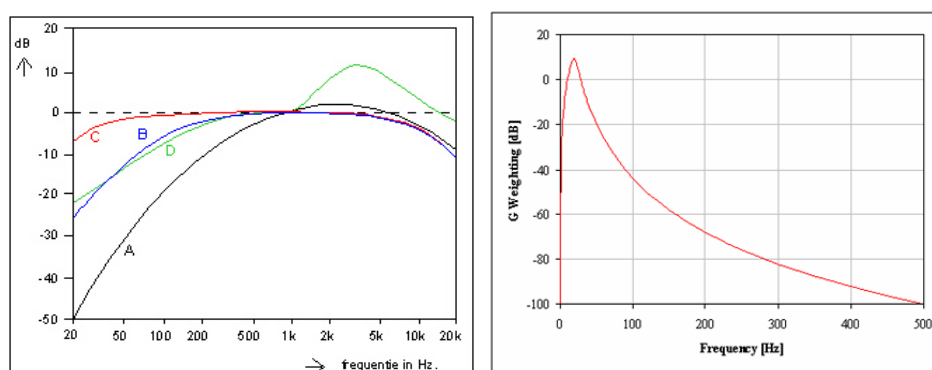
Het menselijk oor is dus niet voor alle frequenties even gevoelig. Om het geluidsniveau uit te drukken op een schaal die overeenkomt met de manier waarop wij geluid waarnemen, moeten we de meting corrigeren voor de gevoeligheid van ons oor. Dit wordt gedaan met de A-weging. Wanneer geluidsniveaus met gebruikmaking van een zogenaamd A-filter gemeten zijn, wordt als eenheid dB(A) gebruikt. Het A-filter sluit zo goed mogelijk aan bij de 40 foon isofoon en is geschikt voor niveaus onder de 55 dB. De A-weging wordt het meest gebruikt bij het bepalen en controleren van geluidsnormen. Naast de A-weging bestaan nog andere wegingen die bedoeld zijn voor specifieke toepassingen. Figuur 5 geeft een overzicht van de verschillende wegingscurves.

- De C-weging is gebaseerd op de 100 foon curve en is bedoeld voor harde geluiden waarbij isofonen veel vlakker lopen (zie Figuur 5). Deze weging neemt het laagfrequente spectrum tot aan 20 Hz sterker dan de A-weging mee in de totaalbeoordeling.
- De B-weging is gebaseerd op de 70 foon curve en houdt het midden tussen C- en A-weging. Deze weging wordt zeer zelden toegepast.
- De D-weging lijkt veel op B-weging, maar geeft extra gewicht aan de frequenties boven de 1000 Hz. Deze weegmethode was oorspronkelijk vooral bedoeld voor geluid van vliegverkeer.
- De G-weging is ontworpen om de hoorbaarheid van infrageluid te karakteriseren. Infrageluid is waarneembaar, maar alleen bij

<sup>2</sup> Het hoorbare gebied (of het gebied zonder pijn) wordt kleiner. De isofonen verdelen zich over een kleiner gebied en komen dus dichterbij elkaar te liggen.

zeer hoge geluidsniveaus. In de andere wegingscurven wordt infrageluid daarom nauwelijks meegewogen. De G-wegingscurve geeft het meeste gewicht aan een frequentie van 20 Hz. Beneden de 20 Hz volgt de curve een hypothetische lijn voor de waarneembaarheid van infrageluid. Boven de 20 Hz daalt de curve sterk, zodat hogerfrequent geluid (vrijwel) geen invloed heeft (Leventhall 2003). De gehoordrempel is ongeveer 95 dB(G).

In het kader van de beoordeling van laagfrequent geluid wordt het verschil tussen A- en C-gewogen geluid ook gebruikt als maat van het laagfrequente aandeel binnen een geluidsspectrum (Holmberg, Landström et al. 1997).



Figuur 5. De verschillende wegingen bij geluidmetingen (Links: A-, B-, C- en D-weging; rechts G-weging)

## 2.5 Fantoomgeluiden

De gewaarwording van geluid zonder een externe prikkel (geluidsbron) wordt fantoomgeluid of schijngeluid genoemd. Dit ontstaat doordat het gehoororgaan of de zenuwbanen - zonder dat er geluiden zijn - signalen doorgeven die in de hersenen de betekenis 'geluid' krijgen. Tinnitus is hier een voorbeeld van (zie Tekstbox 4). De meeste mensen blijken in absolute stilte (geen hoorbaar geluid aanwezig) toch geluiden te horen en dat lijkt toe te nemen als de aandacht op geluid wordt gevestigd (Van den Berg, 2009). Volgens Moller (2007) horen de meeste ouderen tinnitusgeluiden in een stille omgeving, maar voelen slechts enkelen zich daardoor verstoord. Fantoomgeluiden zijn een neurologisch verschijnsel, en hebben dus geen psychische oorzaak.

*Tekstbox 4. Tinnitus***Tinnitus**

Iemand met tinnitus of oorsuizen hoort geluiden die worden beschreven als fluiten, suizen, piepen, brommen en zoemen. Deze geluiden kunnen worden waargenomen van zacht tot hard, van hoog tot laag, van continu tot af en toe. Ze kunnen hoorbaar zijn in één oor of in beide oren. Tinnitus treedt op bij ruim 10% van de bevolking en kan het gevolg zijn van veroudering van het gehoor of een symptoom zijn voor een onderliggend medisch probleem zoals de ziekte van Menière (combinatie van aanvallen van draaiduizeligheid en oorsuizen) en kan ook voorkomen als bijwerking van verschillende medicijnen. Een tot twee procent van de bevolking heeft zodanig last van tinnitus dat het dagelijkse leven verstoord wordt (Bron: [www.audiologieboek.nl](http://www.audiologieboek.nl), paragraaf 7.2.4 (2), revisie 2011).

Tinnitus gaat vaak samen met een zekere mate van gehoorverlies. Veel mensen met tinnitus zijn zich daarvan niet bewust. Mensen met slechthorendheid kunnen oorsuizen juist eerder waarnemen omdat ze door hun gehoorverlies minder externe geluiden waarnemen. Overigens kan tinnitus ook voorkomen zonder dat er sprake is van gehoorverlies. De oorzaak ligt dan mogelijk niet in het binnenoor, maar in de gehoorzenuw, hersenstam of in de hersenen.

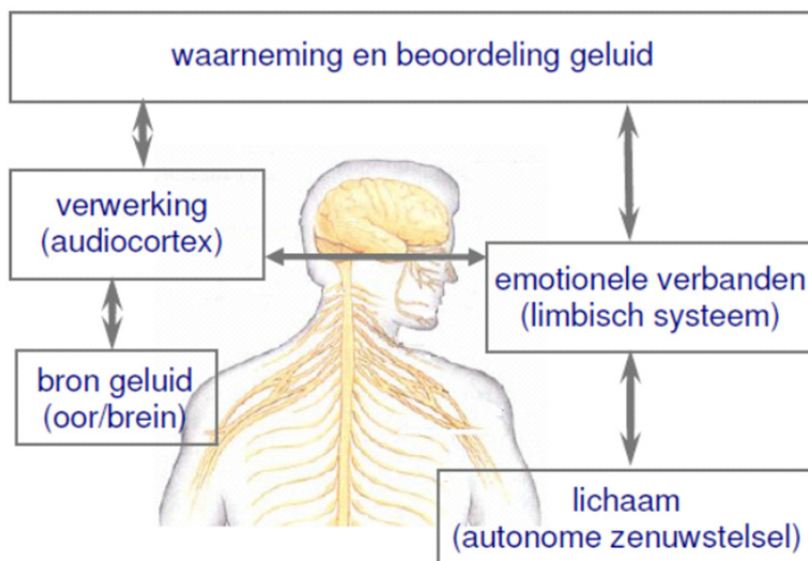
Soms kan tinnitus een reëel geluid betreffen ('objectieve tinnitus') dat zich in het lichaam bevindt, bijvoorbeeld het ruisen van bloed of spontane otoakoestische emissie (een verschijnsel waarbij het oor zelf geluid voortbrengt).

## **2.6 Waarneming en beoordeling van geluid**

Men neemt een geluidsprikkel niet altijd bewust waar. De hersenen filteren auditieve signalen. Alle geluidsindrukken worden vergeleken met eerdere ervaringen en informatie. Als dit een emotionele betekenis heeft (zoals dreiging of gevaar, een baby, bekende stemmen of muziek) zorgt het limbisch systeem (onderdeel van de grote hersenen) voor bewustwording van dat geluid en mogelijk ook voor het oproepen van directe lichamelijke reacties (zoals vluchten, zweten, wakker worden). Een geluid dat niet van belang is, wordt (in de prefrontale cortex) nauwelijks bewust waargenomen, zelfs niet als het luid is. Wanneer echter een geluid waargenomen wordt dat een gevoel van irritatie of angst opwekt, dan wordt dat geluid sterker en bewuster waargenomen. In Figuur 6 is dit schematisch weergegeven.

Uit de figuur blijkt dat er vaak tweerichtingsverkeer is: een vervelend geluid zorgt voor zowel bewuste waarneming als emotionele associaties, en die waarneming en associaties kunnen de detectie van het geluid weer versterken: men focust dan op het geluid en hoort het ook als het heel zacht is. De wisselwerking tussen de verschillende hersengebieden (audiocortex, prefrontale cortex en limbisch systeem) kunnen voor een sterke negatieve beleving zorgen. Bij tinnitus is vastgesteld dat het verschil tussen mensen die veel of weinig last ervan hebben niet zozeer ligt in de tinnitus zelf, maar vooral in de beleving ervan. Mensen die er veel last van hebben, vinden het geluid bedreigend of indringend, terwijl mensen die er weinig last van hebben het geluid niet van belang vinden (Hazell, 2002). Dit kan ook het geval zijn bij klachten over een

bromtoon. Vaak is niet te bepalen waar deze vandaan komt en welke betekenis dit geluid voor de mens heeft. Daardoor kan de irritatie en/of angst steeds groter worden. Zolang er vooral negatieve gevoelens bestaan, zal ook de klacht blijven bestaan of zelfs toenemen. Als dit geluid niet meer wordt ervaren als irritant, gevaarlijk of bedreigend, wordt het minder waargenomen.



Figuur 6. Model van de verwerking van geluid, gebaseerd op het model van Jastreboff (Hazell, 2002).

## 2.7 Het horen van een bromtoon

Mensen die gehinderd worden door een bromtoon, omschrijven dit geluid vaak als brommen, dreunen of zoemen. Zij geven ook vaak aan druk op de oren, druk op het hoofd of trillingen in het lichaam te voelen. Volgens de huidige inzichten is het gehoor overigens het meest gevoelige orgaan voor (laagfrequent) geluid (met andere woorden: mensen horen het eerder dan dat ze het voelen).

Onderzoek heeft aangetoond dat mensen die last hebben van het horen van een bromtoon, meestal van middelbare leeftijd zijn (85% is 40 jaar of ouder), vaker vrouw zijn (70%), een voor hun leeftijd gemiddeld gehoor hebben, van stilte houden en vaak gevoelig zijn voor geluid (Gielkens-Sijstermans, 1998; Leventhall, 2003). Klachten treden vooral op tijdens periodes met weinig achtergrondgeluid, zoals 's nachts. Maskering door andere geluiden is dan minder, bovendien hebben mensen 's nachts meer behoefte aan rust en stilte. Ook ontbreekt 's nachts afleiding door andere activiteiten.





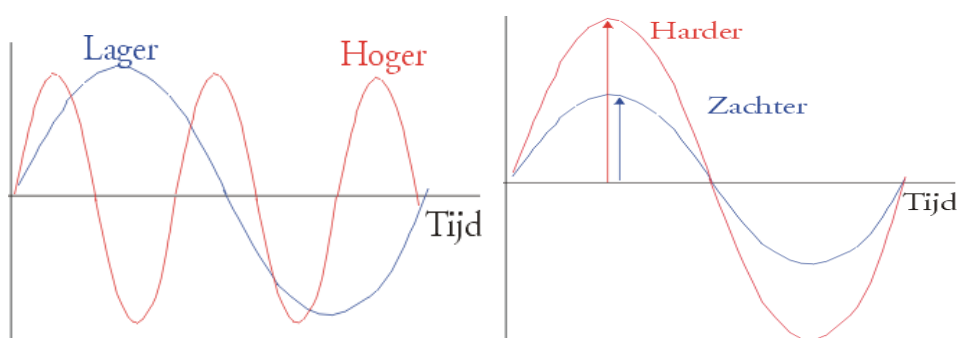
### 3 Geluid als fysisch verschijnsel

In dit hoofdstuk wordt eerst kort ingegaan op de grondbeginselen van geluid. Vervolgens wordt ingezoomd op LFG.

#### 3.1 Frequentie en geluidsniveau

Geluid is een zich voortplantende trillende beweging (drukschommeling), meestal door de lucht, die door het gehoor waargenomen kan worden. Deze geluidstrillingen of -golven bezitten een bepaalde frequentie (aantal trillingen/drukschommelingen per seconde). De frequentie, uitgedrukt in Hz, bepaalt de toonhoogte (zie paragraaf 2.2): hoe hoger de frequentie, des te hoger de toon. De golflengte heeft een directe relatie met de frequentie: hoe lager de frequentie, hoe groter de golflengte en andersom. Deze paragraaf richt zich voor de duidelijkheid op geluid met één frequentie (zuivere tonen).

Het geluids(druk)niveau (L) of -volume wordt uitgedrukt in deciBel (dB) (zie paragraaf 2.3). Het geluidsdrukkniveau wordt bepaald door de amplitude van de trilling (maximale geluidsdruk), zie Figuur 7.



Figuur 7. Laag- en hoogfrequent geluid (linker figuur) en hard en zacht geluid (rechter figuur).

#### 3.2 Eigenschappen van laagfrequent geluid (LFG)

In deze richtlijn wordt LFG gedefinieerd als geluid met frequenties lager dan 100 Hz<sup>3</sup>. Geluid met een frequentie onder de 20 Hz wordt ook wel infrageluid genoemd.

Laagfrequent geluid heeft een lange golflengte (een geluid van 20 Hz heeft een golflengte van circa 15 m, bij 100 Hz is de golflengte circa 3 m). Van geluid met een lange golflengte is bekend dat het relatief weinig wordt geabsorbeerd of gedempt door gevels en bij voortplanting door de atmosfeer. Hoe langer de golflengte, hoe geringer de absorptie. Omdat het geluid met een lange golflengte ook door de bodem niet of nauwelijks wordt geabsorbeerd, kan dit geluid grote afstanden overbruggen en kan een bron op grote afstand (bij extreem lange

<sup>3</sup> In verschillende landen worden verschillende ranges wat betreft de frequentie van LFG gebruikt. Bijvoorbeeld Denemarken: < 160 Hz, Japan: < 80 Hz, Polen: < 250 Hz, Nederland: < 100 /120 Hz.

golflengte als bij LFG zelfs tot enkele kilometers) hoorbaar zijn en eventueel hinder veroorzaken. Het is moeilijk om een woning of gebouw te isoleren tegen LFG; ook geluidsschermen langs autosnelwegen helpen nauwelijks tegen de laagfrequente geluidcomponent.

Door de grote golflengte van LFG kunnen binnenshuis zogenoemde staande geluidsgolven optreden; criterium daarvoor is dat tenminste een halve tot enkele golflengten<sup>4</sup> binnen de afmetingen van een kamer passen. Hierdoor kan het geluid op sommige plaatsen binnenshuis worden versterkt en op andere plaatsen juist verzwakt. LFG leidt soms tot trillingen van voorwerpen (rammelen of *rattle*), zoals ruiten of glazen en bekertjes.

### 3.3 Bronnen van LFG

Er zijn diverse externe bronnen van LFG bekend, zowel in de natuur als veroorzaakt door menselijk handelen. Bronnen in de natuur zijn onder andere donder, aardbevingen, wind, watervallen en verzakkingen ten gevolge van delfstofwinningen. In het algemeen leiden deze niet tot klachten.

Bronnen, veroorzaakt door menselijk handelen, zijn zowel binnenshuis als buitenshuis te vinden:

- *binnenshuis*: onder andere wasmachines, koelkasten, verwarmingspompen, ventilatoren, liftmotoren, koelcompressoren, (koel)installaties voor zendmasten, elektrische voedingen in apparaten enzovoorts. Ook de meterkast van het elektriciteitsnet en muziek (bassens) kunnen LFG veroorzaken.
- *buitenshuis*: onder andere verbrandingsmotoren (zoals dieselmotoren van zwaar vrachtverkeer, motoren van boten en vliegtuigen), verbrandingsprocessen, transformatoren, compressoren, koelinstallaties en klimaatbeheersingsapparatuur. Ook discotheken (bassens) en heil- en graafwerkzaamheden kunnen LFG veroorzaken.

<sup>4</sup> De halve golflengte moet een geheel aantal keer passen in de lengte (dus tussen 2 paar evenwijdige wanden, dus geldt ook voor breedte en hoogte).

## 4 Effecten van LFG op de gezondheid

De effecten op de gezondheid, beschreven in dit hoofdstuk, zijn de resultaten van in de eerste plaats wetenschappelijke publicaties, die door Baliatsas et al. (2016, in druk) zijn samengebracht in een systematische review en meta-analyse naar de effecten van LFG in de leefomgeving. Ook worden in dit hoofdstuk de resultaten beschreven uit publicaties die niet voldeden aan de criteria voor opname in de systematische review/meta-analyse (zoals het in kaart hebben gebracht van de blootstelling, zie Tekstbox 5). Hiervoor is gekozen omdat een deel van deze literatuur een belangrijke rol speelt in de maatschappelijke discussie rondom laagfrequent geluid.

### 4.1 Huidige kennis over de effecten van LFG

In 2013 heeft het RIVM op verzoek van de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu een factsheet over laagfrequent geluid opgesteld (Rijksoverheid, 2013). Deze bevat een korte schets van de actuele kennis en literatuur over LFG en het effect daarvan op de gezondheid. Het gaat daarbij om studies die voldeden aan een aantal criteria (zie Tekstbox 5). In de factsheet werd geconcludeerd dat er wetenschappelijke consensus is over effecten van LFG op hinder en slaapverstoring. Een in 2015 uitgevoerde review en meta-analyse (Baliatsas et al, 2016, in druk) bevestigt deze conclusies. Voor andere effecten of aandoeningen die met LFG in verband worden gebracht, zoals duizeligheid, evenwichtsverlies en zogeheten vibro-akoestische aandoeningen (zie paragraaf 4.5), is er geen consensus dat LFG deze effecten in de woonomgeving kan veroorzaken.

*Tekstbox 5. Criteria voor de meta-analyse (Baliatsas et al., 2016, in druk)*

Om de effecten van laagfrequent geluid te kunnen kwantificeren voor de algemene bevolking, zijn studies geselecteerd die aan een aantal criteria voldeden:

- Er is een maat voor blootstelling aan LFG beschreven. Werkgerelateerde blootstellingen zijn niet meegenomen;
- Er zijn gezondheidsindicatoren bepaald, zelfgerapporteerd of objectief vastgesteld;
- Er zijn groepen deelnemers geselecteerd van 15 jaar of ouder; mensen die zelf aangeven gevoelig te zijn voor geluid (sensitieven) kunnen deel uitmaken van de studies;
- De studie bevat originele data, kijkt naar een dosis-respons relatie en is peer-reviewed. Laboratorium studies en case studies zijn niet meegenomen.

### 4.2 Hinder

Ongewenste geluiden kunnen leiden tot hinder. De mate van hinder hangt, naast het waarnemen van het geluid zelf, onder meer af van de houding ten opzichte van het geluid en de veroorzaker van het geluid, de geluidgevoeligheid van de persoon, angst en de mate waarin een persoon controle over of invloed op de geluidsbron denkt te hebben. Het effect van de blootstelling aan omgevingsgeluid – afkomstig van transport, industrie, bouw en sloopwerkzaamheden et cetera – op het

percentage ernstige hinder is goed gedocumenteerd (Miedema et al., 2001; van Kamp et al., 2004; Dusseldorp et al., 2012; Frei et al., 2014). Ook wordt het waarnemen van lage tonen door sommigen als zeer hinderlijk ervaren. Maar onderzoek naar het effect van laagfrequent geluid op hinder en gezondheid is schaars. Eerder onderzoek in Zweden heeft aangetoond dat 35% van de klachten bij de lokale overheden over geluid, laagfrequent geluid betrof (Persson-Waye and Bengtssons, 2003). Hinder is vaak de eerste reactie op dit type van geluid en kan samengaan met secundaire effecten als hoofdpijn, concentratieproblemen en slaapklachten (Moller & Lydolf, 2003; Leventhall et al., 2009). Een recent uitgevoerde systematische review (Baliatsas et al., 2016, in druk) bestudeerde 2014 verwijzingen op het gebied van LFG, waarvan zeven artikelen voldeden aan de selectiecriteria. Belangrijke bronnen betroffen ventilatiesystemen, wegverkeer en burengeluid, wind turbines en vliegtuigen.

Op grond van de review wordt geconcludeerd dat er een consistent verband bestaat tussen de blootstelling aan laagfrequent geluid en ernstige hinder. Dit komt overeen met de resultaten van experimenteel onderzoek (Leventhall, 2009). Schattingen van het voorkomen van ernstige hinder onder mensen die wonen in de buurt van een bron van LFG (dus niet onder de algemene populatie) variëren van 2-34% met een gemiddelde van 10,5 %.

#### 4.2.1

##### *Relatie blootstelling LFG in de woonomgeving en hinder*

Persson Waye en Rylander (2001) hebben de hinder door LFG bestudeerd. In hun studie zijn zes buurten met de gemeten blootstelling aan geluid van hittepompen of ventilatiesystemen met elkaar vergeleken. De buurten waren vergelijkbaar wat betreft type huizen en sociaal-economische status. Het achtergrondgeluid in alle zes buurten was laag.

Buurten met lage (controles), gemiddelde en hoge niveaus van LFG zijn vergeleken wat betreft gerapporteerde hinder. In de buurten met hoge niveaus LFG (verschil dB(A) en dB(C) > 23) werd significant meer geluidhinder door LFG gerapporteerd dan in gebieden met gemiddelde en lage niveaus LFG (verschil dB(A) en dB(C) < 20). Ook als alleen buurten werden meegenomen met gelijke dB(A)-niveaus bleef er verschil bestaan. Het aantal respondenten was aan de lage kant (controle: 171, midden niveaus LFG: 68, hoge niveaus LFG: 40). De dB(A)-niveaus hingen niet samen met de gerapporteerde hinder. Er werden geen significante verschillen gevonden tussen de respondenten in de verschillende buurten wat betreft leeftijd, geslacht, sociaal-economische status, huwelijks staat, aanwezigheid van chronische ziekten en het voorkomen van gehoorproblemen of tinnitus.

### 4.3

#### **Slaapverstoring**

Slaapverstoring is voornamelijk gerapporteerd in case-studies naar aanleiding van klachten over LFG (Kramer 2001; Findeis and Peters 2004). Er zijn weinig epidemiologische studies die goed kijken naar de effecten van laagfrequent geluid vergeleken met geluid in de midden- en hoge frequenties. De drie beschikbare epidemiologische studies worden hier kort beschreven.

Het Zweedse dwarsdoorsnede onderzoek in zes buurten (Persson Waye and Rylander, 2001) keek niet alleen naar de correlatie tussen LFG en hinder, maar ook naar de effecten van LFG op verstoring van de rust. De resultaten waren vergelijkbaar met de resultaten voor hinder, met een sterkere verstoring van de rust in gebieden met een hogere blootstelling aan LFG. Dit gold ook als de A-gewogen geluidsniveaus vergelijkbaar waren. Daarnaast rapporteerden mensen die door LFG gehinderd werden, een sterkere verstoring van de slaap dan mensen die geen hinder rapporteerden. Een ander onderzoek keek naar de verschillen tussen slaapverstoring bij 41 mensen waarvan de flat aan de ene kant blootgesteld was aan LFG van ventilatiesystemen in de binnenplaats van het complex (31 dB(A), 50 dB(C)) en aan de andere kant aan geluid van wegverkeer (21 tot 31 dB  $L_{Aeq(23-0700)}$  en 50 tot 51 dB  $L_{Amax}$ ). Hierbij had het geluid van de ventilatiesystemen een sterke laagfrequente component. Al rapporteerden de inwoners hier een sterkere hinder en verstoring van de rust door de installaties dan van het wegverkeer, er werd geen effect gevonden op de slaap (Persson Waye, Bengtsson et al., 2003). Een studie van Ising en Ising (2002) onder 56 kinderen rapporteerde dat het in slaap vallen en in slaap blijven moeilijker was als de kinderen blootgesteld waren aan hoge niveaus van laagfrequent geluid (55 tot 78 dB(C), 26 tot 53 dB(A)) dan wanneer kinderen blootgesteld waren aan lage niveaus laagfrequent geluid (30 tot 54 dB(C), 20 tot 43 dB(A)). Dit effect bleef bestaan als de analyse werd beperkt tot situaties waarin de A-gewogen niveaus 45 dB(A) of lager waren.

Samenvattend lijken er aanwijzingen te bestaan dat geluid met een relatief sterke laagfrequente component een grotere mate van verstoring van de rust en de slaap veroorzaakt dan geluid van hetzelfde niveau met een minder sterke laagfrequente component. Het aantal studies is echter nog te beperkt om hier definitieve uitspraken over te doen.

## **4.4 Gevoeligheid (sensitiviteit)**

### *4.4.1 Gevoeligheid van het oor*

Bij de beoordeling van klachten ten gevolge van LFG staat de vraag centraal hoe het kan dat sommige mensen een geluid als luid ervaren, terwijl anderen het niet horen. Een mogelijke verklaring is dat gevoeligheid voor LFG samenhangt met een gevoeliger gehoor. Salt et al. (2014) en Oud (2013) hebben de hypothese dat LFG en infrageluid van windturbines de fysiologie van het binnenoor zouden kunnen beïnvloeden op niveaus die beneden de gehoordrempel liggen. Er is, voor zover wij weten, verder geen onderzoek beschikbaar dat deze hypothese ondersteunt. Ook Salts onderzoek levert geen bewijs voor stimuli onder de gehoordrempel.

Moorhouse et al (2009) concludeerden uit audiometrische tests dat mensen die een klacht over LFG hadden ingediend, juist een minder gevoelig gehoor hadden dan twee controlegroepen (< 55 jaar en 55-70 jaar). Moorhouse concludeert dat dit resultaat de veronderstelling weerlegt dat problemen met LFG het gevolg zijn van een uitzonderlijk gevoelig gehoor. Daarbij moet worden opgemerkt dat slechts drie personen werden onderzocht die een klacht over LFG hadden ingediend.

#### 4.4.2 *Gevoeligheid van de persoon en gewenning*

Sommigen veronderstellen dat het typerend is voor LFG dat er geen gewenning (adaptatie en/of habituatie) optreedt aan het geluid (Findeis en Peters 2004). Hierin verschilt LFG echter niet van geluid met een hogere frequentie. Ook daarbij is geen eenduidig bewijs voor adaptatie of habituatie (zie Tekstbox 6 voor een uitleg van de begrippen).

*Tekstbox 6. Uitleg begrippen rondom gewenning aan prikkels, waaronder geluid.*

Adaptatie	Het verschijnsel dat men een geluid, dat continu aanwezig is, op een bepaald moment niet meer waarneemt. Er treedt een afname op van de prikkelgeleiding in het oor. Het is een automatisch fysiologisch proces, bedoeld als bescherming tegen gewone geluiden.
Habituatie	Habituatie is bedoeld om de aandacht niet te hoeven richten op geluiden die veel voorkomen of regelmatig terugkeren en die biologisch gezien weinig relevantie hebben omdat ze geen kansen bieden en geen bedreigingen vormen. Deze niet-relevante geluiden worden onderdrukt. Dit is een mentaal proces.
Sensitisatie	Een toename van de reflex op prikkel (toename van gevoeligheid)

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat woonduur een belangrijke voorspeller is van de mate van geluidhinder; wanneer mensen ergens langer wonen, rapporteren ze bij gelijkblijvende geluidbelasting meer hinder (Weinstein 1982; Brown en Van Kamp 2009). Dit laat zien dat er een zekere mate van sensitisatie (toename van gevoeligheid) plaatsvindt (dus juist geen adaptatie). Een zelfde patroon is gevonden voor LFG: als mensen langer met dit type geluid worden geconfronteerd, reageren ze steeds sterker (Findeis and Peters 2004, Oud 2013). De sensitisatie die bij LFG optreedt, lijkt volgens sommigen op een aangeleerde respons: een stimulus die verschillende keren op hetzelfde niveau wordt aangeboden, wordt steeds sterker met negatieve emotie geassocieerd. Of dit daadwerkelijk het onderliggende proces is bij sensitisatie voor LFG en of dit proces juist bij LFG optreedt, is onzeker, omdat het mechanisme niet duidelijk is (Benton 2006).

#### 4.5 **Overige effecten**

In de literatuur worden ook andere gezondheidseffecten dan hinder en slaapverstoring in verband gebracht met de blootstelling aan LFG/infrageluid. Het gaat om effecten als concentratievermindering, gehoorverlies, duizeligheid/evenwichtsverlies, effecten op bloeddruk/hartslag en ademhaling, vibro-akoestische ziekte. In deze studies is de daadwerkelijke blootstelling aan LFG niet in kaart gebracht, waardoor niet duidelijk is of deze effecten door blootstelling aan LFG veroorzaakt zijn. Wel is bekend dat ergernis en gevoelens van stress of een ernstig gebrek aan slaap tot effecten op de gezondheid kunnen leiden.

Vibro-akoestische ziekte (VAZ) wordt omschreven als een complexe aandoening, bestaande uit neurologische, respiratoire en cardiovasculaire symptomen, geassocieerd met blootstelling aan infra-

een laagfrequent geluid. De belangrijkste data over vibro-akoestische ziekte komen van een studie onder vliegtuigtechnici die beroepsmatig zijn blootgesteld aan zeer hoge niveaus laagfrequent geluid. VAZ is omstreden als aandoening (ASTDR, 2001).

Een andere veelgenoemde aandoening is het zogenoemde windturbinesyndroom, beschreven door de Amerikaanse kinderarts Pierpont. Het windturbinesyndroom verwijst naar een cluster van klachten die volgens Pierpont typisch zijn bij blootstelling aan geluid van windturbines. Een deel van de symptomen is vergelijkbaar met die van VAZ. Ook dit syndroom is wetenschappelijk omstreden. Uit epidemiologische studies is dit effect niet naar voren gekomen (Kennisplatform windenergie, 2015). Zie Tekstbox 7.

*Tekstbox 7. Windturbines*

Omwonenden van windturbines zijn vaak ongerust over het laagfrequente deel van het geluid (het meest laagtonige deel) en het effect daarvan op hun gezondheid, en/of over het optreden van het windturbinesyndroom of vibro-akoestische ziekte. Voor verdere informatie over windturbines en omwonenden zie van Kamp et al., 2013 en het Kennisbericht 'Geluid van windturbines' (Kennisplatform windenergie, 2015).





## 5 Advisering door GGD

Bij het horen van een bromtoon kunnen grofweg drie dingen aan de hand zijn:

- Er is daadwerkelijk LFG te meten en een bron aan te wijzen. Dan moet gekeken worden of er iets aan deze bron gedaan kan worden (bijvoorbeeld samen met de omgevingsdienst als het een bedrijf betreft).
- Er is LFG aanwezig, maar er is geen duidelijke bron aan te wijzen. Daardoor is een oplossing voor de melder niet te vinden. De melder kan niets anders doen dan ermee proberen om te gaan.
- Er is geen LFG aan te tonen. De melder moet geadviseerd worden te kijken naar andere oorzaken en/of proberen ermee om te gaan.

Dit hoofdstuk geeft GGD-medewerkers, door middel van een plan van aanpak met een stroomschema, handvaten hoe om te gaan met een melding over een bromtoon, om zoveel mogelijk te kunnen duiden om welke van de drie situaties het gaat en de melder op de goede manier te helpen.

### 5.1 Relatie met andere instanties

Meldingen over een bromtoon komen vaak in eerste instantie binnen bij de afdeling handhaving van een gemeente of omgevingsdienst. Deze afdelingen hebben meestal met het oog op handhaving een bronaanpak voor ogen. Bronopsporing blijkt echter slechts in een minderheid van de gevallen tot een oplossing te leiden. In driekwart van deze situaties wordt geen LFG gemeten. In een enkel geval wordt een bron aangetoond. Vaak blijkt deze bron te voldoen aan de wettelijke eisen en zijn bronmaatregelen technisch/financieel niet haalbaar (Kramer, 2001).

GGD'en worden vaak in een laat stadium betrokken. Hierdoor is er pas laat in het proces aandacht voor risicocommunicatie en eventuele medische oorzaken van de hinder (De Jong et al., 2014). Wanneer er geen duidelijk aanwijsbare bron is, is het juist belangrijk dat in een vroeg stadium aandacht besteed wordt aan deze zaken. Om de kans op een bevredigende oplossing zo groot mogelijk te maken, is het daarom van belang om afspraken te maken tussen gemeentelijke handhavers en GGD-medewerkers om te komen tot een integrale aanpak van de meldingen met borging van zowel milieukundige als gezondheidkundige aspecten waarbij risicocommunicatie een centrale rol inneemt (De Jong et al., 2014).

Uit onderzoek bij door een bromtoon gehinderde burgers blijkt dat tevredenheid over de behandeling van de melding afhankelijk is van de ervaren deskundigheid, toewijding en transparantie in de communicatie. (Reen et al, 2014). Dit ondanks het feit dat de hinder niet weggenomen was. Het uitvoeren van metingen bleek geen noodzakelijke voorwaarde voor tevredenheid over de behandeling, maar is voor sommigen wel een uiting van toewijding. In de GGD-aanpak is het uitvoeren van

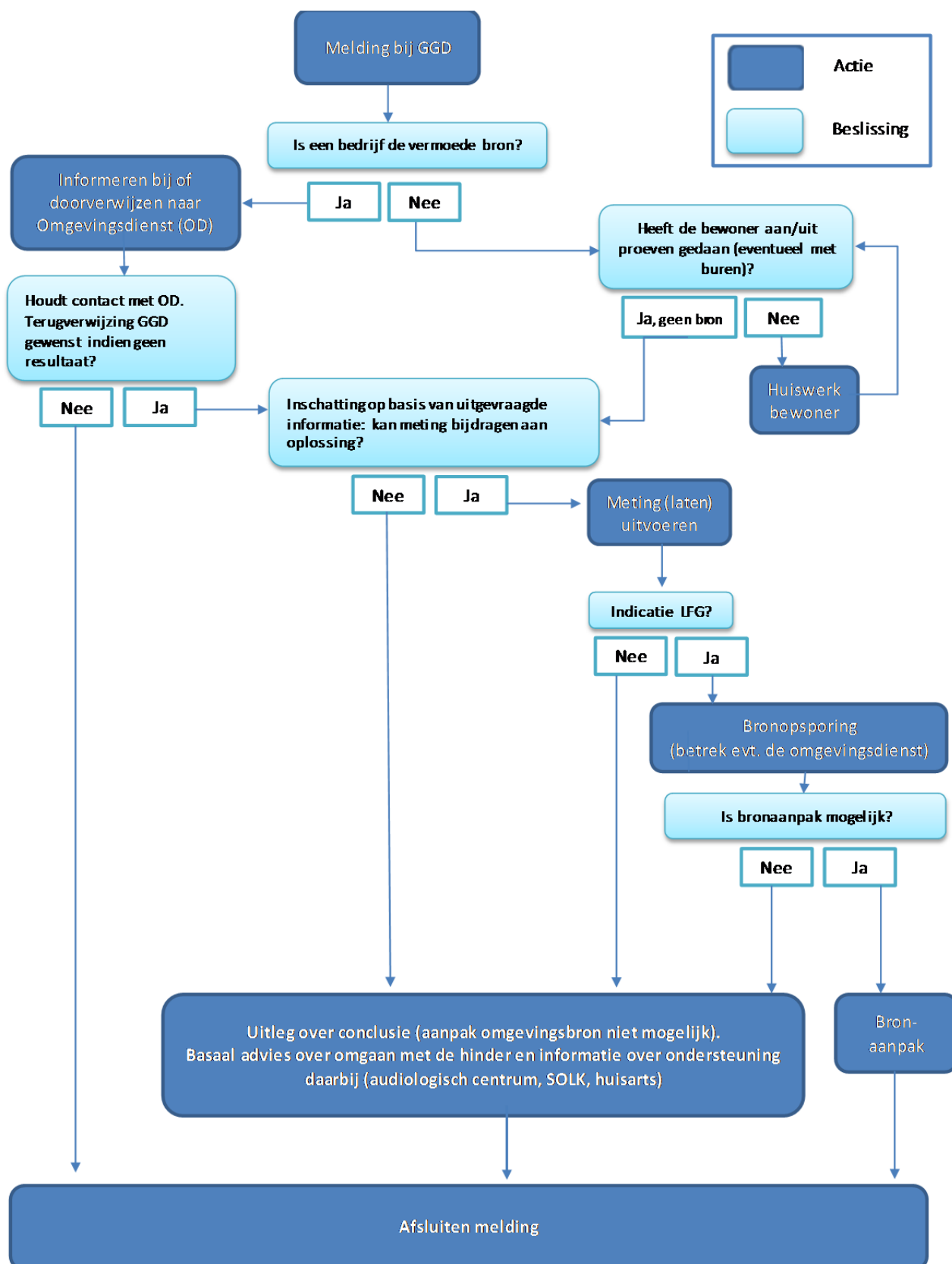
eenvoudige metingen als mogelijkheid opgenomen. Dit kan de GGD-medewerker helpen om een oordeel te vormen of de geluidssituatie afwijkt, in die zin dat er relatief veel lage tonen aanwezig zijn.

## **5.2 Behandeling van een melding**

De volgende paragraaf beschrijft een plan van aanpak voor de afhandeling van meldingen over een bromtoon, wanneer deze bij een GGD binnenkomen. Het plan van aanpak en bijbehorende stroomschema (zie Figuur 8) is ontwikkeld op basis van de huidige stand van kennis en ervaringen. Een algemeen geaccepteerde werkwijze voor de GGD bij meldingen van een bromtoon bestaat (nog) niet. Dit stroomschema moet dan ook worden beschouwd als een (tijdelijk) werkmodel/compromis. Het plan van aanpak is zelfstandig te gebruiken. Er wordt echter ten eerste geadviseerd om in de eigen regio goede afspraken te maken om zo de kans te vergroten om tot een voor ieder bevredigende oplossing te komen (zie paragraaf 5.1).

Geadviseerd wordt om het stroomschema als uitgangspunt te gebruiken, maar waar nodig af te wijken op grond van de situatie, de eigen kennis en ervaringen. Belangrijk is om zich te realiseren dat een goed gesprek met de melder de basis vormt voor de afhandeling. De vragenlijst in Bijlage 3 geeft handvaten voor dit gesprek. De gevraagde informatie is noodzakelijk om een eigen oordeel te kunnen vormen: kan de GGD bijdragen aan een oplossing of zijn andere partijen hiervoor beter toegerust? Doorloop het stappenplan zo snel mogelijk, zodat de melder weet waar hij/zij aan toe is.

Waar nodig en mogelijk is het handig om contact te leggen met andere instanties. Het kan zijn dat de melding eerst al ergens anders is gedaan (dit wordt aan de melder gevraagd), of dat de omgevingsdienst de eerst aangewezen instantie is om de melding in behandeling te nemen. Dit is het geval als er een gegrond vermoeden bestaat dat een industriële bron de veroorzaker is. Het is belangrijk om van elkaars rol en activiteiten op de hoogte te zijn (zie ook paragraaf 5.1).



Figuur 8. Stroomschema voor de behandeling van een melding over een brontoon.

### **1. Melding bij GGD**

Het stroomschema begint met telefonisch contact met de melder. Komt de melding op andere wijze dan via de telefoon binnen, neem dan zelf telefonisch contact op met de melder.

Neem rustig de tijd om de situatie goed uit te vragen. Geef de melder naast informatie over het horen van een bromtoon, duidelijke informatie over de verdere behandeling van de melding. Het is hierbij erg belangrijk om duidelijk aan te geven wat de melder kan verwachten van de GGD en wat van de melder verwacht wordt. Geef aan dat in het merendeel van de gevallen het probleem niet opgelost wordt. Een bron wordt meestal niet gevonden. Zelfs als dat wel zo is, is de eventuele aanpak van deze bron een langdurig proces dat maanden en soms jaren kost. Daarom is het belangrijk een tweesporenbeleid te volgen. Aan de ene kant zoeken naar een bron, aan de andere kant proberen ermee om te gaan.

Verzamel informatie over zowel klacht als persoonlijke omstandigheden, gebruik open vragen, focus op het probleem (niet op de mogelijke oorzaak), wees meelevend, probeer vanuit verschillende perspectieven te kijken en wees vooral op geen enkele wijze opdringerig met betrekking tot oorzaak en aanpak. Dit laatste zal er alleen maar voor zorgen dat posities en aannames worden versterkt (Benton, 2007).

Gebruik de vragenlijst uit Bijlage 3 als leidraad voor het verzamelen van gegevens over de melding. Vul de vragenlijst compleet in. Geef aan dat je een vragenlijst gebruikt om de juiste en voldoende gegevens te verzamelen om inzicht te krijgen in de melding. Als je deze gegevens met derden wilt delen bij de aanpak van de melding, vraag hiervoor dan toestemming van de melder.

Geeft de melder na het eerste gesprek aan voldoende informatie te hebben ontvangen of geen behoefte te hebben aan verdere behandeling, sluit de melding dan af. Een andere reden om de melding na het eerste gesprek af te sluiten, zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat andere instanties alle mogelijke oorzaken al hebben bekeken, of dat de melder de bromtoon op heel veel plekken (ook buitenshuis) waarneemt. In dat geval zal de GGD niet veel kunnen betekenen en kan hoogstens gewezen worden op manieren om met het geluid om te gaan. Zie verder punt 6.

### **2. Vermoede bron een bedrijf -> doorverwijzen naar omgevingsdienst**

Is een bedrijf de vermoede bron en lijkt dit een redelijk vermoeden, draag de melding dan over aan de omgevingsdienst. Vraag in elk geval de omgevingsdienst naar mogelijke bronnen in de omgeving. Als de melder een bedrijf als bron vermoedt, is de omgevingsdienst wettelijk verplicht om de melding in behandeling te nemen. Spreek af om contact te houden over de voortgang. De omgevingsdienst werkt voornamelijk ten bate van handhaving; door samen te blijven werken kunnen de verschillende aspecten van het horen van een bromtoon aan bod komen in de afhandeling van de melding. Wanneer uit onderzoek van de omgevingsdienst geen externe bron kan worden aangetoond, komt de verdere afhandeling, indien gewenst door de melder, weer bij de GGD.

In dat geval blijft alleen het spoor 'geen aanwijsbare bron' over. Zie verder punt 6.

### **3. Vermoede bron geen bedrijf -> verdere stappen**

Blijkt uit het gesprek dat de melder zelf nog actie kan ondernemen ter opsporing van een mogelijke bron, zoals elektriciteit in eigen woning uitzetten of contact opnemen met de burens als daar de bron wordt vermoed, de melder vragen dit als nog te doen. Vraag of de melder na het nemen van de actie(s) wil terugbellen om het resultaat te bespreken. Is vervolgens de klacht opgelost, sluit dan de melding.

Om een beeld te krijgen van het aanwezig zijn van LFG, kan de GGD een meting (laten) doen van het A- en C-gewogen geluidniveau. De GGD kan een geluidmeter, inclusief meetinstructie, lenen bij het RIVM. Spreek van tevoren met de melder door dat, als hieruit geen indicatie blijkt voor het aanwezig zijn van veel LFG, de GGD verder niets zal kunnen doen met betrekking tot een eventuele geluidbron. Geef ook aan dat als er meer LFG blijkt te zijn, er in de praktijk niet altijd een oplossing wordt gevonden. Voor details over deze verschildmeting, zie Bijlage 4.

Net als bij het eerste contact is het belangrijk om goed naar de melder te luisteren, en om open, duidelijk en deskundig te zijn. Vul tijdens het gesprek met de melder de vragenlijst lage bromtoon (Bijlage 3) verder in. Mogelijk zijn veel aspecten/vragen al telefonisch aan de orde gekomen, maar het kan geen kwaad deze nogmaals ter sprake te brengen.

### **4. Geen indicatie voor LFG → afsluiten melding**

Als uit de metingen geen indicatie naar voren komt dat er meer dan gemiddeld LFG aanwezig is, kan de GGD helaas niets meer betekenen voor de melder anders dan een ondersteuning (laten) geven in het accepteren van de overlast (coping). Zie verder punt 6.

### **5. Indicatie voor LFG: bronopsporing en, indien mogelijk, bronaanpak**

Betrek de omgevingsdienst om samen te onderzoeken waar het geluid vandaan zou kunnen komen. De omgevingsdienst kent alle bedrijven in de buurt. Denk ook aan luchtbehandelingsapparatuur, koelapparatuur et cetera. Als het niet eenvoudig te vinden is, kunnen meer specialistische metingen nodig zijn. Deze kan de GGD niet uitvoeren. Overleg met de omgevingsdienst en de gemeente om te bezien of verder onderzoek nodig en mogelijk is. Zie Bijlage 2 voor een aantal punten over bronopsporing.

Sluit, net als in het telefoongesprek, af met het geven van duidelijke informatie over het horen van een bromtoon en de verdere actie van de GGD. Ook hier is verwachtingenmanagement weer heel belangrijk: ook al is er LFG aangetoond, de kans is nog steeds reëel dat er geen bron gevonden wordt of dat maatregelen aan een eventuele bron niet mogelijk zijn. Het kan voor de melder echter een geruststelling zijn dat het geluid dat zij horen daadwerkelijk bestaat, ook al is er geen interventie mogelijk.

Wanneer geen bron kan worden gevonden of wanneer er geen maatregelen mogelijk zijn aan de bron, kan de GGD helaas niets meer

betekenen voor de melders anders dan een ondersteuning (laten) geven in het accepteren van de overlast (coping). Zie volgende punt.

## **6. Uitleg over de conclusie en afsluiten van de melding**

Als de melding moet worden afgesloten zonder dat er een oplossing is bereikt, is een aantal aandachtspunten van belang.

Vraag wat de melder doet om met de hinder om te gaan. Hoe gaat hij/zij om met andere vormen van ergernis /hinder; is dit ook toepasbaar? Laat hem/haar proberen ermee om te gaan. Geef hem/haar het vertrouwen dat hij/zij dat kan, net als bij andere vormen van ergernis/hinder. Geef positieve bekrachtiging en zoek samen naar nieuwe manieren opdat de burger een arsenaal aan eigen acties ter beschikking heeft om te handelen (wandelen, uitgaan, sport, muziek, yoga, knutselen, schilderen, et cetera) en niet alleen aangewezen is op een enkele actie zoals geluidmaskering.

Wanneer de melder daar open voor staat kan, via de huisarts, worden doorverwezen naar andere instanties, zoals een audiologisch centrum of een centrum voor SOLK (Somatisch Onvoldoende verklaarde Lichamelijke Klachten). Dit om na te gaan of de overlast andere oorzaken heeft dan blootstelling aan LFG en/of om te leren omgaan met de overlast. Helaas is momenteel zo'n doorverwijzing niet overal mogelijk. Het RIVM gaat samen met de GGD'en na of een vervolgproject mogelijk is om deze doorverwijzing meer handen en voeten te geven.

## 6 Literatuur

- ASTDR (2001) Public Health Assessment Guidance Manual U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia.
- Baliatsas, C., I. van Kamp, H.P.F.M. van Poll (2016). Health effects from low-frequency noise and infrasound in the general population: Is it time to listen? A systematic review of observational studies In press.
- Benton, S. (2006). Low Frequency Noise Annoyance (LFNA): Sensitisation and the conditioned acquisition of failed coping. Low Frequency 2006. Bristol, UK, MultiScience Publishing Co Ltd.
- Benton, S. (2007). The Central Role of Interpersonal Conflict in Low Frequency Noise Annoyance. Journal of low frequency noise, vibration and active control, 26 (1): 1-15.
- Berg, F. van den (2009). Low Frequency Noise and phantom sounds. Journal of low frequency noise, vibration and active control, 28 (2): 105-116.
- Brown, A.L., van Kamp I. (2009). Response to a change in transport noise exposure: competing explanations of change effects. J Acoust Soc Am. 2009 Feb;125(2):905-14. doi: 10.1121/1.3058636.
- Dusseldorp, A., D.J.M. Houthuijs, A.J.P. van Overveld, I. van Kamp, M. Marra (2011). Handreiking geluidhinder wegverkeer – Berekenen en meten. RIVM rapport 609300020/2011.
- Dusseldorp, A., E.F. Hall, H.P.F.M. van Poll (2013). Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en. Vierde inventarisatie (2011-2012). RIVM rapport 200000004/2013.
- Findeis, H. and E. Peters (2004). Disturbing effects of low frequency sound immissions and vibrations in residential buildings. Noise Health 6(23): 29-35.
- Frei, P., E. Mohler, M. Röösli, (2014). Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality. International journal of hygiene and environmental health, 217, 188-195.
- Gielkens-Sijstermans, C., T.H. Collijn, A.W. Jongmans-Liedekerken (1998). Gevoeligheid voor laagfrequent geluid: een studie naar mogelijke factoren. GGD Oostelijk Zuid-Limburg, Heerlen.
- Hazell, J.W.P. (2002). Tinnitus Retraining Therapy based on the Jastreboff model internet ([www.tinnitus.org/home/frame/THC1.htm](http://www.tinnitus.org/home/frame/THC1.htm)) .
- Holmberg, K., U. Landström, et al. (1997). Low frequency noise level variations and annoyance in working environments. Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control 16 (2): 81-87.
- Ising, H. and M. Ising (2002). Chronic Cortisol Increases in the First Half of the Night Caused by Road Traffic Noise. Noise Health 4(16): 13-21.



- ISO 226: 2003. Acoustics -- Normal equal-loudness-level contours. Acoustics International Organization for Standardization (ISO) 2nd edition.
- Jong, de N., G. Hooiring, H. Breukelaar en G. de Meer (2014). Gemeentelijke aanpak laagfrequent geluid. Leeuwarden, GGD Fryslan.
- Kamp, van I., R. S. Job, J. Hatfield, M. Haines, R. K. Stellato, S. A. Stansfeld (2004). The role of noise sensitivity in the noise-response relation: a comparison of three international airport studies. The Journal of the Acoustical Society of America 116, 3471–3479.
- Kamp, van I., A. Dusseldorp, G.P. van den Berg, W.I. Hagens, M.J.A. Slob (2013). Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden : GGD Informatieblad medische milieukunde Update 2013. Bilthoven, RIVM Rapport 200000001.
- Kennisplatform windenergie (2015). Kennisbericht Geluid van Windturbines.  
<http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ienm/documenten-en-publicaties/rapporten/2015/07/22/bijlage-1-pilot-kennisplatform-windenergie-kennisbericht-geluid-van-windturbines.html>
- Kramer, J. (1999). NSG-richtlijn laagfrequent geluid. Delft, Nederlandse Stichting Geluidshinder.
- Kramer, J. (2001). Evaluatie NSG-richtlijn laagfrequent geluid. Delft, Nederlandse Stichting Geluidshinder.
- Leventhall, H.G. (2003). A review of published research on low frequency noise and its effects. London, DEFRA.
- Leventhall, G., 2009. Review: Low Frequency Noise. What we know, what we do not know, and what we would like to know. noise notes 8, 3–28.
- Miedema, H. M. en C. G. Oudshoorn, 2001. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. Environmental health perspectives 109, 409.
- Møller, H. en M. Lydolf, 2003. A questionnaire survey of complaints of infrasound and low-frequency noise. noise notes 2, 3–12. Leventhall, H.G. (2009).
- Møller, A.R. (2007). Tinnitus: presence and future. Progress in brain research 166:3-16.
- Moorhouse, A.T., D.C. Waddington, M. Adams (2005). Procedure for the assessment of low frequency noise complaints. University of Salford. February 2005. NANR45.
- Moorhouse, A.T., D.C. Waddington et al. (2009). 'A procedure for the assessment of low frequency noise complaints.' J Acoust Soc Am 126(3): 1131-1141.
- Niessen, W., A. Jonkman, F. Duijm (2012). Klachten over laagfrequent geluid: een fenomeen met mythische trekken? Een aanzet voor pragmatisch omgaan met klachten over laagfrequent geluid. Geluid (4): 28-31.

- OSIRIS (2015). Uniform registratiesysteem van de GGD'en voor milieugerelateerde gezondheidsklachten.
- Oud, M. (2013). Verklaring voor hinder van laagfrequent geluid. Biofysische benadering. Geluid nummer 1, maart 2013.
- Persson, Wayne K., J. Bengtsson et al. (2003). 'A descriptive cross-sectional study of annoyance from low frequency noise installations in an urban Environment.' Noise Health 5(20): 35-46.
- Persson, Wayne K. and R. Rylander (2001). 'The prevalence of annoyance and effects after Long-term exposure to low-frequency noise.' Journal of Sound and Vibration 240(3): 483-497.
- Reen, W., J.M. Gutteling, G. Hooiring, H. Breukelaar, G. de Meer (2014). Gemeentelijke aanpak laagfrequent geluid. Project ter versterking van de aanpak van laagfrequent geluid door gemeenten. GGD Fryslan.
- Rijksoverheid (2013). Factsheet LFG.  
<http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/03/31/bijlage-1-factsheet-laag-frequent-geluid.html>, geraadpleegd 30 juli 2015.
- Salt, A.N. and J.T. Lichtenhan (2014). How Does Wind Turbine Noise Affect People? The many ways by which unheard infrasound and low-frequency sound from wind turbines could distress people living nearby are described. Acoustics Today, Volume 10, Issue 1, winter 2014: 20-29.
- Steen, C. van, Gezondheidsklachten door milieu (2015). Meldingen 2014. Vereniging Leefmilieu, Nijmegen.
- Weinstein, N.D. (1982) Community noise problems: evidence against adaptation. J Environ Psychol 2, 87-98.

## Websites

Nederlandse Leerboek Audiologie: [www.audiologieboek.nl](http://www.audiologieboek.nl)  
Stichting Hoormij: [www.stichtinghoormij.nl](http://www.stichtinghoormij.nl)



## Bijlage 1 Beoordeling meetresultaten / referentiecurves

De NSG-richtlijn beschrijft de beoordeling van meetcurven bij het doen van uitgebreide metingen. De in de aanpak genoemde verschilmeting is een eenvoudigere meting.

### *Beoordeling meetresultaten*

Bij de beoordeling worden de meetresultaten vergeleken met een referentiecurve, die als criterium dient om te constateren of LFG hoorbaar is. De referentiecurve is bedoeld om de klacht te objectiveren. Het is niet zo dat wanneer in een bepaalde situatie de referentiecurve wordt overschreden, er ook altijd klachten zullen optreden. In Nederland zijn drie curves in gebruik: de NSG-curve, de Sloven/DCMR-curve en de Vercammen-curve. De in Nederland gebruikte curves zijn gebaseerd op het gemiddeld gehoor van een groep mensen. Bij individuele beoordeling kan de curve afwijken van dit gemiddelde en zou eigenlijk een individuele curve gebruikt moeten worden.

### *NSG-curve*

De Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG) heeft in 1999 een richtlijn laagfrequent geluid uitgebracht (Kramer, 1999). Het doel van deze richtlijn is om klachtenbehandelaars te helpen klachten over laagfrequent geluid te objectiveren. Het geeft aanwijzingen voor het meten van het geluid binnenshuis. Als basis voor de richtlijn dient dat men ervan uitgaat dat het LFG daadwerkelijk aanwezig is, ook als het niet gehoord wordt door de onderzoeker. Om deze reden wordt in de richtlijn aangeraden de geluidmetingen door de gehinderde te laten uitvoeren, zodat het geluid opgenomen kan worden als dit het duidelijkst waargenomen wordt. De gemeten niveaus worden vergeleken met de 10%-gehoordrempel van een groep oudere personen (50 tot 60 jaar). Bij de 10%-gehoordrempel hoort 10% van de proefpersonen het geluid, 90% van de mensen is niet in staat het geluid te horen. Als het gemeten geluidsniveau deze gehoordrempel overstijgt, wordt ervan uitgegaan dat het geluid hoorbaar is en kan er sprake zijn van hinder door dit geluid. Bij de richtlijn is uitgegaan van een oudere populatie, omdat in deze populatie de meeste klachten voorkomen. De 90%-gehoordrempel is als richtlijn gebruikt, omdat geluid snel luider wordt in de lagere frequenties.

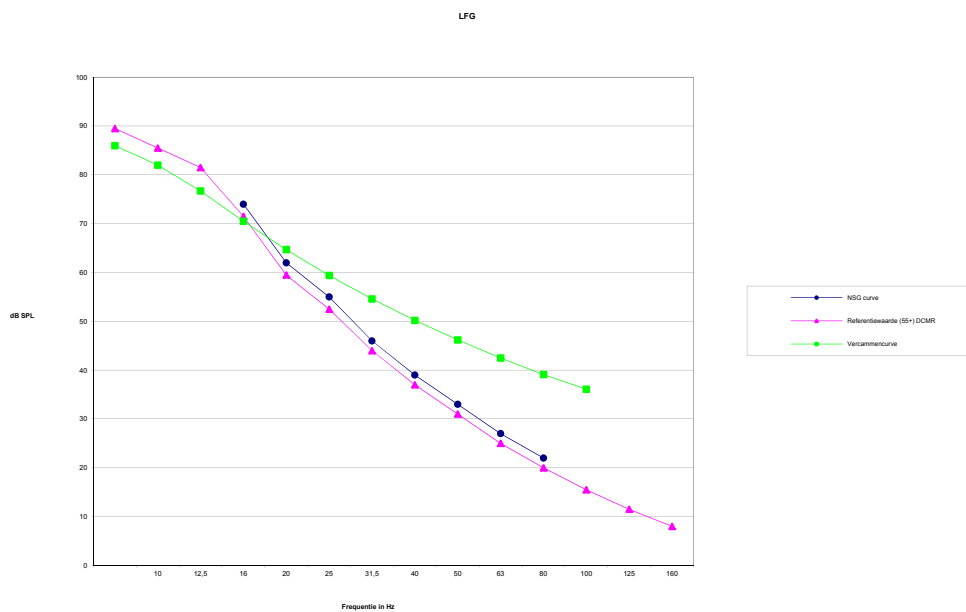
### *Sloven/DCMR-curve*

De curve die de milieudienst DCMR bij klachten gebruikt, heeft ter beoordeling een gelijke basis als de curve voor de NSG-richtlijn, namelijk dat hinder optreedt zodra het geluid hoorbaar is. Hier wordt echter de 5%-gehoordrempel van personen ouder dan 55 jaar gebruikt ter beoordeling in plaats van de 10%-gehoordrempel.

### *Vercammen-curve*

Als laatste wordt ook de Vercammen-curve in Nederland gebruikt voor het bepalen van LFG. Waar de curves van NSG en DCMR gebaseerd zijn op ongewogen niveaus van LFG, is de Vercammen-curve gebaseerd op A-gewogen geluidsniveaus. Vercammen stelt voor om voor laagfrequent geluid een drempelwaarde te gebruiken die gelijk is aan de gemiddelde

A-gewogen drempelwaarde minus twee standaarddeviaties. Daarnaast stelt Vercammen voor om voor infrageluid G-gewogen niveaus te gebruiken (Leventhall, 2003).



Figuur 9 . Referentiecurves

## Bijlage 2 Opsporen bron van LFG

Er zijn twee mogelijkheden om een bron van LFG aan te wijzen:

1. Aan-/uitproeven doen. Als de gehinderde de bron denkt te kennen, kan geprobeerd worden deze uit te schakelen. Het is een eenvoudige en goedkope test. De betrokkene kan deze test zelf doen, maar dit kan ook tijdens het afnemen van de vragenlijsten of tijdens een meting gedaan worden. Een (in Rotterdam) gebruikelijke methode is om de bron binnen een kwartier gedurende drie periodes van elk drie minuten uit te schakelen, de overige twee periodes van elk drie minuten is de bron ingeschakeld. De gehinderde weet niet gedurende welke periodes de bron aan of uit is, maar schrijft op wanneer hij/zij het geluid hoort. De betrokkene is niet altijd in staat om een bron uit te schakelen, bijvoorbeeld als de bron bij een bedrijf is. Soms kan een woningcorporatie of een omgevingsdienst uitkomst bieden.
2. Akoestische metingen uitvoeren. Dit is een kostbare methode, vooral door de menskracht en het tijdstip waarop gemeten moet worden. De metingen vinden in het algemeen 's nachts plaats, omdat de kans op stoorgeluiden uit de omgeving dan zo klein mogelijk is. Ze worden in de woning van de betrokkene uitgevoerd op de plaatsen waar de hinder het sterkst is. Als het mogelijk is tijdens de metingen de verdachte bron aan en uit te schakelen, dan kun je hiermee aantonen of deze bron de oorzaak is van de overlast.  
Wanneer er geen verdachte bron is, is het door de lange golflengte moeilijk om de richting van de geluidsbron te bepalen, waardoor het opsporen van de bron bemoeilijkt wordt.

Het meten van laagfrequent geluid vraagt speciale aandacht. Door de Nederlandse Stichting Geluidshinder (Kramer, 1999, geëvalueerd in 2001) is een richtlijn opgesteld over het onderwerp laagfrequent geluid (zie ook bijlage 1). In deze richtlijn wordt ook ingegaan op de meetmethoden en meetstrategie bij meldingen over laagfrequent geluid.

## Bijlage 3 Vragenlijst om in te vullen tijdens eerste contact

Deze vragenlijst is een hulpmiddel om alle relevante informatie te verzamelen. Zorg dat alle vragen in het gesprek aan de orde komen en beantwoord worden. Geef duidelijk aan waarom je de vragenlijst gebruikt en wat je met de gegevens gaat doen.

### Vragenlijst lage bromtoon

Naam melder	Dhr./Mevr.....
Adres	.....
Postcode en woonplaats	.....
Telefoonnummer	.....
Email	.....
Geboortedatum/leeftijd	.....
Behandelaar	.....
Datum	.....

### Vragen met betrekking tot het waargenomen geluid

- Geef een omschrijving van het soort geluid dat u waarneemt  
(*Bijvoorbeeld bromtoon, zoemend geluid, trillingen, dieselmotor*).  
.....  
.....  
.....  
.....
- Wat is naar uw mening de oorzaak/de bron van het geluid  
.....  
.....  
.....  
.....
- Heeft u uw melding al eerder ingediend? Zo ja, bij wie, wanneer en wat was/is het resultaat? Geef aan dat je contact zult opnemen met de genoemde instanties (niet als check maar om gegevens uit te wisselen).  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 4 Hoe neemt u het geluid waar (*bijvoorbeeld horen, voelen, trillen, druk op de oren, anders*)? Als het geluid ook via andere lichaamsdelen wordt waargenomen, geef dan een omschrijving van de waarneming en noteer welke lichaamsdelen het betreft.

.....

.....

.....

.....

- 5 Kent het geluid een bepaald ritme, een specifieke toon of een bepaalde melodie?

.....

.....

.....

.....

- 6 Waar neemt u het geluid waar (*bijvoorbeeld binnen/buiten, bepaalde kamers, tuin, op vakantie, op bezoek bij andere mensen*)?

.....

.....

.....

.....

- 7 Wanneer hebt u het geluid voor het eerst waargenomen?

.....

.....

.....

.....

- 8 Wanneer (in welke periode en/of welke omstandigheden) neemt u het geluid waar? (*Bijvoorbeeld op bepaalde uren van het etmaal, op bepaalde dagen van de week, afhankelijk van de aanwezigheid van andere geluiden, van windrichting, van temperatuur, van het jaargetijde, op zon- en feestdagen*)

.....

.....

.....

.....

- 9 Neemt u het geluid altijd waar of is het er ook wel eens niet?

.....

.....

.....

.....



- 10 Zijn er ook andere personen die het geluid waarnemen, zo ja waar?  
(bijvoorbeeld huisgenoten, buren, bezoek, bij melder/betrokkene thuis, in tuin, bij buren)

.....

.....

.....

.....

.....

### Vragen over eerder zelf ondernomen acties om de bron op te sporen en/of hinder te vermijden

- 11 Heeft u onderzocht of bepaalde maatregelen (*bijvoorbeeld het indoen van oordopjes, het sluiten of juist openen van de ramen of het hard(er) aanzetten van radio of televisie, het verplaatsen van het bed, het uitzetten van een verdachte bron, het afzetten van stroom en accu/batterij/apparaatuur*) uw hinder verminderen? Zo ja, welke maatregelen en wat waren daarvan de effecten?

[illegible]

- 12 Heeft u pogingen gedaan om achter de oorzaak van het geluid te komen? (bijvoorbeeld door installaties in huis stuk voor stuk uit of aan te zetten, bij de buren navraag gedaan of zij iets horen, elders gaan luisteren). Denk er aan alle apparatuur in uw huis te checken zoals air-conditioning, koelkast, diepvries, aquarium, terrarium, binnenvijver, c.v.-installatie, vloerverwarming, stadsverwarming, mechanische ventilatie, meterkast, pc, schakelklokken, audio-video et cetera)

[illegible]

### Vragen over de (woon)situatie van de betrokkene

- 13 In wat voor soort woning woont u (*flat of etagewoning (welke verdieping), tussenwoning in een rij, hoekwoning in een rij, twee onder één kap, vrijstaand,.....*)?

.....

.....

.....

.....

- 14 Hoe lang woont u in deze woning?

.....

.....

.....

.....

- 15 Is er iets veranderd in uw situatie (omgeving, familie, medische zaken)?

.....

.....

.....

.....

### Vragen met betrekking tot de ondervonden hinder

- 16 Zijn er klachten die u aan het waargenomen geluid wijt (*bijvoorbeeld vermoeidheid, prikkelbaarheid, hoofdpijn, concentratieproblemen, oorsuizingen, slaapproblemen, onrust*)?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 17 Hebt u in verband met uw klacht andere deskundigen geraadpleegd (*bijvoorbeeld huisarts, kno-arts, psycholoog, maatschappelijk werker*)?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Vragen met betrekking tot het gehoor

- 18 Heeft u recent een gehooronderzoek ondergaan? Zo ja, wat was het resultaat?

.....  
.....  
.....  
.....

- 19 Heeft u last van oorsuizen/tinnitus? Zo ja, is dit vastgesteld door een arts?

.....

### En tot slot

- 20 Vraag vervolgens: gebruikt u medicijnen? Noteer de gebruikte medicijnen hieronder.  
*Bepaalde medicijnen kunnen tinnitusachtige klachten als bijwerking hebben. Na te zoeken in het farmaceutisch kompas.*

1 .....  
2 .....  
3 .....  
4 .....  
5 .....  
6 .....  
7 .....  
8 .....  
9 .....  
10.....

## Bijlage 4. Verschilmeting

Een meting kan een indicatie geven of er meer dan gemiddeld veel LFG aanwezig is. De vuistregel hierbij is dat het verschil tussen dB(C) en dB(A) groter is dan 20 dB.

Aandachtspunten bij de meting:

- Meet waar de melder het geluid het beste hoort.
- Meet in een relevante ruimte waar de melder langdurig verblijft en het geluid kan waarnemen (bijvoorbeeld niet: toilet, garage).
- Schakel de 'gewone' geluiden zoveel mogelijk uit (praten, tikkende klok, et cetera).
- Meet daarom ook bij voorkeur op stille tijdstippen.
- Aan-/uitproeven doen; meten in een gewone situatie en een situatie waarin alle eigen elektriciteit is uitgeschakeld.

Noteer tijdens deze meting ook het geluidsniveau in dB(A), zodat er aangegeven kan worden in hoeverre de melder in een stille omgeving woont.

*A. Geen indicatie meer dan gemiddelde niveaus LFG:  
verschil dB(C) en dB(A) < 20 en dB(A) < 25 decibel*

Bij dergelijke geluidsniveaus is er sprake van een gewone of zelfs relatief stille geluidssituatie. Er is geen indicatie voor de aanwezigheid van veel LFG. Eventuele verdere metingen/bronopsporing hebben geen zin. De melder is of meer dan gemiddeld gevoelig voor (laag) geluid of er is sprake van een interne bron. In beide gevallen kan de GGD niets meer voor de melder betekenen anders dan doorverwijzen naar een huisarts. Hiervoor moet de melder natuurlijk wel openstaan. De huisarts kan onderzoek laten doen naar een eventuele medische oorzaak en/of ondersteuning (laten) geven in het accepteren van de overlast (coping).

*B. Indicatie aanwezigheid meer dan gemiddelde niveaus LFG:  
verschil dB(C) en dB(A) > 20 decibel*

Indien het verschil tussen de gemeten dB(C)- en dB(A)-niveaus meer dan 20 dB bedraagt, is er meer dan gemiddeld LFG aanwezig. Mogelijke overlast door LFG is niet uit te sluiten. Een geluidsniveau in dB(A) > 25 dB versterkt dit oordeel. Is het geluidniveau in dB(A) < 25 dB, dan is overlast door LFG onwaarschijnlijk maar niet uit te sluiten. Kijk of je een eventuele bron, binnen of buiten, kunt lokaliseren.

Nota bene: wanneer je het geluid niet zelf hoort, is dat geen 'bewijs' dat er geen LFG aanwezig is. Je gehoordrempel kan anders liggen dan die van de melder. Het is ook mogelijk dat je het geluid (nog) niet herkent of kan onderscheiden van andere geluiden waar melder geen klachten over heeft. Communiceer dat ook duidelijk met de melder.



## Afkortingen en begrippen

Adaptatie	Het verschijnsel dat men een geluid, dat continu aanwezig is, op een bepaald moment niet meer hoort. Er treedt een afname op van de prikkelgeleiding in het oor. Het is een automatisch <i>fysiologisch</i> proces, bedoeld als bescherming tegen gewone geluiden.
dB	Decibel. Dit is de eenheid waarin geluidsdrukkniveaus worden uitgedrukt.
dB(A)	A-gewogen geluidsdrukkniveau. Bij gewone geluidsmetingen wordt een weegcurve gebruikt om te compenseren voor de frequentie-afhankelijke karakteristieken van het menselijk oor. In de praktijk betekent dit dat de lage en hoge frequenties minder sterk meetellen dan de middenfrequenties. Men noemt dit de A-weging. De A-weging is gebaseerd op de curves van gelijke geluidswaarneming van circa 20-40 foon.
dB(C)	C-gewogen geluidsdrukkniveau. De C-weging is gebaseerd op de curves van gelijke geluidswaarneming van 100 foon.
dB SPL	Gemeten geluidsdruk, zonder enige vorm van weging/filtering. Op moderne meetapparatuur wordt ook wel de term Z-weging of Z-filter (van Zero) voor een ongewogen meting gebruikt.
Geluidsniveau	Afkorting van Geluidsdrukkniveau. De intensiteit van het geluid
Habituatie	Habituatie is bedoeld om de aandacht niet te hoeven richten op geluiden die veel voorkomen of regelmatig terugkeren en die biologisch gezien weinig relevantie hebben omdat ze geen kansen bieden en geen bedreigingen vormen. Deze niet-relevante geluiden worden onderdrukt. Dit is een <i>mentaal</i> proces.
Hz	Hertz, frequentie-eenheid voor geluids-, licht- en trillingsgolven. Aantal golven per seconde.
Infrageluid	Geluid met een frequentie lager dan ongeveer 20 Hz.
Isofoon	Eenheid van luidheid gebaseerd op het vergelijken van de aangeboden toon met toon van 1000 Hz
LFG	Laagfrequent geluid, geluid met een frequentie lager dan ongeveer 125 Hz.
Luidheid	Een maat die aangeeft hoe luid een individu een bepaald geluid waarneemt (perceptieve maat). De luidheid kan worden uitgedrukt in foon.

Ménière, syndroom	Het <i>syndroom</i> van Ménière geeft dezelfde verschijnselen als de ziekte van Ménière, maar kan gepaard gaan met andere aandoeningen.
Ménière, ziekte	De <i>ziekte</i> van Ménière is een aandoening van het slakkenhuis in het oor. De ziekte gaat gepaard met een verhoogde druk van het endolymfe-systeem. De klachten zijn: een vermindering van het gehoor, evenwichtsstoornissen en oorsuizen. De ziekte kent een actieve fase van drie tot vier jaar. Uiteindelijk leidt de ziekte tot doofheid.
Sensitisatie	Een toename van de reflex op prikkel (toename van gevoeligheid).
Zuivere toon	Een toon die uit één frequentie bestaat.

## Geraadpleegde deskundigen

Tijdens de totstandkoming van deze richtlijn zijn gesprekken gevoerd met:

- M. Jacobs (Vereniging Leefmilieu)
- L. Jonkman, C. van den Enk, D. van der Plas (Stichting Laagfrequent Geluid)
- N. de Jong (DCMR)

De richtlijn is van commentaar voorzien door:

- J.A.P.M de Laat (LUMC)
- W. Soede (LUMC)
- P. van Dijk (UMCG)



## Samenstelling werkgroep

### **Penvoerder**

R. Slob, GGD Rotterdam-Rijnmond

### **Werkgroepleden**

F. van den Berg, GGD Amsterdam (vervanger: F. Woudenberg)

P. van Dijk (UMCG)

W. Niessen (GGD Groningen)

A. Jonkman (GGD Groningen)

G. de Meer (GGD Fryslân)

S. Lops (GGD Gelderland Midden)

I. van Kamp (RIVM/DMG)

### **Coördinator**

A. Dusseldorp (RIVM/VLH/cGM)

**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*