



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

**Onderzoeksprogramma
Laagfrequent geluid (LFG):
Stand van zaken en aanbevelingen
voor vervolgonderzoek**

RIVM-rapport 2021-0187

K. White et al.



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

Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

RIVM-rapport 2021-0187

Colofon

© RIVM 2021

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.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0187

K. White (projectleider, auteur), RIVM
A. Versteeg (auteur), RIVM
A. Kok (auteur), RIVM
R. van Poll (auteur), RIVM
R. Benhadi (auteur), Hekkelman advocaten
A. Dusseldorp (auteur), RIVM

Contact:

Kim White

Centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid

kim.white@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in samenwerking met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties in het kader van het onderzoeksprogramma Laagfrequent Geluid

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Laagfrequent geluid is geluid met lage tonen (tussen 20 en 100/125 Hertz). De laatste jaren is er meer maatschappelijke onrust over laagfrequent geluid en de vraag of het schadelijk is voor de gezondheid. De laatste vijf jaar hebben meer mensen laagfrequent geluid gemeld bij onder andere de GGD en gemeenten. Soms gingen de meldingen samen met hinder en lichamelijke klachten.

Het RIVM doet aanbevelingen welk onderzoek nodig is om mogelijke gezondheidseffecten beter te begrijpen, ook omdat het aantal bronnen naar verwachting toeneemt. Zo is het niet bekend hoeveel laagfrequent geluid er in Nederland is en wanneer het hinder veroorzaakt. Het RIVM vindt het belangrijk om onderzoek te doen naar de blootstelling aan laagfrequent geluid in combinatie met onderzoek naar de gezondheid.

Ook blijkt dat niet alle betrokkenen (GGD'en, gemeenten, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, kno-artsen) goed samenwerken. De aanpak en de samenwerking van de verschillende organisaties verschillen nu per regio. Het RIVM beveelt aan om meer samen te werken. Verder is onderzoek nodig of (cognitieve) therapie helpt om mensen te leren omgaan met hun klachten. Deze therapie wordt soms aangeraden als er geen laagfrequent geluid wordt gemeten of de bron niet te vinden is.

Geluid in het algemeen, waar laagfrequent geluid een onderdeel van is, is erkend als een risico voor de volksgezondheid. Verschillende gezondheidseffecten van geluid in het algemeen zijn bewezen, zoals hinder, slaapverstoring, en hart- en vaatziekten. Ook andere factoren dan het geluid zelf hebben invloed hoe mensen het ervaren. Voorbeelden zijn persoonlijke gevoeligheid, veranderingen in de omgeving en vertrouwen in de overheid. Volgens internationaal onderzoek hangt blootstelling aan laagfrequent geluid samen met (ernstige) hinder en mogelijk met slaapverstoring. Het is niet bewezen dat laagfrequent geluid hart- en vaatziekten veroorzaakt.

Grofweg zijn er grote bronnen (zoals industrie, festivals, en transport) en kleine bronnen van laagfrequent geluid. De laatste zitten in huizen of kantoren (wasmachines, warmtepompen, ventilatiesystemen). Het is vaak lastig om de bron van laagfrequent geluid te vinden. Laagfrequent geluid van grote bronnen valt vaak op grotere afstand meer op, waardoor de bron moeilijk te achterhalen is.

Maatregelen zijn meestal maatwerk. Voor de grotere bronnen kunnen dat dempers en isolerende kasten om apparaten zijn. Bij kleine bronnen helpen kleine ingrepen al om laagfrequent geluid te voorkomen, bijvoorbeeld door een koelkast op de goede manier te plaatsen.

Kernwoorden: geluid, laagfrequent geluid, LFG, gezondheid, bronnen, maatregelen, meldingen, hinder, gezondheidseffecten, juridische aspecten

Synopsis

Low frequency noise (LFN) research programme: State of affairs and recommendations for follow-up research

Low frequency noise is sound consisting of low tones (between 20 and 100/125 Hertz). In recent years, there has been an increasing level of social concern with regard to low frequency noise and whether it is harmful for health. Over the past five years, more people have reported incidents of low frequency noise to authorities, such as the municipal health service and municipalities. Some of these reports were accompanied by reports of annoyance and physical symptoms.

RIVM makes recommendations with regard to the research that is needed to better understand potential health effects, also because the number of sources is expected to increase in future. In fact, little is known about the amount of low frequency noise in the Netherlands and when it leads to annoyance. RIVM thinks it is important to conduct research into exposure to low frequency noise in combination with research into health effects.

As it turns out, not all the parties involved (municipal health services, municipalities, environmental services, general practitioners, audiologists and ear, nose and throat specialists) collaborate effectively. At present, the approach and collaboration implemented by the various organisations differ per region. RIVM recommends a greater degree of collaboration. Research is also needed to determine whether (cognitive) therapy helps people to deal more effectively with their symptoms. This therapy is sometimes recommended when no low frequency noise is detected or if the source cannot be located.

Sound in general, of which low frequency noise is a component, is recognised as a risk for public health. Various health effects of sound in general have been demonstrated, including annoyance, sleep disturbance, and cardiovascular diseases. Other factors than the sound itself also influence how people experience the sound. Such factors include individual noise sensitivity, changes in the surroundings, and the level of trust in the government. According to international research, exposure to low frequency noise is associated with (severe) annoyance and potentially with sleep disturbance. It has not been proven that low frequency noise causes cardiovascular diseases.

Roughly speaking, there are large sources (such as industry, festivals and transport) and small sources of low frequency noise. Small sources are located in homes or offices (washing machines, heat pumps, ventilation systems et cetera). It is often difficult to locate a low frequency noise source. Low frequency noise from large sources is often more noticeable at a greater distance, making it more difficult to determine the source.

Measures generally have to be tailored to the specific situation. For larger sources, these can include dampers and insulation housings

around equipment or installations. For smaller sources, minor interventions can help to prevent low frequency noise, for example by placing a refrigerator correctly.

Keywords: sound, LFN, low frequency noise, health, sources, measures, reports, annoyance, health effects, legal aspects.

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Introductie — 13

- 1.1 Opbouw van dit rapport — 13

2 Achtergrond en kennis uit bestaande literatuur — 15

- 2.1 Wat is laagfrequent geluid (LFG)? — 15
- 2.2 Bromtonen — 15
- 2.3 Hoorbaarheid van (laagfrequent) geluid — 15
- 2.4 LFG-bronnen — 17
- 2.4.1 Algemeen — 17
- 2.4.2 Normering van emissies — 18
- 2.4.3 Grote bronnen — 18
- 2.4.4 Bronnen in en om woningen — 19
- 2.4.5 Conclusies LFG-bronnen — 20
- 2.5 Maatregelen — 20
- 2.5.1 Vinden van de oorzaak — 20
- 2.5.2 Maatregelen grote bronnen — 21
- 2.5.3 Maatregelen bronnen in en om woningen — 21
- 2.5.4 Conclusies maatregelen tegen LFG — 22
- 2.6 Gezondheidseffecten — 22
- 2.6.1 Gezondheidseffecten van geluid in het algemeen (inclusief LFG) — 22
- 2.6.2 Gezondheidseffecten van LFG — 23
- 2.7 Invloed van niet-akoestische factoren (co-determinanten) op hinder — 24
- 2.7.1 Niet-akoestische factoren bij geluid in het algemeen — 24
- 2.7.2 Niet-akoestische factoren bij LFG — 25
- 2.7.3 Conclusies niet-akoestische factoren — 26

3 Inventarisatie van de stand van zaken in Nederland — 27

- 3.1 Omvang problematiek — 27
- 3.1.1 Meldingen bij GGD'en — 28
- 3.1.2 Meldingen bij omgevingsdiensten — 28
- 3.1.3 Meldingen bij gemeenten — 29
- 3.1.4 Meldingen bij huisartsen — 30
- 3.1.5 Aantal LFG-gehinderden bij audiologen — 30
- 3.1.6 Meldingen bij Stichting LaagFrequent geluid (St. LFg) en de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG) — 31
- 3.1.7 Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) — 32
- 3.1.8 Schatting percentage LFG-gehinderden — 33
- 3.1.9 Conclusies omvang LFG-effecten — 34
- 3.2 Aanpak bij meldingen — 34
- 3.2.1 Aanpak GGD — 35
- 3.2.2 Aanpak omgevingsdiensten — 36
- 3.2.3 Aanpak gemeenten — 37
- 3.2.4 Aanpak audiologen — 38
- 3.2.5 Conclusies aanpak LFG-problematiek — 39
- 3.3 Samenvatting juridische aspecten LFG (zie Bijlage I voor de volledige tekst over het juridisch kader bij LFG) — 40

4	Conclusies, aanbevelingen en voorstellen voor vervolgonderzoek – 43
4.1	Conclusies LFG-bronnen en maatregelen – 43
4.2	Conclusies meldingen en aanpak – 43
4.3	Aanbevelingen – 44
4.4	Voorstellen voor vervolgonderzoek – 45
4.4.1	Onderzoeksvoorstel 1 – Uitvoeren van verkennende metingen – 45
4.4.2	Onderzoeksvoorstel 2 – Versterken kennisbasis bronnen en maatregelen – 46
4.4.3	(Onderzoeks)voorstel 3 – Stroomlijnen van de afhandeling van meldingen – 46
4.4.4	Onderzoeksvoorstel 4 – Kwalitatief onderzoek naar ervaringen met therapie om te leren omgaan met LFG – 47
4.4.5	Vervolgonderzoek 5 – Vervolg vragen juridisch – 47
5	Dankwoord – 49
6	Referenties – 51
	Bijlage A. Weging van geluid – 57
	Bijlage B. Vragenlijst omgevingsdiensten – 59
	Bijlage C. Resultaten vragenlijsten omgevingsdiensten – 62
	Bijlage D. Vragenlijst gemeenten – 64
	Bijlage F. Vragenlijst audiologen – 69
	Bijlage G. Resultaten vragenlijsten audiologen – 71
	Bijlage H. Aanpak/samenwerking bij bromtonen – 72
	Bijlage I. Juridisch kader normering laagfrequent geluid – 73

Samenvatting

De laatste jaren lijken er meer zorgen te bestaan over de aanwezigheid van laagfrequent geluid (LFG) en/of bromtonen in de leefomgeving en de eventuele effecten hiervan op het welzijn en de gezondheid. Zowel in Nederland als in het buitenland lijkt een toename te bestaan van het aantal mensen dat gezondheidsklachten meldt, waarbij deze klachten worden toegeschreven aan laagfrequent geluid. In Nederland komen meldingen onder meer binnen bij de GGD'en, gemeenten, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, de Stichting LaagFrequent geluid (St. LFg) en de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG). Sommige mensen geven hierbij aan dat zij zeer veel hinder of lichamelijke klachten ondervinden.

Vanwege de aandacht voor LFG in de media en vragen van de Tweede Kamer over het onderwerp, is het RIVM gevraagd om over LFG een onderzoeksprogramma op te stellen. Ook is er een factsheet met de laatste stand van zaken gepubliceerd in september 2020: [Laagfrequent Geluid \(LFG\) \(rivm.nl\)](#).

Aanpak van dit project

Om te komen tot een onderzoeksprogramma is eerst onderzocht wat de stand van zaken is op gebied van LFG. Naar aanleiding van de bevindingen hiervan is een aantal gerichte onderzoeksvoorstellen opgesteld die onderaan deze samenvatting kort worden omschreven. Deze onderzoeksvoorstellen zijn erop gericht om een beter beeld te ontwikkelen over de relatie tussen blootstelling aan LFG en de volksgezondheid, de samenwerking tussen betrokken partijen rondom meldingen over LFG te verbeteren en perspectief te bieden aan mensen met ernstige klachten die worden toegeschreven aan LFG of bromtonen.

Op grond van bestaande kennis en documenten wordt in dit rapport samengevat wat laagfrequent geluid is, wat bromtonen zijn, hoe het zit met de hoorbaarheid van LFG, LFG-bronnen, maatregelen om LFG te reduceren en wat er bekend is over de gezondheidseffecten en co-determinanten hiervan (niet-akoestische factoren). Naast het onderzoek dat door het RIVM is uitgevoerd, is tijdens twee digitale bijeenkomsten met externe experts gesproken over hoe zij LFG en bromtonen zien en wat zij nodig achten om verder te komen op dit gebied. Verder is het aantal meldingen over LFG op een rij gezet op basis van bestaande registraties (van GGD'en, St. LFg en de NSG) en zijn gemeenten, omgevingsdiensten en audiologen gevraagd naar het aantal meldingen dat zij ontvangen en de gekozen aanpak om de gehinderden verder te helpen.

Door een jurist van Hekkelman advocaten is nagegaan wat de regelgeving is ten aanzien van LFG, nu en onder de Omgevingswet. Ook is gekeken naar de regelgeving buiten Nederland. Ten slotte is een aantal vervolgvragen opgesteld. Dit overzicht is opgenomen in dit rapport in bijlage I.

Wat is LFG?

Laagfrequent geluid (LFG) is een onderdeel van het geluidsspectrum en is geluid dat bestaat uit zeer lage tonen: frequenties (aantal golfbewegingen per seconde) tussen 20 Hz – 100/125 Hz (Hertz). Geluid onder 20 Hz wordt infrason geluid genoemd. Geluid boven deze 100/125 Hz noemen we gewoon geluid. Vaak wordt ook wel gesproken over een *bromtoon*, omdat pas met een geluidmeting met zekerheid is vast te stellen of er inderdaad sprake is van LFG of dat het gaat om een relatief lage toon die buiten bovenstaand spectrum valt. Niet alle landen hanteren dezelfde definitie van LFG. In sommige landen worden bijvoorbeeld alle toonhoogtes tot 250 Hz gerekend tot LFG.

Bronnen van LFG

Er zijn veel bronnen die LFG produceren. Grofweg vallen de bekende bronnen in te delen in grote bronnen (industriële installaties, festivals, transport) en kleine bronnen die zich in en om het huis of bij kantoren bevinden (wasmachines, warmtepompen, ventilatiesystemen). Van deze kleine bronnen wordt een toename verwacht, samenhangend met de energietransitie/klimaatadaptatie (bijv. airco's en warmtepompen). Ook bestaan er natuurlijke bronnen van LFG, zoals onweer, zware wind, aardbevingen en de branding van de zee.

Maatregelen om LFG te reduceren

Bij grote bronnen is LFG vaak bij de bron zelf niet dominant, maar valt het LFG op afstand meer op doordat hoge tonen makkelijker gedempt worden, waardoor het LFG overblijft. Ook gevels van woningen dempen LFG minder goed dan hogere frequenties, waardoor LFG binnenshuis meer op kan vallen dan buiten.

Het vinden van een LFG-bron is vaak complex. Vanwege de lage frequenties is de richting van waaruit het geluid komt niet goed te achterhalen. Bij meldingen van LFG wordt dan ook in veel gevallen geen specifieke bron gevonden.

Wanneer een bron wel te vinden is, is vaak maatwerk nodig. Dempers en omkastingen van apparaten zijn daarbij mogelijke maatregelen. Soms is een neveneffect van een maatregel die bedoeld is om het dB(A)-niveau te reduceren, dat LFG meer opvalt doordat het niet meer gemaskeerd wordt door geluid met hogere frequenties. Veel maatregelen zijn gericht op het verminderen van het dB(A)-niveau aangezien de normen in dB(A) zijn gesteld. Door het ontbreken van normering voor LFG of bijvoorbeeld een normering in dB(C)-niveau ontbreekt het aan stimulans om LFG-emissies te verminderen.

Bij kleine bronnen zijn soms relatief kleine ingrepen afdoende om LFG te voorkomen. Het op een juiste manier plaatsen van apparatuur zoals een koelkast, leertjes zetten, een wand verzwaren, iets doen aan stromingen in een leiding kan al helpen. In een ideale situatie wordt bij ontwerp van installaties en woningen en bij de installatie van een apparaat zelf rekening gehouden met mogelijk optredend LFG.

Gezondheidseffecten van LFG

Geluid in het algemeen wordt gezien als een grote milieurisicofactor voor de volksgezondheid. Voor geluid in het algemeen is herhaaldelijk aangetoond dat het verscheidene effecten heeft, zoals hinder,

slaapverstoring, cardiovasculaire aandoeningen, metabole effecten en cognitieve effecten bij kinderen. Naast de kenmerken van het geluid zelf (type geluid, geluidsterkte) spelen co-determinanten (niet-akoestische factoren) een rol bij het optreden van geluidhinder.

LFG is een onderdeel van het geluidsspectrum, maar is ook in enkele onderzoeken apart bekeken. Daaruit bleek ook blootstelling aan LFG samen te hangen met (ernstige) hinder en mogelijk met slaapverstoring. Er is geen bewijs voor cardiovasculaire effecten van LFG.

Omvang van de problematiek

In 2019 gaf 3,2% van de bevolking van 16 jaar en ouder in Nederland aan geluidhinder te ondervinden van LFG (in 2016: 2,2%). Ernstige slaapverstoring door LFG is eveneens toegenomen: van 1,9% in 2016 naar 2,6% in 2019. Dat betekent dat ongeveer 458.000 mensen ernstige hinder en 372.000 mensen ernstige slaapverstoring rapporteerden door LFG. Bij landelijke vragenlijsten (zoals de gezondheidsmonitor van de GGD'en en het Onderzoek Beleving Woonomgeving) en ook bij de meeste meldingen is geen beeld van de daadwerkelijke blootstelling aan LFG.

Het aantal meldingen bij GGD'en, de St. LFG en de NSG is de afgelopen jaren ook toegenomen. Desgevraagd geven ook omgevingsdiensten grotendeels aan dat ze de afgelopen vijf jaar een toename zien in het aantal meldingen. Gemeenten en audiologen zijn daar gemiddeld genomen wat minder uitgesproken in. Wat opvalt bij meldingen over hinder door bromtonen/LFG is de ernst van de klachten van sommige melders: voor hen is de hinder dusdanig ernstig dat het uiteindelijk leidt tot een ernstige aantasting van het welzijn.

Aanpak van meldingen

GGD'en hanteren een landelijke (voorlopige) richtlijn om mensen te helpen die zich bij hen melden en aangeven hinder en/of gezondheidsklachten te ondervinden van LFG (Slob et al., 2016). Onderdeel van de aanpak is contact zoeken met de omgevingsdienst wanneer een bedrijf als bron wordt aangewezen van de overlast, het proberen te objectiveren van de aanwezigheid van meer dan gemiddeld LFG, en het op weg helpen van mensen in situaties waar geen LFG en/of geen bron kan worden aangetoond (of weggenomen). De omgevingsdiensten kunnen uitgebreider LFG meten dan de GGD, en doen dat op verschillende manieren. Metingen worden niet in alle gevallen uitgevoerd. De omgevingsdiensten hebben geen landelijke afspraken over het afhandelen van meldingen van LFG. De gemeenten hebben ook elk hun eigen aanpak maar verwijzen veel van hun meldingen door naar de omgevingsdienst. Indien LFG niet aantoonbaar aanwezig is, kan een audioloog een gehoortest afnemen om te zien of daar een oorzaak is te vinden, en afstemmen met de andere instanties of er wel/geen bron in de omgeving is te vinden. Als dit niet het geval is, en de gehinderde niets anders kan doen dan leren omgaan met de klachten, wordt soms gebruik gemaakt van (cognitieve gedrags)therapie.

Juridisch kader

Er bestaan geen specifieke normen voor LFG. Wel blijkt uit jurisprudentie dat bij ruimtelijke en milieubesluitvorming bekeken moet worden of LFG kan optreden. Als dat het geval is, dan is het aan het bevoegd gezag (doorgaans het gemeentebestuur) om te beoordelen of er sprake is van hinderlijk LFG en of het nodig is om dit te normeren. De Omgevingswet brengt in het voorgaande geen wijziging. Echt bruikbare voorbeelden of aanknopingspunten van landen die LFG op adequate wijze hebben genormeerd zijn er niet. Temeer omdat ofwel geen sprake is van een wettelijke normering ofwel de normering van LFG slechts doelt op een specifieke bron (windturbines).

Aanbevelingen en onderzoeksrichtingen

- Om te komen tot een beter beeld van de omvang van de LFG-problematiek is het nodig om een beeld te hebben van de blootstelling aan LFG en de effecten hiervan. Om tot een eerste indruk te komen zou een periode geluidmetingen kunnen worden uitgevoerd rondom bekende bronnen, waarbij eveneens de beleving in kaart wordt gebracht.
- Een goed overzicht van de veel voorkomende bronnen van LFG en welke maatregelen getroffen kunnen worden ter voorkoming van LFG ontbreekt. Het opstellen van een overzicht zal helpen om bronnen op te sporen en zal ook helpen om het optreden van LFG te voorkomen. Hierbij is het goed een dergelijk overzicht te splitsen aan de hand van het handelingsperspectief en wie de maatregel zou kunnen treffen. Naast het treffen van maatregelen in geval van LFG is het ook goed om te kijken naar hoe LFG voorkomen kan worden wanneer een installatie ontworpen of geplaatst wordt.
- Het zou de gehinderden en betrokken instanties helpen als er een meer landelijk afgestemde aanpak tussen de verschillende partijen is, zodat (1) de gehinderde niet afhankelijk is van de plaats waarin hij/zij woonachtig is, (2) er goed gebruik gemaakt wordt van de expertise die landelijk aanwezig is en er voldoende mogelijkheden zijn om deze expertise te vergroten (3) ieders rol duidelijk is en men elkaar weet te vinden.
- Om de omvang in het aantal gehinderden in de gaten te blijven houden is het aan te bevelen vragen over laagfrequent geluid op te (blijven) nemen in de gezondheidsmonitor van de GGD'en en het Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW), en er als thema in het OBW wellicht ook een keer dieper op in te gaan. Een periodiek vragenlijstonderzoek is gezien de representativiteit de beste informatiebron om de trend te monitoren.
- Als een gehinderde in de situatie is beland dat leren omgaan met (de waarneming van) LFG de enige mogelijkheid is, wordt vaak cognitieve gedragstherapie aanbevolen. Experts zijn hierover enthousiast, maar studies naar de effectiviteit van deze therapievorm voor LFG zijn er nog beperkt. Een kwalitatieve studie naar de ervaringen van LFG-gehinderden met het volgen van een vorm van therapie kan hierbij een goede stap zijn.

1 Introductie

De laatste jaren lijken er meer zorgen te bestaan over de aanwezigheid van laagfrequent geluid (LFG) en/of bromtonen in de leefomgeving en de mogelijke effecten hiervan op het welzijn en de gezondheid. Zowel in Nederland als in het buitenland lijkt een toename te bestaan van het aantal mensen dat gezondheidsklachten meldt, waarbij deze klachten worden toegeschreven aan laagfrequent geluid. In Nederland komen meldingen onder meer binnen bij de GGD'en, gemeenten, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, de St. LFG en de NSG. Sommige mensen geven hierbij aan dat zij zeer veel hinder of andere lichamelijke klachten ondervinden. Bij het horen van een bromtoon kan inderdaad sprake zijn van een externe bron die LFG produceert, maar ook kan er een interne/medische oorzaak zijn: er wordt in dat geval wel LFG gehoord, maar er is geen LFG aan te tonen. De eventuele bron van LFG is moeilijker te traceren en/of aan te pakken dan een bron van 'gewoon' geluid, doordat LFG op grote afstand van de bron aanwezig kan zijn. Gehinderden kunnen daardoor lang in onzekerheid blijven over de oorzaak van hun klachten. Dat in sommige gevallen niet alle huisgenoten en/of burens het laagfrequente geluid ook horen, maakt dat een gehinderde zich onbegrepen kan voelen.

Vanwege de toenemende aandacht voor het onderwerp heeft het RIVM eerder een factsheet gepubliceerd (White et al., 2020) en een kennisagenda opgesteld. Op grond daarvan is het RIVM gevraagd om een LFG-programma op te stellen met uitgewerkte voorstellen voor vervolgonderzoek aan de hand van een overzicht van de stand van zaken omtrent LFG. Dit LFG-programma is, evenals de factsheet en de kennisagenda LFG, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) in samenwerking met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) en het ministerie voor Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK).

In dit rapport worden alleen effecten van LFG als omgevingsgeluid behandeld. De werksituatie wordt hierbij niet meegenomen.

1.1 Opbouw van dit rapport

Achtergrond

Op grond van bestaande kennis en documenten wordt samengevat wat laagfrequent geluid is, wat bromtonen zijn, hoe het zit met de hoorbaarheid van LFG en wat er bekend is over de gezondheidseffecten en de effecten van co-determinanten (niet-akoestische factoren).

Bronnen en maatregelen

Een overzicht van bekende bronnen of oorzaken van LFG is nodig voor een gerichte aanpak van LFG. Daarbij is het ook noodzakelijk dat er een handelingsperspectief is in de vorm van maatregelen om LFG te verminderen. Op basis van literatuur en ervaringen van experts is een overzicht van bekende (veel voorkomende) bronnen en maatregelen aan bronnen van LFG gemaakt.

Omvang problematiek en aanpak

Om een beeld te krijgen van de omvang en aanpak van de problematiek in Nederland is bekeken welke overheden en instanties betrokken zijn bij meldingen over en de aanpak bij LFG. Vervolgens is er vragenlijst onderzoek gedaan om in kaart te brengen wat men zoal tegenkomt: meldingen, deze meldingen zelf afhandelen of doorverwijzen, aanpak (al dan niet meten) et cetera. Deze vragenlijsten zijn aangeboden aan gemeenten, omgevingsdiensten en audiologen. Huisartsen hebben we niet bereid gevonden om deel te nemen. Van GGD'en is bij het RIVM een goed beeld van de cijfers en aanpak. De St. LFG en de NSG hebben eveneens hun cijfers ter beschikking gesteld.

Juridisch kader

Een jurist heeft onderzocht hoe de Nederlandse wetgeving met betrekking tot LFG is ingericht, nu en wanneer de Omgevingswet in werking treedt. Ook heeft hij in kaart gebracht hoe de Nederlandse wetgeving zich verhoudt tot wetgeving in het buitenland.

Conclusies, aanbevelingen en voorstellen voor vervolgonderzoek

Ten slotte heeft het RIVM op grond van de bevindingen conclusies getrokken en zijn aanbevelingen geformuleerd. Ook zijn een paar mogelijke voorstellen voor vervolgonderzoek uitgewerkt.

2 Achtergrond en kennis uit bestaande literatuur

2.1 Wat is laagfrequent geluid (LFG)?

Laagfrequent geluid (LFG) is een onderdeel van het geluidsspectrum en is geluid dat bestaat uit zeer lage tonen: frequenties (aantal golfbewegingen per seconde) tussen 20 Hz – 100/125 Hz (Hertz). We noteren 100/125 Hz omdat hiermee een overgangsgebied wordt gehanteerd tussen wat LFG en wat geluid in het algemeen genoemd wordt. Geluid onder 20 Hz wordt infrasoon geluid genoemd. Geluid boven deze 100/125 Hz noemen we gewoon geluid. Vaak wordt ook wel gesproken over een *bromtoon*, omdat pas met een geluidmeting met zekerheid is vast te stellen of er inderdaad sprake is van LFG of dat het gaat om een relatief lage toon die buiten bovenstaand spectrum valt. Niet alle landen hanteren dezelfde definitie van LFG. In sommige landen worden bijvoorbeeld alle toonhoogtes tot 250 Hz gerekend tot LFG.

2.2 Bromtonen

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. Mensen die een bromtoon horen, vermoeden soms dat dit komt door LFG in hun omgeving.

Bij het horen van een bromtoon kunnen grofweg drie situaties van toepassing zijn (Slob et al., 2016):

- Er is LFG gemeten en een bron aan te wijzen. Dan moet bekeken worden of er iets aan de bron of de overdracht van het geluid gedaan kan worden.
- Er is LFG gemeten, maar er is geen duidelijke bron aan te wijzen. Daardoor is een oplossing voor de melder niet te vinden. De melder kan weinig meer doen dan leren omgaan met de bestaande situatie.
- Er is geen LFG gemeten. De melder wordt geadviseerd te zoeken naar andere oorzaken en/of te proberen ermee om te gaan.

2.3 Hoorbaarheid van (laagfrequent) geluid

Ons gehoor is niet in staat om alle frequenties (toonhoogtes) even goed te horen. Bij frequenties aan de uiteinden van het spectrum (zeer laag en zeer hoog) neemt de gevoeligheid van ons gehoor sterk af (Leventhall, 2009). Dat betekent dat het geluid steeds luider moet zijn om te kunnen worden waargenomen. Bij het vaststellen van geluidsniveaus wordt hiermee rekening gehouden door een weging over frequenties toe te passen. Hiervoor wordt meestal de A-weging gebruikt (dB(A)). De A-weging corrigeert voor de gevoeligheid van het menselijk oor bij een gemiddeld geluidsniveau. Bij hogere en lagere niveaus zal de gevoeligheid van het menselijk gehoor afwijken. Bij hoge niveaus kan ook de zogenaamde C-weging worden toegepast. Deze weging geeft een lagere correctie op de lagere frequenties. In bijlage A is de A-weging en C-weging nader uitgelegd.

Consequentie van het gebruik van een A-weging is dat op het totale geluidniveau de bijdrage van LFG relatief klein zal zijn. Door met een dB(A) te meten kan dan ook geen duidelijk uitspraak gedaan worden over de aanwezigheid van LFG. Naast de gevoeligheid van het gehoor is volgens Vercammen (1990) bij lagere frequenties eerder kans op hinder bij dezelfde luidheid van het geluid. De A- en C-wegingen houden geen rekening met deze extra kans op hinder.

Naast gevoeligheid van het gehoor over een breed frequentiespectrum kan ook specifiek naar de gevoeligheid van het gehoor bij LFG gekeken worden. Voor LFG worden in de praktijk verschillende curves naast elkaar gebruikt. Deze curves hebben allemaal hun eigen insteek en zijn dus niet inwisselbaar. Voor LFG geldt dat hoe lager de frequentie van het geluid is, hoe harder het geluid moet zijn om het te kunnen horen. Er zijn twee curves opgesteld voor de gehoordrempel (Tabel 1). De eerste is door Leventhall (2009) vastgesteld aan de hand van metingen van Watanabe en Moller (1990) en een ISO-standaard (ISO:226, 2003). De tweede is de zogenaamde NSG-curve.

De gehoordrempel van Leventhall is een mediaan bij normaal horende jongvolwassenen: 50% van de jongvolwassenen hoort iets beter en 50% van de jongvolwassenen hoort iets minder goed dan deze referentiewaarde.

De NSG-referentiecure is een 90%-gehoordrempel voor oudere (50-60 jaar) personen. Bij de NSG-curve geldt dat 10% van de oudere personen beter hoort en 90% hoort minder goed ten opzichte van deze gehoordrempel. Bij het onderzoek voor de NSG-curve hoorde dus 90% van de deelnemers het geluid niet wanneer dat een lagere geluidsterkte had (zachter was) dan de aangegeven geluidsterkte op de betreffende frequentie. De rationale om deze curve te baseren op 50-60 jarigen lag in het feit dat vooral mensen vanaf deze leeftijd hinder rapporteren.

Naast curves voor de gehoordrempel is de Vercammen-curve ook een veelgebruikte curve voor de beoordeling van LFG. Deze curve geeft de kans op hinder weer en is in 1990 in opdracht van het toenmalige ministerie van VROM vastgesteld. Het uitgangspunt van deze curve is dat 3-10% van de bevolking hinder zou kunnen ondervinden bij deze geluidniveaus. Deze curve wordt soms in de praktijk toegepast om af te wegen wat nog acceptabel is in de leefomgeving en wanneer mitigerende maatregelen op zijn plaats zijn.

Tabel 1 Gehoordrempel van jongvolwassenen (Leventhall), de 90%-gehoordrempel oudere personen (NSG-curve) en de Vercammen-curve bij laagfrequent geluid

Frequentie (Hz)	4	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Geluidniveau (dB) bij normaal horende jongvolwassenen	107	100	97	92	88	79	69	60	51	44	38	32	27	22	18	14
Referentiecure NSG-richtlijn: 90%-gehoordrempel oudere personen (dB)	-	-	-	-	-	74	62	55	46	39	33	27	22	-	-	-
Vercammen curve (3-10% gehinderd; dB)	-	-	86	82	77	71	65	60	55	50	46	42	39	36	-	-

2.4 LFG-bronnen

2.4.1 Algemeen

Er bestaan weinig publicaties die inventariseren welke bronnen van LFG er zijn. Ook zijn er geen databases of overzichten van geluidbronnen die kwalitatief of kwantitatief bronnen van LFG beschrijven. Veel kennis over LFG-bronnen is anekdotische kennis op basis van ervaringen van akoestische experts. Wel hebben Berglund et al. in 1996 een aantal bronnen van LFG beschreven. Daarnaast is er literatuur waarin bij een enkele bron gesproken wordt over LFG.

Voor de inventarisatie van bronnen zoals opgenomen in dit rapport is de bestaande wetenschappelijke literatuur bestudeerd en is geput uit de kennis van geluidexperts die gespecialiseerd zijn in het opsporen van LFG-bronnen. Deze experts hebben tijdens één van de expertmeetings aangegeven wat zij zien als de grootste bronnen van LFG. Met behulp van vragenlijsten is ook aan omgevingsdiensten en gemeenten naar hun ervaringen gevraagd omtrent gevonden LFG-bronnen. Daarnaast is gekeken naar de jaarrapportages van de St. LFG. In een enkel geval is bij een melding zoals opgenomen in de jaarrapportage een (potentiële) bron als oorzaak genoemd. Omdat er nog geen systematisch onderzoek is gedaan om LFG-bronnen te inventariseren zal het overzicht in dit rapport niet compleet zijn. Daarbij geldt ook dat bij veel bronnen het aandeel van het LFG in het gehele spectrum niet duidelijk is.

Er is een grote verscheidenheid aan geluidbronnen die LFG kunnen veroorzaken. Dit kunnen bronnen in huis zijn, bij de burens of (grotere) installaties buitenshuis (bijvoorbeeld generatoren of koelingen van gebouwen), of op industrieterreinen. Ook geluid van transport (spoor, weg, scheepvaart en luchtvaart) kan laagfrequente componenten bevatten. Omdat zowel de aard van het geluid als het handelingsperspectief verschilt tussen grotere bronnen en kleinere bronnen, worden grote bronnen en kleinere bronnen in en om het huis apart behandeld in dit rapport.

Ook bestaan er natuurlijke bronnen van LFG, zoals onweer, zware wind, aardbevingen en de branding van de zee.

2.4.2 *Normering van emissies*

Normen voor machines en grenswaarden van omgevingsgeluid zijn gericht op een dB(A)-niveau. Dat betekent dat een geluidmeting met het A-filter wordt uitgevoerd. Het A-filter is een nabootsing van het gehoor van de mens. Zoals in Figuur 11 (Bijlage A) valt af te lezen, zijn voor lagere frequenties (toonhoogtes) steeds hogere geluidsniveaus (harder geluid) nodig om het geluid te kunnen detecteren. Op het dB(A)-niveau heeft LFG slechts een geringe bijdrage, of anders verwoord: doordat mensen relatief slecht in staat zijn LFG te horen, filtert het A-filter (dat zoals gezegd gebaseerd is op het menselijk gehoor) een aanzienlijk deel van het LFG uit de meting. In een meting waarbij in dB(A) wordt gemeten, heeft de hoeveelheid LFG weinig invloed. Dit betekent dat er bij een dergelijke meting weinig informatie beschikbaar is over de hoeveelheid aanwezige LFG.

2.4.3 *Grote bronnen*

Voor grote LFG-bronnen zoals bij industrie, windturbines, luchtvaart, scheepvaart, wegen en spoorwegen geldt dat de afstanden van een woning tot de bron aanzienlijk kunnen zijn. Hierdoor zal de overdracht van het geluid door de atmosfeer een relatief belangrijke rol spelen. Hoger frequent geluid wordt makkelijker gedempt dan laagfrequent geluid. Hiermee verandert het karakter van het geluid van een dergelijke bron. Dit betekent dat het geluid op grote afstand niet alleen zachter klinkt, maar ook een ander karakter krijgt. Hoe verder de luisteraar van de bron verwijderd is, hoe groter de relatieve bijdrage van LFG op het geluid van deze bron. Oftewel, hoe verder de luisteraar van de bron afstaat, hoe meer LFG er in verhouding over is gebleven omdat hogere tonen meer zijn gedempt.

Hoe geluid door afgelegde afstand van karakter kan veranderen, is goed te zien in de luchtdemping. Deze demping, die veroorzaakt wordt door de absorptie van geluid door de lucht, is sterk frequentie-afhankelijk. Dit betekent dat de demping van het geluid door de lucht afhangt van de toonhoogte(s) van het geluid. In Tabel 2 is te zien dat er bij lagere frequenties nagenoeg geen demping plaatsvindt en er bij hoge frequenties een (zeer) sterke absorptie is.

Tabel 2 Luchtdemping¹ in dB per kilometer

32Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
0.02	0.07	0.25	0.76	1.6	2.9	6.2	19	67

Ook geldt dat er bij lage frequenties veel minder absorptie is door absorberende bodemsoorten, zoals grasland. Verder zijn geluidmaatregelen, zoals geluidsschermen, minder effectief bij lage frequenties. Uiteindelijk geldt ook dat gevels van gebouwen het laagfrequente geluid minder goed tegenhouden. Vanwege dit effect kunnen bronnen met een emissie die niet noodzakelijkerwijs sterke LFG-componenten bevat op grotere afstand wel als LFG-bron gehoord worden.

¹ Conform ISO 9613-1 bij een temperatuur van 10°C en een relatieve luchtvochtigheid van 80%.

Een voorbeeld hiervan kan wegverkeer zijn met een hoge emissie (zoals een drukke snelweg of spoorweg) of grotere industriële complexen.

Op basis van de expertmeeting en literatuur (Berglund et al., 1996) is een aantal voorbeelden van potentiële grote LFG-bronnen te noemen:

- transport (weg-, rail- en vliegverkeer en scheepvaart);
- industriële complexen;
- activiteiten zoals het plaatsen van containers;
- uitlaten van grote ketels;
- ventilatoren;
- trilzeven of schudzeven;
- leidingresonanties;
- windturbines;
- mijnbouw;
- festivals/discotheken;
- generatoren;
- zuigercompressoren;
- energie-installaties;
- schoorstenen (land en schepen);
- natuurlijke bronnen (wind, golven, onweer, aardbevingen).

Naast dergelijke installaties zijn er ook tijdelijke situaties zoals heien, bestratingswerkzaamheden etc. die LFG kunnen veroorzaken.

2.4.4 *Bronnen in en om woningen*

Bij bronnen in en om woningen heeft het optreden van LFG in veel gevallen te maken met een combinatie van een bron en de montage of plaatsing ervan. Een voorbeeld is een koelkast of vriezer waarbij contactgeluid met een wand of de vloer optreedt, waardoor deze wand of de vloer LFG gaat uitstralen. Door een andere plaatsing kan het contactgeluid en daarmee ook het optredende LFG worden voorkomen. Lang niet in alle gevallen is contactgeluid de dominante bron. De motor van een koelkast levert bijvoorbeeld LFG van 50 Hz op, dit is onafhankelijk van plaatsing.

Daarnaast zijn er bronnen met een relatief grote laagfrequente component waarvoor geldt dat dergelijke relatief eenvoudige oplossingen niet mogelijk zijn.

Veel voorkomende bronnen in en om woningen zijn:

- wasmachines;
- koelkasten;
- pc's;
- ventilatoren;
- liftmotor;
- mechanische ventilatie;
- stroming in luchtkanalen;
- transformatoren;
- warmtepompen en airco's;
- kleine huishoudelijke apparaten;
- leidingwerk/leidingresonanties;
- vijverpompen;
- omvormers zonnepanelen;
- cv-ketels;
- koelingen (van bijvoorbeeld winkels);
- luchtbehandelingskasten.

Door de toename van (aangedreven) installaties in en om woningen zoals balansventilatie, warmtepompen en airconditioning ligt het in de lijn der verwachting dat LFG afkomstig van deze bronnen zal gaan toenemen. Ook zijn veel maatregelen gericht op het verminderen van het dB(A)-niveau aangezien de normen in dB(A) zijn gesteld. Door het ontbreken van normering voor LFG of bijvoorbeeld een normering in dB(C)-niveau ontbreekt het aan stimulans om LFG-emissies te verminderen.

2.4.5 *Conclusies LFG-bronnen*

Grofweg vallen de bekende bronnen in te delen in grote bronnen en kleine bronnen die zich in en om het huis of bij kantoren bevinden. Bij grote bronnen is LFG vaak dicht bij de bron zelf niet dominant, maar doordat hoge tonen makkelijker gedempt worden dan lage tonen is het toch mogelijk dat het LFG op afstand meer opvalt.

Voor bronnen in en om het huis wordt een toename in het aantal potentiële LFG-bronnen verwacht. Dit komt omdat er steeds meer installaties in om een huis gebouwd worden (zoals een airco of warmtepomp). In het geval van contactgeluid of een resonantie kan overlast voorkomen worden door een juiste installatie.

Doordat voor LFG-metingen, net als bij metingen voor geluid in het algemeen, vaak gebruik wordt gemaakt van de dB(A)-setting (A-gewogen filter) heeft de hoeveelheid aanwezige LFG beperkt invloed. Omdat normering van emissies tevens in dB(A) wordt gesteld is er geen aanleiding om LFG te voorkomen.

2.5 **Maatregelen**

2.5.1 *Vinden van de oorzaak*

Om maatregelen te kunnen treffen aan LFG dient de bron gevonden te worden. Het is hierbij van belang te onderzoeken of het gaat om een bron in en om het huis of juist om een grotere bron. Dit is van belang omdat het type maatregel afhankelijk zal zijn van het type bron en de afstand tot de bron. Bij bronnen op grotere afstand spelen ook zaken mee zoals woningisolatie en overdracht van het geluid door de lucht. Voor sommige bronnen (zoals metro's, bouwwerkzaamheden) kunnen trillingen in de bodem een trilling opwekken in vloeren en muren van gebouwen die vervolgens LFG kan veroorzaken. Omdat soorten bronnen verschillen van aard en van potentiële maatregelen zullen ook hier de grote en kleine bronnen (in en om woningen) apart worden beschouwd.

Het vinden van een LFG-bron is vaak complex. Vanwege de lage frequenties is de richting van waaruit het geluid komt niet goed te achterhalen. Dit komt omdat de golflengte van laagfrequent geluid groot is. Deze is van eenzelfde orde van grootte als de afmetingen van ruimtes of soms nog groter (3 tot 17 meter). Naast dat de richting moeilijk te achterhalen is, kunnen er in ruimtes staande golven optreden. Een staande golf ontstaat als de lengte van de geluidsgolf even groot is als de afstand tussen twee muren in huis. Het geluid kan dan heen en weer blijven kaatsen, waardoor plaatselijk (bijvoorbeeld in één hoek van de kamer) de geluidsterktes groter (harder) worden. Hierdoor kan het zijn dat in een deel van een ruimte minder LFG te horen is dan

een ander deel van de ruimte. Hier dient ook rekening mee gehouden te worden als er gemeten wordt.

2.5.2 *Maatregelen grote bronnen*

Voor de meeste grote bronnen is geen eenduidig maatregelpakket te benoemen. Momenteel wordt vaak aan de hand van de specifieke situatie bekeken welke maatregelen mogelijk zijn. Iedere situatie vereist maatwerk.

Industriële bronnen krijgen vaak een omkasting of er wordt een geluidscherm geplaatst. Bij luchtinlaat worden roosters met demping toegepast en bij toegang en uitgang van bijvoorbeeld ventilatiesystemen worden ook wel dempers toegepast. In een enkel geval wordt ook gebruikgemaakt van antigeluid. Hierbij wordt in tegenfase geluid geproduceerd waardoor het geluid van een proces en het opgewekte antigeluid elkaar als het ware opheffen. Antigeluid is echter in de meeste situaties niet toepasbaar.

Er is enig onderzoek gedaan naar technische maatregelen bij windturbines. De meeste onderzoeken zijn gericht op het verminderen van het geluid in dB(A)-niveau. Maatregelen die getroffen kunnen worden zijn veelal gericht op het verminderen van turbulentie (Oerlemans & Fuglsang, 2012) of een toerentalreductie van windturbines. Met dergelijke maatregelen kan naast het hoger frequente geluid ook het aandeel LFG verminderd worden (Pilot Kennisplatform Windenergie, 2015). Daarnaast zijn er maatregelen om bijvoorbeeld het intermitterend geluid (van de rotors, downstroke en amplitudemodulatie (AM)) te verminderen. Deze karakteristieke kenmerken van windturbinegeluid worden soms onterecht aangezien voor LFG (Hayes, 2006). Andere onderzoekers menen dat LFG wel degelijk een rol speelt bij windturbines (Pilot Kennisplatform Windenergie, 2015).

Weg- en railverkeersgeluid wordt vaak gereduceerd door het plaatsen van een geluidswal of geluidscherm. Deze maatregel, gericht op het reduceren van geluid in het algemeen, is effectief is voor hogere frequenties maar minder effectief voor LFG. Gevolg hiervan is dat LFG na het plaatsen van een geluidswal of -scherm meer opvalt, doordat maskering door hogere frequenties is afgenomen (Campmans, 2017).

Voor grondgebonden geluid van luchtvaart zijn rond Schiphol maatregelen getroffen in het landschap. De zogenaamde geluidribbels zorgen voor een reductie van 7dB (Jaarverslag Schiphol, 2018).

2.5.3 *Maatregelen bronnen in en om woningen*

Bij kleine bronnen zijn soms relatief kleine ingrepen afdoende om LFG te voorkomen. Het op een juiste manier plaatsen van apparatuur zoals een koelkast, leertjes zetten, een wand verzwaren, iets doen aan stromingen in een leiding kan al helpen. Meestal gebruikt een adviseur de kennis uit de praktijk om een maatregel te treffen. Hierdoor kunnen maatregelen verschillen. Dit komt mede omdat er momenteel geen overzicht van veel getroffen maatregelen en de effectiviteit van die maatregelen is.

In een ideale situatie wordt bij ontwerp van installaties en woningen en bij de installatie van een apparaat zelf rekening gehouden met mogelijk optredend LFG. Dit voorkomt dat er na afloop nog maatregelen nodig

zijn. Het is niet helder in hoeverre hier rekening mee gehouden wordt. Een versterking van de kennisbasis over het voorkomen van LFG bij installatie of ontwerp zou wenselijk zijn.

Veel maatregelen die worden getroffen hebben als doel het dB(A)-niveau te verminderen in woningen. Een voorbeeld is geluidisolatiemaatregelen. Deze worden bepaald volgens de norm NEN-5077 die in beginsel gericht is op geluid vanaf 100 Hz. Wanneer een gevelisolatieproject is afgerond zal het stiller zijn in de woning. Hierbij zijn met name de hogere frequenties gedempt. De lage tot zeer lage frequenties zijn niet of in veel mindere mate gedempt. Waar voorheen LFG werd gemaskeerd door hoger frequent geluid ontbreekt deze maskering na de getroffen isolatiemaatregelen. Het LFG valt dan meer op.

2.5.4 *Conclusies maatregelen tegen LFG*

LFG-bronnen zijn vaak moeilijk te vinden, waardoor maatregelen niet altijd mogelijk zijn. Wanneer een bron wel te vinden is, is vaak maatwerk nodig. Dit heeft mede te maken met de heterogeniteit van LFG-bronnen. Elke bron produceert immers een eigen spectrum (eigen toonhoogtes) op eigen geluidsterktes. Ook is het niet altijd mogelijk om LFG te reduceren, doordat de geluidgolven lang zijn en moeilijker te dempen zijn dan de kortere golven van hogere frequenties. Soms is een neveneffect van een maatregel die bedoeld is om het dB(A)-niveau te reduceren, dat LFG meer opvalt doordat het niet meer gemaskeerd wordt door geluid met hogere frequenties.

Bij bronnen in en om het huis is LFG vaker te voorkomen of te verhelpen door de juiste plaatsing van installaties/apparatuur en het voorkomen van contactgeluid.

Er is geen model beschikbaar waarmee de blootstelling voor specifiek LFG vastgesteld kan worden zoals dat bijvoorbeeld voor veel bronnen in dB(A) niveau wel kan. Daarnaast geldt in veel gevallen voor grote bronnen dat als er LFG aanwezig is ook hoger frequent geluid aanwezig is. Hierdoor is niet altijd mogelijk om de respons specifiek voor LFG vast te stellen van verschillende bronnen. Hierdoor is het momenteel niet mogelijk om blootstelling-responsrelaties op te stellen.

2.6 **Gezondheidseffecten**

2.6.1 *Gezondheidseffecten van geluid in het algemeen (inclusief LFG)*

Geluid wordt gezien als één van de grootste milieurisicofactoren voor de volksgezondheid (WHO, 2011; WHO, 2018). Van geluid is herhaaldelijk aangetoond dat het verscheidene effecten heeft, zoals hinder (WHO, 2018; Miedema & Oudshoorn, 2001; van Kamp et al., 2004; Kim et al., 2012), slaapverstoring (WHO, 2018; Muzet, 2007; Hume et al., 2012), cardiovasculaire aandoeningen (WHO, 2018; van Kempen et al., 2018; Münzel et al., 2014; Münzel et al., 2021), metabole effecten (Dzhambov, 2015; Zare Sakhvidi et al., 2018) en cognitieve effecten o.a. bij kinderen (Clark & Paunovic, 2018; Klatte et al., 2013; van Kamp & Davies, 2013). Bekend is dat naast akoestische factoren ook andere factoren een rol spelen die de effecten van geluid beïnvloeden. Dit noemen we co-determinanten (of niet-akoestische factoren). Het gaat daarbij om contextuele (houding ten aanzien van de bron, participatie), situationele

(toegang tot een stille zijde) en persoonlijke (geluidgevoeligheid) factoren (zie paragraaf 2.7).

2.6.2 *Gezondheidseffecten van LFG*

Tot op heden is er beperkt onderzoek gedaan naar de effecten van LFG op de gezondheid. In deze paragraaf zullen we zowel ingaan op effecten van LFG die gemeld worden en effecten die vastgesteld zijn met onderzoek. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen deze zaken. Op het moment dat iemand een melding maakt van LFG en hierbij gezondheidsklachten noemt, wordt niet (altijd) getoetst of er: 1. daadwerkelijk sprake is van LFG in de leefomgeving van deze persoon, en 2. (in geval van LFG in de leefomgeving) of de gemelde klachten het gevolg zijn van LFG of (deels) een andere oorzaak hebben. Deze knelpunten in relatie tot meldingen maken dat het niet goed mogelijk is om wetenschappelijk vast te stellen of gemelde klachten een gevolg zijn van LFG. Wel kunnen meldingen een aanleiding zijn om onderzoek te starten naar bepaalde symptomen in relatie tot LFG.

Wat opvalt bij meldingen over bromtonen/LFG is de ernst van de klachten van sommige melders. De meeste melders ondervinden hinder, en melden soms nog enkele gezondheidseffecten, waarbij de gevolgen op het dagelijkse leven minimaal is. Maar er zijn ook melders bij wie de hinder dusdanig ernstig is dat het uiteindelijk leidt tot een ernstige aantasting van het welzijn en soms tot maatschappelijke uitval. In dergelijke situaties is het frustrerend voor betrokkenen dat het veelal niet mogelijk is om aan te tonen of LFG/bromtonen in de leefomgeving hiervan de oorzaak zijn of dat (ook) andere factoren een rol spelen.

Om potentiële gezondheidseffecten wetenschappelijk aan te tonen is gestructureerd onderzoek nodig. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan een onderzoek onder een flinke groep willekeurig gekozen mensen, bij wie de blootstelling aan LFG bekend of te berekenen is en die bereid zijn om mee te doen aan onderzoek (bijvoorbeeld met gebruikmaking van vragenlijsten en/of metingen aan het lichaam).

Baliatsas et al. (2016) hebben een *systematic* review uitgevoerd over gezondheidseffecten van LFG. Dat betekent dat zij zo veel mogelijk eerder uitgevoerd wetenschappelijk onderzoek hebben bekeken (periode januari 2000 t/m januari 2016) en deze onderzoeken in onderlinge samenhang kritisch hebben bekeken. Over hun bevindingen hebben zij een overzichtsartikel geschreven. Zij kwamen tot de conclusie dat blootstelling aan LFG samenhangt met (ernstige) hinder en mogelijk met slaapverstoring. Het percentage mensen dat ernstige hinder ervaart, varieerde in de bestudeerde onderzoeken van 2 tot 34% (Baliatsas et al., 2016). Vergelijkbare bevindingen werden gevonden bij een meer recente update van dit literatuuronderzoek (van Kamp et al., 2019). Deze grote verschillen tussen de onderzoeken zijn in ieder geval deels te verklaren doordat er sprake was van blootstelling aan verschillende bronnen, verschillende blootstellingsniveaus en doordat niet in alle landen dezelfde definitie van LFG wordt gehanteerd.

Overige symptomen die bij meldingen worden genoemd, maar waarvoor wetenschappelijk geen onderbouwing is, zijn onder meer: geheugenproblemen, verminderde prestaties, hartkloppingen,

duizeligheid en benauwdheid. In de overzichtsstudie van Baliatsas et al. (2016) wordt aangegeven dat met name concentratieproblemen en hoofdpijn wel worden genoemd in de bestudeerde onderzoeken, maar dat hierover niet voldoende onderzoek beschikbaar was om conclusies te kunnen trekken. Daarnaast was het aantal deelnemers aan de bestaande studies vaak erg (te) klein.

Sinds het einde van de jaren negentig heeft een groep onderzoekers artikelen geschreven over de zogenoemde vibro-akoestische ziekte (Alves-Pereira & Branco, 2007). Vrijwel al deze artikelen zijn terug te voeren op twee door de auteurs uitgevoerde experimenten: één beroepsmatige studie en één studie waarbij maar naar één persoon is gekeken. In een deel van deze artikelen beschrijven de auteurs de relatie tussen blootstelling aan LFG en klachten variërend van somberheid tot bindweefsel dat kapot gaat, hart- en vaatziekten en epilepsie. Deze studies zijn vaak van lage kwaliteit: er staat niet in beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd waardoor de resultaten niet bevestigd kunnen worden door andere onderzoekers. In de medische wereld is de vibro-akoestische ziekte geen erkende diagnose.

2.7 Invloed van niet-akoestische factoren (co-determinanten) op hinder

Geluid wordt eerst gedetecteerd door de oren en vervolgens waargenomen door het brein. Daarna vindt een reactie op het geluid plaats. Bij LFG lopen de reacties in de praktijk uiteen van 'niet waargenomen/geen hinder' tot 'ernstige hinder/het beheerst mijn hele leven' (Leventhall, 2009).

2.7.1 Niet-akoestische factoren bij geluid in het algemeen

Bij geluid in het algemeen (alle toonhoogtes samen) is bekend dat ook niet-akoestische factoren een rol kunnen spelen bij het ontstaan van hinder. Dit zijn factoren die losstaan van het geluid zelf maar wel van invloed zijn op de hinder die mensen ervaren. Bij niet-akoestische factoren wordt onderscheid gemaakt tussen persoonlijke, situationele, contextuele, sociale en demografische factoren.

Persoonlijke factoren zijn onder meer de manier waarop mensen met het geluid omgaan (coping), het gevoel controle te hebben, gevoeligheid voor geluid, angst voor (het geluid van) de bron, het gevoel dat het geluid vermijdbaar is (Leventhall, 2009; Guski, 1999; van Kamp, 1990; Houthuijs et al., 2007; Schreckenberget al., 2016; Marks & Griefahn, 2007; van Kamp et al., 2004; Miedema & Vos, 2003; Paunović et al., 2009). Van enkele persoonlijke factoren weten we dat ze goede voorspellers zijn voor geluidhinder, redelijk constant zijn in de tijd en moeilijk of niet aan te passen zijn. Aan een enkele factor, zoals copingstijl, kan met behulp van therapie enigszins gewerkt worden. Geluidgevoeligheid (hoe heftig komt het geluid binnen) daarentegen is een eigenschap van mensen die gedurende het leven vrijwel altijd constant blijft en niet te veranderen is (Stansfeld, 1992).

Onder *situationele factoren* wordt o.a. het volgende verstaan: waardering van de woonomgeving/buurt, de beschikbaarheid van natuur dichtbij de woning en stille plekken in de buurt (Van Kempen & Simon, 2019;

Lercher, 1996; Lugten et al., 2019; Dzhambov et al., 2018). Van het wonen in een groene buurt en het wonen nabij groen en stille plekken is bekend dat ze een gunstig effect op hinder hebben. Deze faciliteiten zorgen ervoor dat mensen tot rust kunnen komen en zelf invloed hebben op tot rust kunnen komen (door een groene en/of stille plek te kunnen bezoeken, Schäffer et al., 2020; Riedel et al., 2018; Lugten et al., 2018).

Contextuele factoren zijn onder andere: verwachtingen over de toekomst, (geplande) veranderingen, voorspelbaarheid van het geluid, de mogelijkheid om een melding te doen of een klacht in te dienen en (vindbare) informatie (Brown & van Kamp 2009a,b; Brown & van Kamp, 2017; van Poll et al., 2008; van Kempen & Simon, 2019). Veranderingen in de geluidssituatie leiden vaak tot een uitvergroting van de hinderreactie. Deze reactie kan beide kanten opgaan: bij vliegvelden waar (mogelijk) sprake is van veranderingen (uitbreiding, verandering van vluchtroutes etc.) is de hinder vaak groter dan op grond van de geluidssituatie zou worden verwacht. Maar ook het omgekeerde komt voor: na geluidreducerende maatregelen gaat de hinder vaak meer omlaag dan eerder werd verwacht.

Sociale factoren omvatten bijvoorbeeld: houding t.o.v. de bron, verwachtingen over toekomstig geluid en economische binding met de bron (van Kempen et al., 2019; Leventhall, 2009; Houthuijs et al., 2007; Schreckenberget al. 2016).

Factoren als leeftijd, sekse/gender en Sociaaleconomische Status (SES) noemen we *demografische factoren*. Van demografische factoren is bekend dat ze meestal geen of weinig invloed hebben op de manier waarop geluid wordt ervaren (Fields, 1993; Broër, 2006; Miedema & Vos, 1999).

2.7.2 *Niet-akoestische factoren bij LFG*

Over niet-akoestische factoren specifiek bij LFG is weinig bekend. Dat heeft vermoedelijk te maken met een aantal factoren. De meeste geluidbronnen produceren naast 'gewoon' geluid ook wat laagfrequent geluid. Bij geluidonderzoek wordt veelal bekeken wat de effecten zijn van een bepaalde bron en bijkomend eventueel welke niet-akoestische factoren hierbij een rol spelen. Doordat LFG als losse geluidfactor wordt beschouwd, waarbij specifieke bronnen niet centraal staan, is het lastig om te bepalen welke niet-akoestische factoren een rol spelen bij het ervaren van het geluid. Zoals eerder te lezen was, is in veel situaties niet duidelijk in welke mate er blootstelling plaatsvindt van LFG, waardoor ook de hinder van deze blootstelling onbekend is. Het is daardoor ook niet goed mogelijk om de rol van niet-akoestische factoren in dat proces te bepalen. Er is echter geen reden om aan te nemen dat de rol van niet-akoestische factoren bij LFG veel afwijkt van die bij geluid in het algemeen.

Wat er beschikbaar is aan literatuur op dit gebied zijn vooral laboratoriumstudies. Deze studies zijn niet altijd generaliseerbaar naar de bevolking. Vaak gaat het om studies onder een kleine groep mensen. Ook is de onderzochte groep vaak niet divers (bijvoorbeeld alleen jonge studenten), waardoor de resultaten niet overeen hoeven te komen met wat er gaande is in de algemene populatie. Wel kunnen

laboratoriumstudies een indicatie geven van hoe processen werken, doordat de omstandigheden in een laboratorium goed controleerbaar zijn.

In een laboratoriumstudie (Pawlaczyk-Luszczynska et al., 2010) werden mensen vooraf ingedeeld in groepen op basis van de mate waarin zij zichzelf gevoelig vonden voor geluid in het algemeen en voor LFG in het bijzonder. Dit gaven de deelnemers aan door middel van een vragenlijst vooraf. Vervolgens werden de deelnemers blootgesteld aan verschillende soorten geluidfragmenten, variërend in de hoeveelheid aanwezige LFG, geluidsterktes en de aanwezigheid van tonale componenten (dominante tonen). Doel hierbij was om verschillende soorten werkomgevingen na te bootsen. De blootstellingsniveaus waren vrij hoog in dit onderzoek: het geluid was harder dan in een woonomgeving kan worden verwacht. Uit de resultaten bleek dat gevoeligheid voor geluid in het algemeen en voor LFG in het bijzonder bij sommige geluidfragmenten leidde tot meer hinder, maar dit was niet in alle gevallen zo. Meer onderzoek is nodig om te achterhalen waarom geluidgevoeligheid in sommige, maar niet in alle gevallen leidde tot meer hinder door LFG.

In een eerdere laboratoriumstudie (Persson Waye et al., 2001) werd wel een duidelijk effect gevonden van gevoeligheid voor LFG op de mate van hinder. Mensen die tijdens het onderzoek aangaven gevoelig te zijn voor LFG (op een vragenlijst) rapporteerden meer hinder dan mensen die dit niet van zichzelf vonden. De mensen die zichzelf gevoelig noemden presteerden ook iets minder goed op taken die zij tijdens het onderzoek te doen kregen in vergelijking met de groep die zichzelf niet gevoelig achtte. In een andere laboratoriumstudie werd gevonden dat de hoeveelheid cortisol (stresshormoon) tijdens het horen van LFG minder afnam bij mensen die zichzelf hoog gevoelig vonden (Persson Waye et al., 2002). Dit is een indicatie voor verhoogde stressniveaus door het geluid bij geluidgevoelige mensen.

Bij een studie onder werknemers van een elektriciteitscentrale in Polen werden geen effecten gevonden van leeftijd en van hoelang mensen in dienst waren (Pawlaczyk-Luszczynska et al., 2003). Bij bovenstaand gevoeligheidsonderzoek van Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2010) werden eveneens geen verschillen gevonden tussen mannen en vrouwen en tussen leeftijdsgroepen.

2.7.3 *Conclusies niet-akoestische factoren*

Voor LFG is weinig bekend op gebied van niet-akoestische factoren. De kennis die er is, is afkomstig van laboratoriumstudies waarin veelal ook gekeken werd naar prestatie op een taak.

Er zijn geen aanwijzingen voor een rol van leeftijd en sekse. Dit is in lijn met de bevindingen voor geluid in het algemeen.

Er zijn wel wat aanwijzingen dat geluidgevoeligheid ook bij LFG een rol speelt in de manier waarop geluid wordt ervaren. Mogelijk leidt een verhoogde gevoeligheid tot meer hinder, meer stress en minder goede prestaties. Dit zou in lijn zijn met resultaten voor gevoeligheid bij geluid in het algemeen. Er is echter veel meer onderzoek nodig om deze eerste bevindingen te bevestigen dan wel ontkrachten.

Voor andere niet-akoestische factoren is nog geen onderzoek beschikbaar waarin specifiek de link wordt gelegd met LFG.

3 Inventarisatie van de stand van zaken in Nederland

Bij het inventariseren van de stand van zaken in Nederland is specifiek gekeken naar de omvang van de problematiek en de aanpak ervan.

3.1 Omvang problematiek

Er zijn, naast het bestuderen van wetenschappelijke literatuur, grofweg drie methoden om inzicht te krijgen in de omvang van de problematiek rondom LFG/bromtonen:

1. Het bekijken van (het aantal) meldingen in Nederland.
2. Met behulp van een aselecte steekproef mensen uitnodigen voor onderzoek. Dit betekent dat willekeurig wordt bepaald wie in Nederland een uitnodiging ontvangt om mee te doen met het onderzoek. Het gaat hierbij vaak om vragenlijstonderzoek onder enkele duizenden mensen.
3. Praten met experts.

Deze methoden hebben alle drie voor- en nadelen.

Ad 1. Voordeel van meldingen is dat het heel gericht mogelijk is om te zien waar meldingen vandaan komen en wat het probleem is. Mensen kunnen gericht hun verhaal vertellen. Nadeel van meldingen is dat nooit precies duidelijk is hoe representatief het aantal meldingen is en wat (een toe- of afname van) het aantal meldingen betekent. Dit is o.a. afhankelijk van de bekendheid van het meldpunt en de aandacht voor het onderwerp.

Ad 2. Het voordeel van (vragenlijst)onderzoek onder een willekeurig gekozen groep mensen is dat het mogelijk is om aan de hand van de resultaten in te schatten hoe groot het probleem is onder de hele bevolking. Dergelijke resultaten kunnen vervolgens aanleiding geven om al dan niet beleid te ontwikkelen. Nadeel van zulk onderzoek is dat niet iedereen die een uitnodiging ontvangt ook meedoet. Dat kan de resultaten vertekenen. Ook zijn mensen soms teleurgesteld of boos als ze geen uitnodiging hebben ontvangen om mee te doen aan het onderzoek.

Ad 3. Voordeel van praten met experts is dat ze inzicht kunnen geven in processen die niet of nog niet in de wetenschappelijke literatuur of elders beschreven zijn. Nadeel is dat elke expert maar in één of hooguit een paar regio's werkzaam is en daardoor geen volledig beeld heeft. Ook is het mogelijk dat experts bepaalde onderdelen van een probleem als belangrijker of onbelangrijker inschatten dan het in werkelijkheid is.

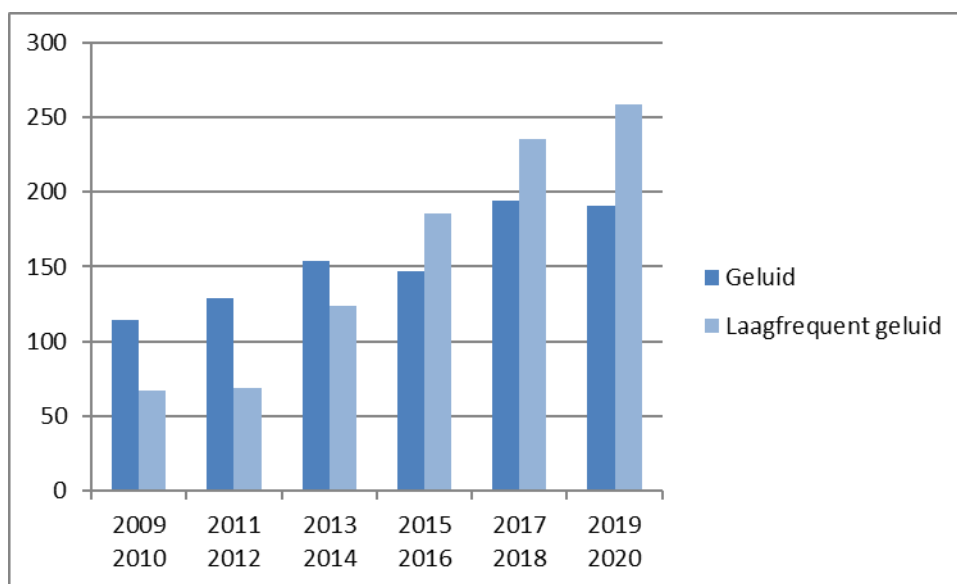
Hieronder maken we gebruik van gegevens van alle drie de methoden om een zo goed mogelijk beeld te schetsen van de situatie in Nederland. Er wordt eerst een overzicht gegeven van meldingen die gedaan zijn bij GGD'en, omgevingsdiensten, gemeenten, audiologen, de St. LFG en de NSG. Daarna bespreken we resultaten van een omvangrijk vragenlijstonderzoek onder een willekeurig gekozen groep mensen over de manier waarop zij hun woonomgeving beleven (Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW; voorheen 'Inventarisatie Verstoringen')) en

resultaten van ander onderzoek dat gepubliceerd is. Ten slotte geven we ook aan wat experts ons verteld hebben tijdens twee expertmeetings die in 2021 door het RIVM zijn georganiseerd.

3.1.1 Meldingen bij GGD'en

GGD'en registreren in het landelijke meldingssysteem OSIRIS welke meldingen over milieu en gezondheid bij hen binnenkomen. Meldingen over geluid en laagfrequent geluid zijn onderdeel van deze registratie. Elke twee jaar zet het RIVM deze data op een rij. Uit deze rapportages (Dusseldorp et al., 2019) blijkt dat het aantal meldingen over LFG de afgelopen tien jaar is toegenomen (zie Figuur 1). Het gaat om de mensen die de GGD weten te vinden met zorgen of klachten (meestal hinder) over LFG. Ook is te zien dat het aantal meldingen bij de GGD over LFG sinds enige jaren groter is dan het aantal meldingen over geluid in het algemeen. Uit deze data kan niet worden afgeleid worden hoeveel mensen in de hele bevolking gehinderd worden door LFG, omdat we niet weten welk gedeelte van de gehinderden contact opneemt met de GGD. Uit schattingen naar landelijke cijfers (zie paragraaf 3.1.7) blijkt dat waarschijnlijk maar een klein deel van de gehinderden contact zoekt met de GGD.

In de hinderdata van de GGD'en zijn, voor zover er data over beschikbaar zijn, grote regionale verschillen te zien (van Kamp et al., 2018).



Figuur 1 Aantal meldingen over geluid en laagfrequent geluid bij de GGD'en (Bron: Dusseldorp et al., 2019, aangevuld met OSIRIS/2021)

3.1.2 Meldingen bij omgevingsdiensten

Er zijn 29 regionale omgevingsdiensten in Nederland. Alle omgevingsdiensten zijn twee keer benaderd met het verzoek om een vragenlijst in te vullen. Uiteindelijk is de vragenlijst door 34 geluidspecialisten van 25 omgevingsdiensten ingevuld. Van acht omgevingsdiensten zijn twee of drie, door verschillende medewerkers ingevulde, formulieren ontvangen. Aangezien de antwoorden binnen deze acht omgevingsdiensten niet altijd

overeenkwamen zijn alle antwoorden meegenomen. Zowel de uitgezette vragenlijst als de resultaten zijn te vinden in Bijlage B en C.

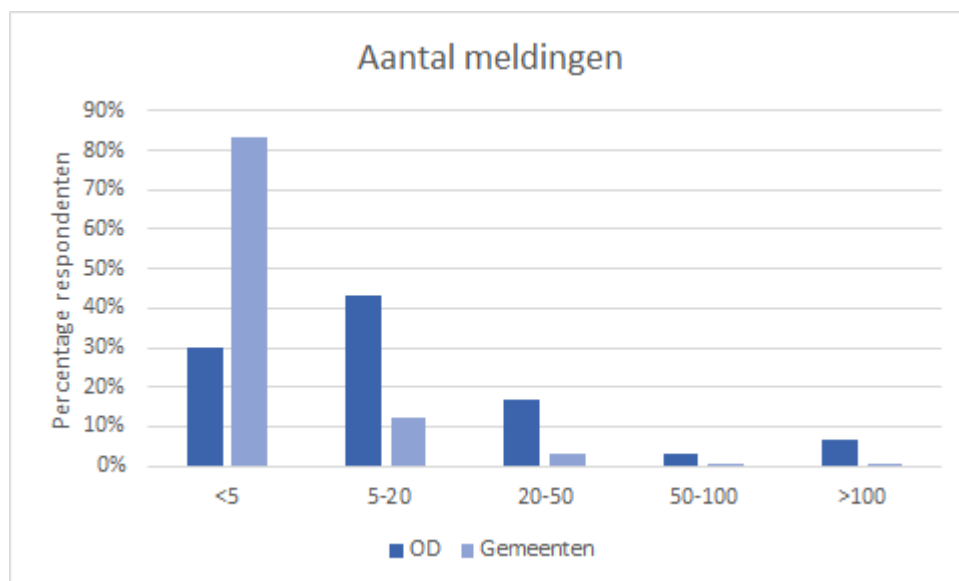
Bijna 90% van de deelnemende omgevingsdiensten geeft aan dat meldingen over LFG bij de omgevingsdiensten binnenkomen en ook geregistreerd worden. Het merendeel van deze meldingen wordt door de omgevingsdienst zelf afgehandeld (90%). Bijna de helft (43%) van de omgevingsdiensten heeft aangegeven in 2020 tussen vijf en twintig meldingen te hebben ontvangen, maar er zijn ook uitschieters naar minder dan vijf (30%) en naar meer dan honderd (7%) (Figuur 2). Eén omgevingsdienst (DCMR) heeft zelfs aangegeven dat er jaarlijks 1500 meldingen binnenkomen, waarbij in ongeveer de helft van de gevallen een bron getraceerd kan worden. De meeste omgevingsdiensten geven aan dat de afgelopen vijf jaar de meldingen over laagfrequent geluid zijn toegenomen (60%) of gelijk gebleven (26%). Slechts enkele omgevingsdiensten geven aan dat het aantal meldingen is afgenomen (7%) tijdens de afgelopen vijf jaar of geeft aan geen inschatting te kunnen maken (7%) (Figuur 5).

3.1.3 *Meldingen bij gemeenten*

Van de 355 aangeschreven gemeenten in Nederland hebben 144 (40%) gemeenten gereageerd met een ingevulde vragenlijst. Hiervan zijn negen formulieren door twee of meerdere gemeenten ingevuld omdat ze op het gebied van (meldingen over) LFG samenwerken. Daarnaast zijn er dertien formulieren door een geluidspecialist van een omgevingsdienst ingevuld uit naam van één of meerdere gemeenten, omdat de betreffende gemeenten LFG-meldingen daar uitbesteden. Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen, zijn alle ingevulde formulieren meegenomen in de analyses. Zowel de vragenlijst als de resultaten ervan zijn te vinden in Bijlage D en E.

De meeste gemeenten nemen meldingen over LFG in ontvangst (95%). Vervolgens wordt 63% van deze meldingen door de gemeenten zelf afgehandeld en 37% wordt uitbesteed. Gemeenten die meldingen over LFG niet zelf afhandelen, verwijzen veelal door naar de omgevingsdiensten en in enkele gevallen naar de GGD of een adviesbureau.² De meeste deelnemende gemeenten hebben aangegeven in 2020 minder dan vijf meldingen (83%) of tussen vijf en twintig meldingen (12%) over LFG te hebben ontvangen. De overige deelnemende gemeenten (5%) ontvingen meer dan twintig meldingen in 2020 (Figuur 2). Een derde (34%) van de deelnemende gemeenten heeft aangegeven niet in te kunnen schatten of en hoe het aantal meldingen de afgelopen vijf jaar is veranderd. De gemeenten die wel een inschatting hebben gemaakt geven aan dat het aantal meldingen over LFG in de afgelopen vijf jaar gelijk is gebleven (36%) of is toegenomen is (25%). Slechts enkele gemeenten hebben aangegeven dat ze denken dat het aantal meldingen is afgenomen (5%) (Figuur 3).

² De exacte percentages hiervoor zijn niet goed in te schatten vanwege de antwoordmogelijkheden. Kijk voor de precieze verhoudingen in de tabellen in Bijlage E.



Figuur 2 Door omgevingsdiensten en gemeenten geschatte aantallen ontvangen meldingen in 2020

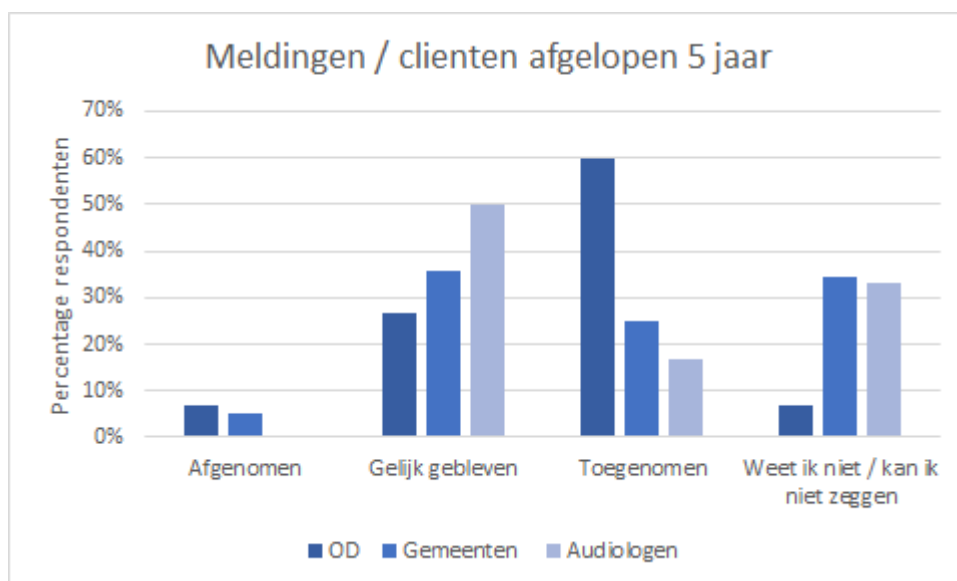
3.1.4 Meldingen bij huisartsen

Huisartsen zijn in dit traject niet bevroegd. Het RIVM heeft het Nederlands Huisartsen Genootschap (NHG) benaderd met een verzoek om een vragenlijst over LFG te verspreiden onder (een deel van de) Nederlandse huisartsen. De NHG heeft in reactie laten weten het onderwerp relevant te vinden, maar niet mee te willen werken in verband met het grote aantal verspreidingsverzoeken dat ontvangen wordt. Het RIVM schat in dat huisartsen, hoewel zij een belangrijke schakel zijn bij (ernstig) gehinderden, veelal maar met een klein aantal gehinderden in aanraking komen. In diverse bijeenkomsten met experts is geopperd dat huisartsen goed met de juiste informatie bereikt kunnen worden, wanneer deze informatie vindbaar is voor gehinderden om mee te kunnen nemen naar een consult met de huisarts.

3.1.5 Aantal LFG-gehinderden bij audiologen

De RIVM-vragenlijsten voor audiologen zijn door de Nederlandse vereniging voor audiologie verspreid onder de audiologen in Nederland en is door 36 audiologen ingevuld. Het is zowel voorgekomen dat meerdere audiologen per audiologisch centrum de vragenlijst hebben ingevuld, als dat audiologen van verschillende regio's vanuit dezelfde overkoepelende organisatie de vragenlijst hebben ingevuld. Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen, zijn alle ingevulde formulieren meegenomen in de analyses. De gebruikte vragenlijst en de resultaten zijn te vinden in respectievelijk Bijlage F en G.

De deelnemende audiologen hebben allen LFG/bromtoon-gehinderden behandeld. In 2020 zag het merendeel van de audiologen (78%) één tot vijf cliënten. Een derde van de audiologen (33%) weet niet of het aantal cliënten de afgelopen vijf jaar veranderd is. De overige audiologen schatten dat het aantal cliënten gelijk is gebleven (50%) of is toegenomen (17%)(zie Figuur 3).

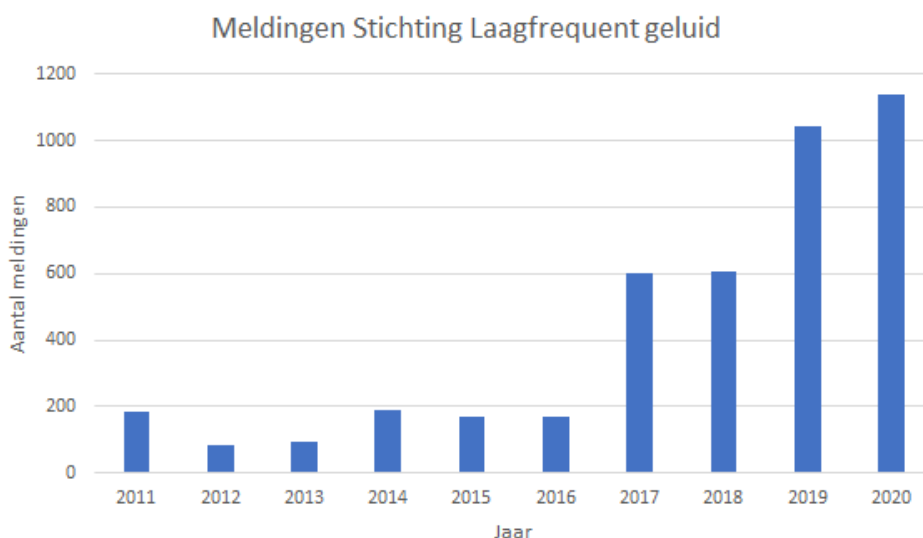


Figuur 3 Inschatting van het aantal meldingen/cliënten tijdens de laatste vijf jaar. Percentage respondenten dat schat dat het aantal meldingen/cliënten de afgelopen vijf jaar is toe/afgenomen of gelijk gebleven

3.1.6

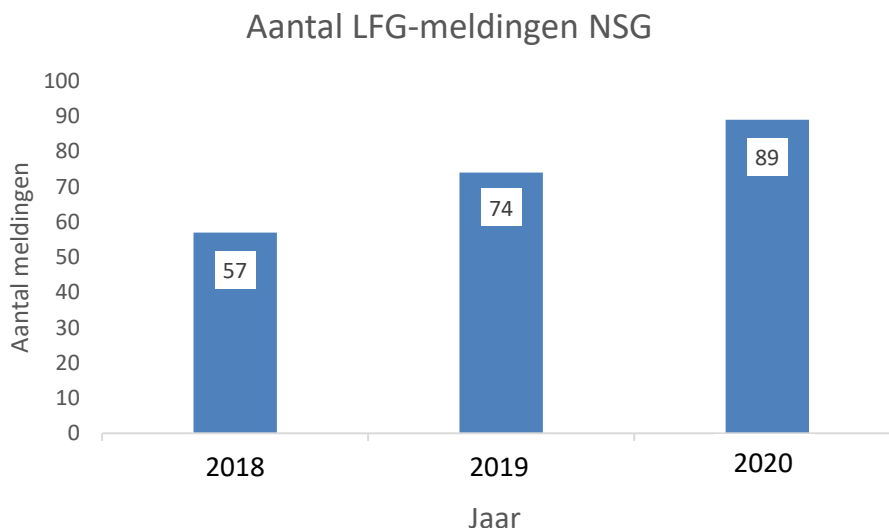
Meldingen bij de Stichting LaagFrequent geluid (St. LFg) en de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG)

De meldingen over LFG en/of bromtonen bij de St. LFg worden door de stichting (anoniem) gebundeld en worden jaarlijks aan de rijksoverheid gepresenteerd. In de laatste vier jaar zag de St. LFg een forse toename van het aantal meldingen over LFG (Figuur 4). Behalve dat een toename van LFG hiervoor een verklaring kan zijn, kan ook naamsbekendheid van de stichting hierbij een rol hebben gespeeld.



Figuur 4 Aantal meldingen over LFG bij de Stichting LaagFrequent geluid (St. LFg)

Ook bij de NSG is sprake van een stijging van het aantal meldingen over LFG (Figuur 5).



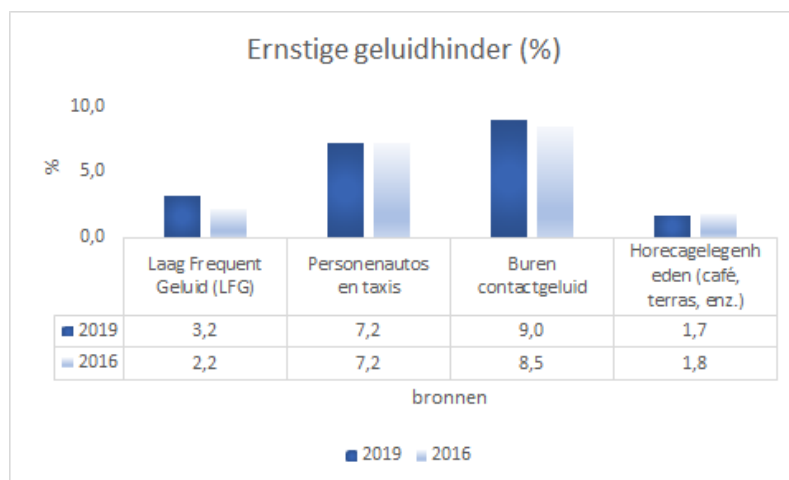
Figuur 5 Aantal meldingen over LFG bij de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG)

3.1.7 *Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW)*

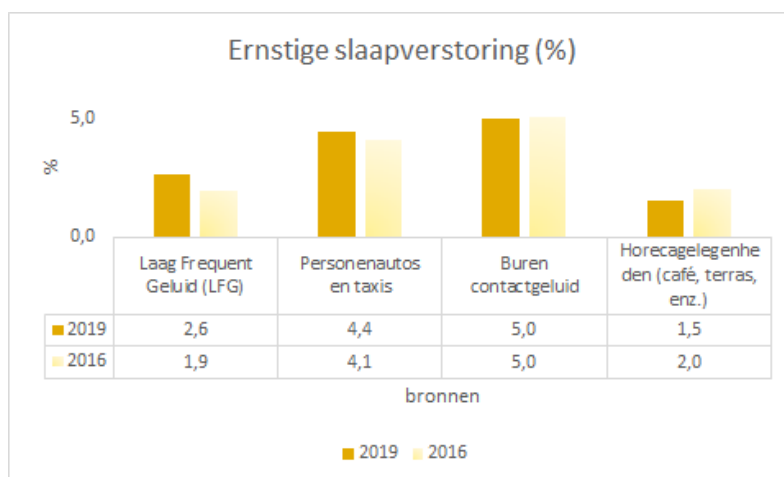
Het Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) is een doorlopend onderzoek naar hinder, slaapverstoring, bezorgdheid en tevredenheid met de woonomgeving. Het betreft een digitaal vragenlijstonderzoek naar bronnen van geluid, geur en trillingen in de woonomgeving. Het gaat hierbij alleen om de beleving van de deelnemers. De blootstelling aan verschillende bronnen wordt hierbij niet in kaart gebracht. De vragenlijst wordt uitgezet onder een representatieve steekproef van inwoners van 16 jaar en ouder in Nederland. Dit betekent dat enkele duizenden willekeurig gekozen inwoners van Nederland is gevraagd om mee te doen aan het onderzoek.

De respondenten wordt gevraagd of zij hinder en/of slaapverstoring ondervinden van LFG (en/of bromtonen). Op basis van de antwoorden wordt de omvang van de ernstige hinder en ernstige slaapverstoring³ bepaald. In 2019 gaf 3,2% van de bevolking (ongeveer 458.000 mensen) van 16 jaar en ouder in Nederland aan geluidhinder te ondervinden van LFG. In 2016 ging het om 2,2% van de deelnemers (zie Figuur 6). Ernstige slaapverstoring door LFG is eveneens toegenomen: van 1,9% in 2016 naar 2,6% in 2019 (ongeveer 372.000 mensen; zie Figuur 7).

³ Iemand is ernstig gehinderd wanneer de betreffende persoon op een schaal van 0 tot en met 10 een score 8 of meer aangeeft. Idem voor ernstige slaapverstoring. Een procentpunt (1%-punt) komt ongeveer overeen met 143.000 inwoners van Nederland (van 16 jaar of ouder).



Figuur 6 Percentage ernstig geluidgehinderden voor LFG en ter vergelijking drie andere bronnen in de woonomgeving (voor 2019 en 2016)



Figuur 7 Percentage ernstige slaapverstoring en drie andere bronnen van slaapverstoring in de woonomgeving (voor 2019 en 2016)

3.1.8 Schatting percentage LFG-gehinderden

Van Kamp et al. (2018) hebben een aantal registraties en vragenlijstonderzoeken op een rij gezet: de GGD-meldingen, gegevens uit de gezondheidsmonitor Groningen, gegevens uit het onderzoeksproject (TASTE), de Nederlandse Inventarisatie Verstoringen en gegevens uit een onderzoek naar het geluid van ventilatoren, airco's en andere installaties. Zij concluderen dat over de omvang van hinder toegeschreven aan LFG (een bromtoon) geen eenduidig getal is te noemen. Schattingen van het percentage ernstig gehinderden op basis van deze inventarisatie variëren van 2 tot 10%.

De auteurs geven aan dat er in standaardvragenlijsten (zoals bijvoorbeeld GGD-monitor) niet systematisch wordt gevraagd naar de hinder door LFG. Dit is voor het schatten van de hinder in Nederland een beperkende factor. Daar komt bij dat als er al naar LFG wordt gevraagd, de blootstellingsgegevens meestal ontbreken (aan hoeveel LFG zijn de

deelnemers blootgesteld). Om de bronnen en mechanismen te kunnen begrijpen, zijn die gegevens wel nodig.

Verder kunnen er grote verschillen bestaan in de blootstelling tussen buurten. Landelijke cijfers zullen de hinder voor de ene buurt overschatten en voor een andere buurt onderschatten. Het ligt daarom voor de hand LFG (ook) op een lager schaalniveau te bestuderen: bijvoorbeeld op wijkniveau of nog gericht. Hierbij is harmonisatie van blootstellingsgegevens en effectmaten (zoals hinder, verstoring, gezondheidseffecten) van groot belang (van Kamp et al., 2018). Dat betekent dat het belangrijk is om niet los te blijven kijken naar blootstelling aan LFG en hinder door LFG, maar te zorgen dat naar de combinatie gekeken wordt. Alleen zo is het mogelijk om een beeld te krijgen van de effecten van LFG op de gezondheid.

3.1.9 *Conclusies omvang LFG-effecten*

Het aantal meldingen van LFG neemt de laatste jaren toe, zo laten GGD'en, omgevingsdiensten, gemeenten, audiologen, de St. LFG en de NSG aan het RIVM weten. Wel geven sommige instanties zonder registratiesysteem aan het moeilijk te vinden om een inschatting te maken. Ook het OBW-onderzoek van 2019 laat een lichte stijging zien van hinder (van 2,2% naar 3,2%) en slaapverstoring (van 1,9% naar 2,6%) door LFG ten opzichte van 2016. Daarnaast gaven de geluidexperts in gesprek met het RIVM en elkaar aan de indruk te hebben dat het aantal meldingen en klachten over LFG toeneemt. Dit kan het gevolg zijn van een feitelijke toename (toename van bronnen zoals airco's en warmtepompen), maar ook van een relatieve toename als gevolg van reductie van het achtergrondgeluid (Campmans, 2017).

Zowel het schatten als het duiden van het aantal meldingen is, zoals eerder aangegeven, niet eenvoudig. Niet iedereen die hinder en/of andere klachten ondervindt, zal een melding maken en de loketten om een melding te kunnen maken verschillen enigszins per regio. Het aantal meldingen hangt onder meer af van bekendheid met het onderwerp, weten waar men terecht kan, aandacht voor het onderwerp (in de media) en de verwachting dat een melding zinvol kan zijn. Voor veel van de meldingen is daarnaast niet bekend of LFG daadwerkelijk een rol speelde omdat de blootstelling niet bekend was. Oftewel, van veel meldingen is niet bekend of er inderdaad LFG aanwezig is of is geweest. Een toename in meldingen kan dus niet direct gekoppeld worden aan een toename van laagfrequent geluid, maar geeft wel een belangrijk signaal om te kijken of de hoeveelheid LFG daadwerkelijk toeneemt, en/of waarom de zorgen over LFG toenemen.

Een belangrijk aandachtspunt is het feit dat er geen beeld is van de blootstelling aan LFG in combinatie met de effecten van LFG. Om een beter beeld te krijgen is het nodig dat onderzoek wordt uitgevoerd waarbij zowel de blootstelling aan LFG als de effecten ervan (zoals hinder) tegelijk in kaart worden gebracht.

3.2 **Aanpak bij meldingen**

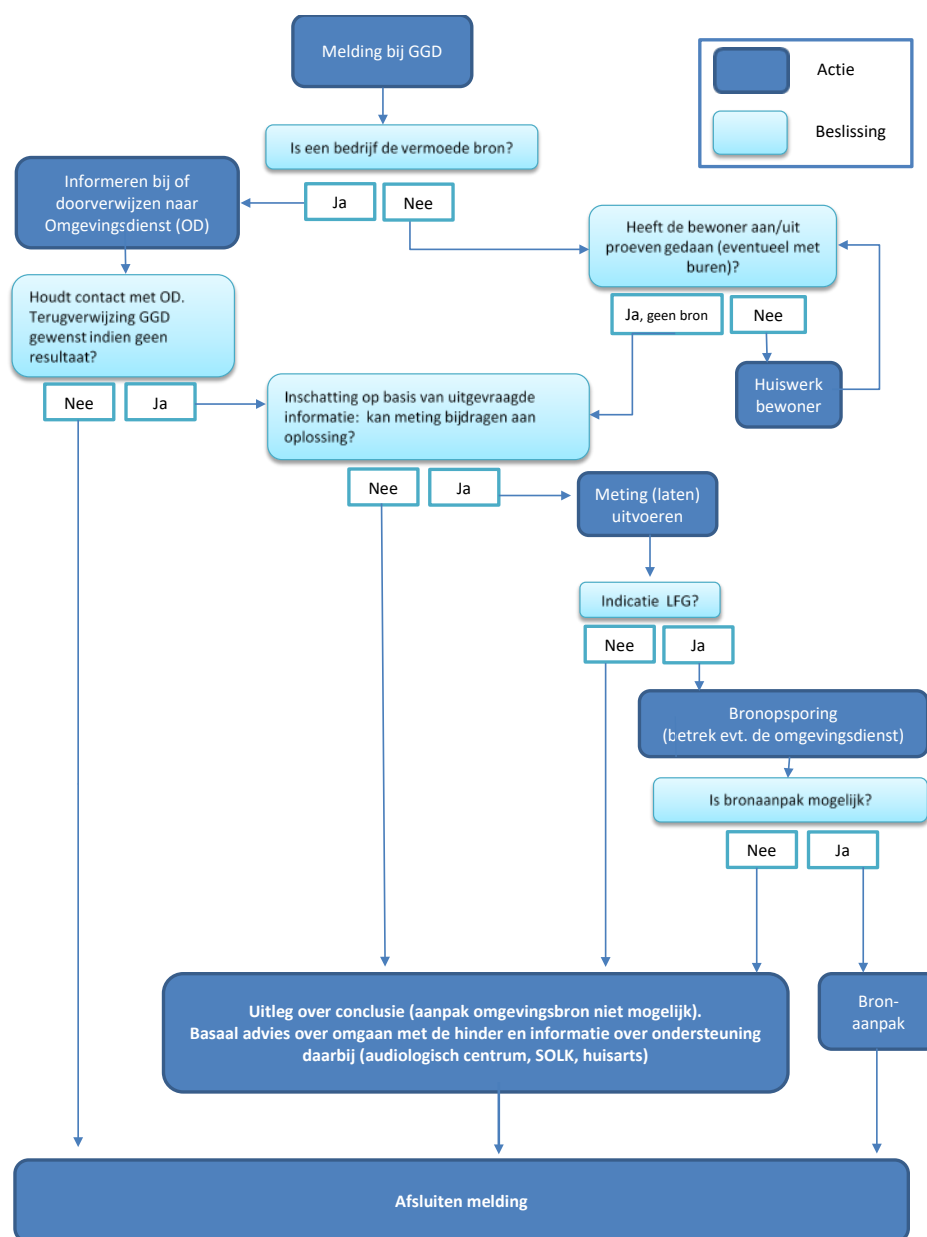
Het RIVM was op de hoogte van de wijze van aanpak bij de GGD'en, maar niet voldoende van andere betrokken instellingen. Daarom zijn vragenlijsten aangeboden aan omgevingsdiensten, gemeenten,

audiologen en het Nederlandse Huisartsen Genootschap (NHG; verzoek niet gehonoreerd) over de manier waarop LFG-meldingen worden afgehandeld.

3.2.1

Aanpak GGD

De GGD werkt op het gebied van milieu en gezondheid volgens landelijke GGD-richtlijnen medische milieukunde. Deze richtlijnen worden opgesteld door de GGD-professionals zelf. Het RIVM vervult een coördinerende rol en publiceert de GGD-richtlijnen. In 2016 is de voorlopige GGD-richtlijn 'Meldingen van een bromtoon' verschenen (Slob et al., 2016). Schematisch is de daarin beschreven aanpak weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8 Stappenplan aanpak GGD bij melding van een bromtoon (Bron: Slob et al., 2016)

De richtlijn is destijds als voorlopig gepubliceerd omdat een eenvoudige meting (verschilmeting) is opgenomen in de richtlijn. Daar moest nog ervaring mee worden opgedaan, eerder deden de GGD'en zelf geen meting bij meldingen van een bromtoon. Vanwege de behoefte aan objectivering (is er meer dan gemiddeld LFG aanwezig in de situatie?) is besloten deze aanpak uit te proberen. Nog een discussiepunt over de richtlijn betreft de vraag waar mensen terecht kunnen als de GGD niets voor ze kan betekenen (welke doorverwijsmogelijkheden zijn er).

Bijeenkomsten over de voorlopige richtlijn met experts

Voor zowel het meetgedeelte als de manier van doorverwijzen heeft het RIVM in samenspraak met de GGD'en bijeenkomsten georganiseerd met professionals uit het veld (omgevingsdiensten, gemeenten, audiologen, deskundigen op het gebied van aanhoudende lichamelijke klachten (ALK, ook wel Somatisch Onvoldoende verklaarde Lichamelijke Klachten, SOLK, genoemd). In deze bijeenkomsten zijn knelpunten in de aanpak en wensen voor de toekomst besproken (zie Tekstkader 1 voor een samenvatting van de bijeenkomsten over doorverwijzen). Deels vormen deze bijeenkomsten ook input voor het opstellen van het onderzoeksprogramma, en dragen de uitkomsten van het onderzoeksprogramma weer bij aan het verbeteren van de richtlijn. Omdat momenteel nog veel in ontwikkeling is (onder andere het uitvoeren van metingen door de melder zelf, het inzetten van een toongenerator, zicht krijgen op goede doorverwijzing), wordt de richtlijn momenteel nog niet omgezet in een definitieve richtlijn.

3.2.2 *Aanpak omgevingsdiensten*

Omgevingsdiensten komen voornamelijk in beeld als de vermeende bron een bedrijf betreft. De meerderheid van de omgevingsdiensten handelt de binnengekomen meldingen over LFG zelf af (60%). Enkele omgevingsdiensten hebben aangegeven meldingen soms zelf af te handelen en in andere gevallen door te verwijzen naar andere instanties (30%). De omgevingsdiensten die de meldingen niet zelf afhandelen (10%) verwijzen veelal door naar de GGD, gemeente of provincie. Bijna 90% van de omgevingsdiensten verrichten metingen, ook als het bedrijf niet de vermeende bron is. Het percentage meldingen waarbij een meting verricht wordt varieert echter sterk tussen de omgevingsdiensten (Figuur 9). Bijna alle omgevingsdiensten die zelf metingen verrichten geven aan bij minder dan 25% van de metingen een bron te vinden (Figuur 10).

Bij het doen van metingen wordt meestal het gehele aanwezige spectrum in kaart gebracht. Dat betekent dat ter plekke alle aanwezige toonhoogtes worden geregistreerd. Enkele omgevingsdiensten hebben aangegeven gebruik te maken van een andere manier om LFG op te sporen. Hierbij wordt op zoek gegaan naar een 'fingerprint' of een 'match'. Het idee hierachter is dat melders vaak last hebben van één of twee specifieke toonhoogtes (frequenties) en niet zozeer van alle aanwezige toonhoogtes. Bij deze methode wordt voor het doen van een geluidmeting samen met de gehinderde bepaald welke frequentie(s) overlast geven. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door de gehinderde de overlastgevende toon te laten zingen of brommen. Ook een mogelijkheid is dat de geluidexpert ter plaatse verschillende tonen afspeelt op een toongenerator en dat de gehinderde laat weten wanneer de afgespeelde toon overeenkomt met de toon uit de omgeving.

Vervolgens kan de geluidexpert heel gericht op zoek gaan naar die specifieke toonhoogte(s). De geluidexperts die deze methoden toepassen geven aan dat er twee grote voordelen zijn t.o.v. een meting van het gehele geluidsspectrum:

1. Op deze manier wordt voorkomen dat eventuele andere aanwezige toonhoogtes met maatregelen worden aangepakt, om vervolgens te concluderen dat zij niet het probleem vormden.
2. Op het moment dat de gehinderde hinder blijkt te ondervinden van een toon die in de omgeving niet meetbaar is, dan kan dat aanleiding geven om een audioloog of de huisarts te consulteren over het gehoor. Alleen in de situaties met een match tussen de waargenomen toon en de gemeten toon is het opsporen van de bron zinvol.

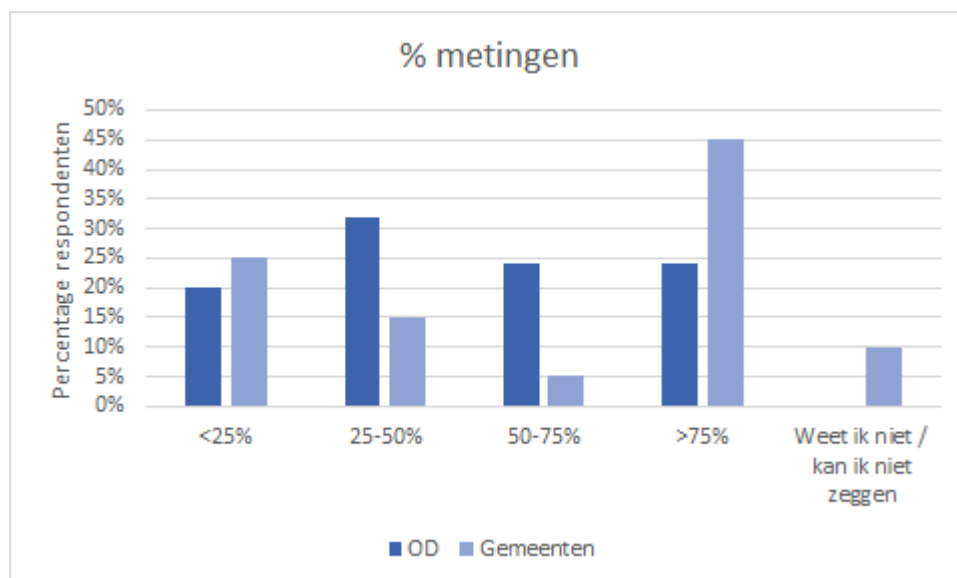
Sommige omgevingsdiensten werken samen met GGD om op twee sporen in te zetten, het milieuspoor (is er (een bron van) LFG aan te tonen) en het gezondheidsspoor (uitleg over het gehoor, bromtonen, mogelijkheden voor steun voor het geval geen bronaanpak mogelijke is). Zowel binnen als tussen omgevingsdiensten lijkt er geen uniforme aanpak met betrekking tot LFG-meldingen.

3.2.3

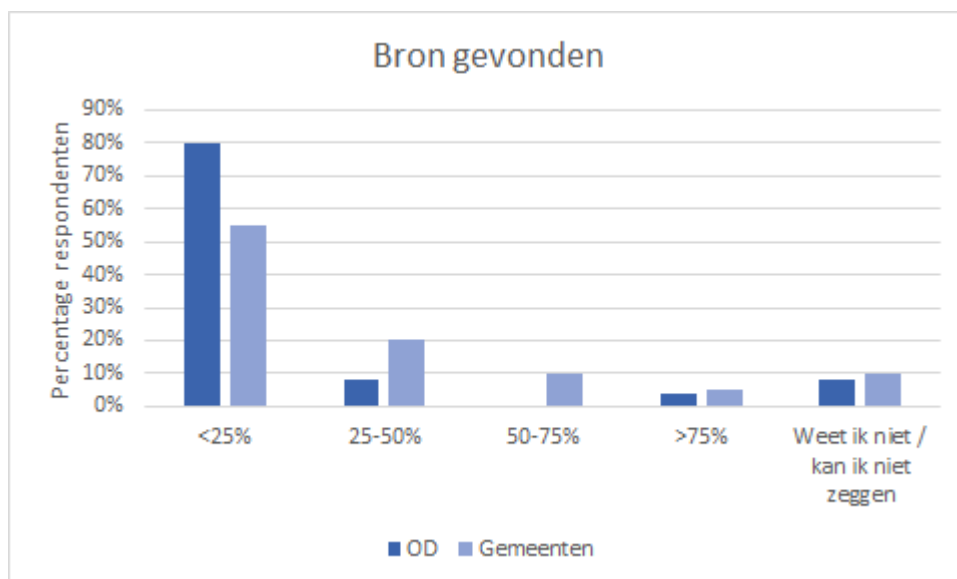
Aanpak gemeenten

Van de gemeenten die aan dit vragenlijstonderzoek hebben meegedaan, handelt 60% van alle gemeenten de meldingen zelf af. Ongeveer 20% van de gemeenten handelt de meldingen altijd zelf af en 40% handelt een melding soms af. In het geval dat er mogelijk een bedrijf in het spel is, wordt de melding doorverwezen naar de omgevingsdienst. Van de gemeenten die de meldingen niet zelf afhandelen verwijzen de meeste gemeenten alle meldingen door naar omgevingsdiensten of, in enkele gevallen, naar de GGD of adviesbureau.⁴ Gemeenten blijven zelf verantwoordelijk en bepalen de tijd die erin gestoken mag worden. Ongeveer 23% van de gemeenten die de melding zelf afhandelen doet meestal een meting (Figuur 9). De gemeenten zijn iets optimistischer dan de omgevingsdienst over het vinden van een bron (Figuur 10). Als men een bron vindt, is dit vaak een apparaat zoals bijvoorbeeld een warmtepomp, ventilator of een (bedrijfs)installatie.

⁴ De exacte percentages hiervoor zijn niet goed in te schatten vanwege de antwoordmogelijkheden. Kijk voor de precieze verhoudingen in de tabellen in Bijlage E.



Figuur 9 Het percentage LFG-meldingen waarbij (naar schatting) een meting wordt gedaan



Figuur 10 Percentage LFG-metingen waarbij (naar schatting) een bron wordt gevonden

3.2.4

Aanpak audiologen

Het merendeel van de audiologen (80%) behandelt cliënten (soms) zelf. Zij werken regelmatig samen met kno-artsen, psychologen, maatschappelijk werkers en therapeuten die somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten (SOLK; zie onderstaand tekstkader voor meer informatie) behandelen. De audiologen geven aan dat voorwaarde voor een succesvolle aanpak is dat de gehinderde accepteert dat het in zijn of haar situatie niet lukt om de oorzaak van de hinder op te sporen of (voldoende) weg te nemen. Hetzij omdat het LFG van de bron niet gevonden of verholpen wordt of kan worden, hetzij omdat uit een geluidmeting blijkt dat de frequentie die hinder veroorzaakt niet

meetbaar is in de woonomgeving van de gehinderde. Voldoende duidelijkheid over het 'milieuspoor' (is er sprake van een LFG en is er een bron vindbaar) lijkt daarbij essentieel. De aanpak van de audiologen bestaat voornamelijk uit een uitgebreide anamnese. Daarna volgt regelmatig eenzelfde behandelplan als bij tinnitus: uitleg en leren omgaan met de klachten. Hierbij wordt psycho-educatie en cognitieve gedragstherapie vaak genoemd.

Tekstkader 1 Expertbijeenkomst over doorverwijzingen en samenwerkingsverbanden

In het verlengde van de GGD-richtlijn 'Meldingen van een bromtoon' zijn door het RIVM verschillende bijeenkomsten georganiseerd over onderdelen van de richtlijn. Twee daarvan (2017 en 2021) betroffen de mogelijkheden om mensen te helpen in het geval dat er geen LFG gemeten wordt, dat er wel LFG gemeten wordt maar geen bron kan worden gevonden of dat de opgespoorde bron niet kan worden weggenomen of aangepast. Bij deze bijeenkomst waren, naast adviseurs van de GGD, experts aanwezig op het gebied van audiologie, psychiatrie, psychosomatiek en klinische fysica.

De volgende punten kwamen onder andere in deze bijeenkomst naar voren:

- Vanuit de audiologie blijkt dat LFG-gehinderden regelmatig een minder goed gehoor hebben. Soms helpt een hoortoestel; hoge en lage tonen zijn dan beter in balans met elkaar. Daardoor kunnen de hersenen de geluiden weer gebalanceerder duiden.
- Een deel van de gehinderden kampt na enige tijd met PTSS-achtige klachten (PTSS: Post Traumatisch Stress Syndroom). Op tijd hulp bieden is dus van groot belang.
- De behandeling voor tinnitus (ook wanneer hiervan geen sprake is) vormt meestal de basis voor de hulp aan LFG-gehinderden: zowel bij tinnitus als bij LFG-hinder zonder oplossing in het milieuspoor (bron kan niet worden gevonden of weggenomen) is het doel om te leren omgaan met de klachten en zo de kwaliteit van leven te verbeteren.
- Er is een E-health tool (GRIP) in ontwikkeling, bedoeld om mensen met klachten te ondersteunen, in samenspraak met de eerstelijns hulpverlening.
- Na een doorverwijzing (via de huisarts) naar één van de diverse hulpverlenende instanties (zoals SOLK-klinieken of audiologische centra) komt een gehinderde niet altijd goed terecht, omdat de betreffende instantie geen of onvoldoende ervaring heeft met de problematiek (SOLK: Somatisch Onvoldoende verklaarde Lichamelijke Klachten).

Op grond van deze bijeenkomsten is geschetst hoe de verschillende organisaties idealiter samenwerken, en wat daarin de knelpunten en wensen zijn (zie Bijlage H).

3.2.5 Conclusies aanpak LFG-problematiek

Er is geen uniforme aanpak van LFG-problematiek bij de verschillende instanties en binnen en tussen regio's. Er is bijvoorbeeld een verschil in het wel of niet gaan meten bij een melding. Ook lijkt men zich niet

overal even bewust van de (potentiële) rol van andere partijen en hoe eventueel kan worden samengewerkt bij een melding.

De GGD'en werken wel volgens een landelijke richtlijn. Dat betekent echter niet dat de aanpak steeds geheel hetzelfde zal zijn, zij werken immers ook samen met lokale partners (o.a. omgevingsdienst en gemeente). Ook valt op dat binnen organisaties de aanpak niet altijd hetzelfde is, zo blijkt uit ontvangen vragenlijsten van verschillende personen van één organisatie.

Bij het RIVM is het beeld ontstaan dat de manier waarop een LFG-melding wordt afgehandeld, mede afhankelijk is van de regio waar men woont en van de interesse en ervaring van de betrokken professionals. Behalve voor GGD'en is er geen eenduidig protocol voor de aanpak van LFG-meldingen. Ook lijken de betrokken partijen elkaar niet overal gevonden te hebben in samenwerkingsverbanden.

3.3 Samenvatting juridische aspecten LFG (zie Bijlage I voor de volledige tekst over het juridisch kader bij LFG)

1. Op basis van de huidige wet- en regelgeving gelden er geen specifieke normen voor laagfrequent geluid, noch bestaan er wettelijk voorgeschreven rekenmethodes, dan wel normen of richtlijnen voor het vaststellen van normen voor een acceptabel niveau van laagfrequent geluid ter plaatse van (geluid)gevoelige objecten.
2. Ondanks het ontbreken van wettelijke normen voor laagfrequent geluid, blijkt uit jurisprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State dat bij ruimtelijke en milieubesluitvorming bezien moet worden of laagfrequent geluid kan optreden. Is dat het geval, dan ligt het op de weg van het bevoegd gezag (doorgaans het gemeentebestuur) om te beoordelen of sprake is van hinderlijk laagfrequent geluid en of het nodig is om dit te normeren.
3. Het ontbreken van wettelijke normen en beoordelingsmethoden, brengt met zich mee dat het bevoegde gezag een bepaalde keuzevrijheid heeft voor wat betreft de onderzoeksmethode en de te hanteren normstelling. De bestuursrechter toetst deze keuze terughoudend.
4. Op grond van de huidige stand van de rechtspraak van de bestuursrechter geldt dat het aspect laagfrequent geluid *kan*, en onder omstandigheden zelfs *moet*, worden betrokken bij de vaststelling van een bestemmingsplan in het kader van (de toets aan) een 'goede ruimtelijke ordening'. Is het bevoegd gezag van oordeel dat hinderlijk laagfrequent geluid kan optreden, dan kan zij daarvoor grenswaarden opnemen in de planregels van het bestemmingsplan. Dit betreft dan *bijvoorbeeld* een dB(C)-normering die vastgelegd wordt in de planregels van het bestemmingsplan, dat daarmee ook juridisch handhaafbaar is.
5. Ten aanzien van milieuvergunningplichtige inrichtingen geldt dat het bevoegd gezag aan een omgevingsvergunning milieuvoorschriften kan verbinden ter bescherming van het milieu. Deze voorschriften kunnen ook betrekking hebben op laagfrequent geluid. Deze voorschriften moeten aan een omgevingsvergunning milieu worden verbonden op het moment

dat, naar het oordeel van het bevoegd gezag, hinderlijk laagfrequent geluid kan optreden.

6. Voor niet-milieuvergunningplichtige inrichtingen geldt dat in het Activiteitenbesluit geen normen zijn opgenomen voor laagfrequent geluid, noch bevat het Activiteitenbesluit een juridische grondslag voor het bevoegd gezag om bij maatwerkvoorschrift normen vast te stellen voor laagfrequent geluid.
7. De Omgevingswet brengt in het voorgaande geen wijziging. Ook de Omgevingswet (en daarmee samenhangende regelgeving) bevat geen normstelling voor laagfrequent geluid. Aangenomen mag worden dat – net als onder het huidig recht – het bevoegd gezag regels mag stellen in het omgevingsplan én voorschriften mag verbinden aan een omgevingsvergunning milieu om hinderlijk laagfrequent geluid tegen te gaan.
8. Echt bruikbare voorbeelden of aanknopingspunten van landen die laagfrequent geluid op adequate wijze hebben genormeerd zijn er niet. Temeer, omdat ofwel geen sprake is van een wettelijke normering ofwel de normering van laagfrequent geluid slechts doelt op een specifieke bron (windturbines).

4 Conclusies, aanbevelingen en voorstellen voor vervolgonderzoek

4.1 Conclusies LFG-bronnen en maatregelen

Er is nog relatief weinig bekend over LFG-bronnen. Grofweg vallen de bekende bronnen in te delen in grote bronnen, die veelal ver van woonkernen verwijderd zijn, en kleine bronnen die zich in en om het huis bevinden. LFG-bronnen zijn vaak moeilijk te vinden, waardoor maatregelen niet altijd mogelijk zijn.

Bij grote bronnen is LFG vaak bij de bron zelf niet dominant, maar valt het LFG op afstand (bij de waarnemer) meer op doordat hoge tonen meer gedempt worden waardoor het LFG overblijft. Wanneer een bron wel te vinden is, is vaak maatwerk nodig. Soms is een neveneffect van een maatregel die bedoeld is om aanwezig geluid in het algemeen (het hele geluidsspectrum) te reduceren, dat LFG na implementatie van de maatregel meer opvalt, bijvoorbeeld doordat de betreffende maatregel hoogfrequent geluid beter dempt dan LFG. LFG valt vervolgens meer op in de omgeving doordat het niet meer gemaskeerd wordt door hogere frequenties.

We zien een toename van LFG-bronnen in en om het huis. Vaak, maar niet altijd, kan overlast grotendeels voorkomen worden door een juiste installatie (contactgeluid vermijden).

Bij geluidmetingen en normering van geluidemissies wordt vaak gebruikgemaakt van de dB(A)-setting (A-gewogen filter). Dit heeft tot gevolg dat er bij een dergelijke meting weinig informatie beschikbaar is over de hoeveelheid aanwezige LFG. Veel maatregelen zijn gericht op het verminderen van het dB(A)-niveau aangezien de normen in dB(A) zijn gesteld. Door het ontbreken van normering voor LFG of bijvoorbeeld een normering in dB(C)-niveau ontbreekt het aan stimulans om LFG-emissies te verminderen.

4.2 Conclusies meldingen en aanpak

Het aantal mensen dat zich meldt met hinder of klachten die zij toeschrijven aan LFG, neemt de laatste jaren toe. Dat blijkt uit het aantal meldingen bij diverse instanties (GGD, gemeente, omgevingsdienst, St. LFG, NSG). Ook in landelijk onderzoek was in 2019 een hoger percentage gehinderd door LFG dan in 2016. Het precieze aantal gehinderden is niet bekend, maar schommelt waarschijnlijk rond enkele procenten van de bevolking. Voor veel van de meldingen is niet bekend of LFG daadwerkelijk een rol speelde. Een toename in meldingen kan dus niet direct gekoppeld worden aan een toename van laagfrequent geluid, maar geeft wel een belangrijk signaal om te kijken of de hoeveelheid LFG daadwerkelijk toeneemt, en/of waarom de zorgen erover LFG toenemen. Het is niet mogelijk om de precieze omvang van LFG-effecten te bepalen. Wel kunnen we concluderen dat er sprake lijkt te zijn van een toename van de problematiek rondom LFG.

De instanties die deelgenomen hebben aan ons onderzoek hanteren verschillende aanpaksvormen van de LFG-problematiek in hun regio, bijvoorbeeld in het wel of niet gaan meten bij een melding. Ook lijkt men zich niet overal even bewust van de (potentiële) rol van andere partijen en hoe eventueel kan worden samengewerkt bij een melding. Daarnaast valt op dat binnen organisaties de aanpak niet altijd hetzelfde is, zo blijkt uit ontvangen vragenlijsten van verschillende personen van één organisatie.

De GGD'en werken volgens een voorlopige landelijke GGD-richtlijn. Dat betekent echter niet dat de aanpak steeds geheel hetzelfde zal zijn, zij werken immers ook samen met lokale partners (o.a. omgevingsdienst en gemeente).

Een relatief kleine groep LFG/bromtoon-gehinderden ondervindt zeer ernstige gezondheidsklachten. Ook over deze groep mensen bestaat geen helder landelijk beeld van hun leefomgeving en of er daadwerkelijk sprake is van LFG, al dan niet oplosbaar. Voor ernstig gehinderden en mensen met ernstiger gezondheidsklachten toegeschreven aan LFG wordt in de praktijk soms (cognitieve gedrags)therapie als mogelijkheid aangedragen om te leren omgaan met het waargenomen geluid. Uit communicatie met gehinderden wordt duidelijk dat zij zich vaak niet goed begrepen en verongelikt voelen (waarom moet ik leren omgaan met de situatie? Er moet gewoon iets aan de bron gedaan worden). Er is weinig informatie bekend over de effectiviteit van (cognitieve gedrags)therapie. Het valt aan te bevelen dat er bekeken wordt in hoeverre mensen baat hebben bij het volgen van (cognitieve gedrags)therapie voor situaties waarin geen LFG aantoonbaar is of waarin de bron niet vindbaar of niet aan te passen is.

Bij het RIVM is het beeld ontstaan dat de manier waarop een LFG-melding wordt afgehandeld, mede afhankelijk is van de regio waar men woont en interesse en ervaring van de betrokken professionals. Behalve voor GGD'en is er geen eenduidig protocol voor de aanpak van LFG-meldingen. Ook lijken de betrokken partijen elkaar niet overal gevonden te hebben in samenwerkingsverbanden.

4.3 Aanbevelingen

Algemeen

Kennisbasis: Een goede kennisbasis en onderhoud ervan is van belang om de gezondheidsclaims en vragen over LFG in een goede (wetenschappelijke) context te plaatsen. Daarnaast is deze kennisopbouw en onderhoud van belang om een adequate vertaling naar aanpak van individueel ervaren problemen te verbeteren.

Bronnen en maatregelen

Een goed overzicht van de veel voorkomende bronnen van LFG en welke maatregelen getroffen kunnen worden ter voorkoming van LFG ontbreekt. Het opstellen van een overzicht zal helpen om eerder bronnen op te sporen en zal ook helpen om het optreden van LFG te voorkomen. Hierbij is het goed een dergelijk overzicht te splitsen aan de hand van het handelingsperspectief en wie de maatregel zou kunnen treffen. Denk aan bronnen in en om het huis waar bewoners of installateurs zelf maatregelen kunnen treffen versus de industrie waar de maatregelen

veelal complexer zijn. Naast het treffen van maatregelen in geval van LFG is het ook goed om te kijken naar hoe LFG voorkomen kan worden wanneer een installatie ontworpen of geplaatst wordt. Het versterken van een kennisbasis op dat vlak kan hierbij helpen.

Omvang

Om de stijgende trend in de gaten te blijven houden is het aan te bevelen vragen over LFG op te (blijven) nemen in de monitor van de GGD'en en het OBW (Onderzoek Beleving Woonomgeving), en er als thema in het OBW wellicht ook een keer dieper op in te gaan. Een periodiek vragenlijstonderzoek is gezien de representativiteit de beste informatiebron om (een eventuele toename van) hinder en andere gezondheidseffecten te monitoren.

Doordat er zeer weinig bekend is over de blootstelling aan LFG is het niet mogelijk om de stijgende lijn goed te interpreteren. Mogelijk ondervinden meer mensen hinder, maar het is ook mogelijk dat meer mensen de verschillende loketten weten te vinden doordat er meer aandacht voor het onderwerp is. Om een beter beeld te krijgen is onderzoek nodig waarbij zowel de blootstelling aan LFG (geluidmetingen) als de beleving in kaart worden gebracht.

Aanpak

Het zou de gehinderden en betrokken instanties helpen als er een meer landelijk afgestemde aanpak tussen de verschillende partijen is, zodat (1) de gehinderde niet afhankelijk is van de plaats waar hij/zij woonachtig is, (2) er goed gebruikgemaakt wordt van de expertise die landelijk aanwezig is en er voldoende mogelijkheden zijn om deze expertise te vergroten, (3) ieders rol duidelijk is en men elkaar weet te vinden. Kortom, eenieder is erbij gebaat als er betere communicatie en afstemming plaatsvindt tussen in ieder geval alle betrokken partijen in een regio. Een manier waarop verschillende instanties kunnen samenwerken, kan gevonden worden in Bijlage H.

Juridisch

Is het mogelijk om te komen tot een uniforme normering van laagfrequent geluid (zonder onderscheid te maken tussen de verschillende bronnen)? Zo ja, op welke wijze kan gekomen worden tot deze uniforme normering?

Het ontbreken van wettelijke normen over laagfrequent geluid, leidt er in de praktijk toe dat gemeenten gebruikmaken van verschillende buitenwettelijke richtlijnen (o.a. de Vercammen-curve en de NSG-richtlijn). Hoe passen gemeenten in de praktijk deze buitenwettelijke richtlijnen toe en wat zijn de ervaringen hiermee?

4.4 Voorstellen voor vervolgonderzoek

4.4.1

Onderzoeksvoorstel 1 – Uitvoeren van verkennende metingen

Van geluid in het algemeen is goed in kaart gebracht waar in Nederland hoeveel geluid aanwezig is. Veelal zijn dit schattingen gebaseerd op modellen. Deze modellen berusten op kennis over verschillende bronnen in de leefomgeving, zoals transportgeluid en industriegeluid. Voor LFG bestaan dergelijke modellen en dus ook dergelijke schattingen niet. Het

RIVM raadt daarom aan om verkennende metingen uit te voeren op een aantal plekken in het land, waarbij zowel geluidmetingen als metingen naar gezondheidseffecten, zoals hinder en slaapverstoring, worden uitgevoerd. Door op bijv. vijf locaties zowel de gemiddelde blootstelling aan LFG als de beleving hiervan in kaart te brengen kan een eerste stap in de richting van een blootstelling-responsrelatie worden gemaakt. De locaties moeten hierbij zorgvuldig gekozen worden, zodat gewaarborgd wordt dat er LFG aanwezig is. Het is aan te bevelen dat hierbij in de omgeving van een aantal bekende LFG-bronnen wordt gemeten. Belangrijk is om hierbij het overige geluid voor deze locaties ook in kaart te brengen. Ook is het belangrijk dat niet alleen naar geluidgemiddelden wordt gekeken, maar ook naar andere akoestische factoren zoals tonale componenten (dominante tonen) en amplitudemodulatie (AM, repeterend karakter waarbij de geluidsterkte varieert zoals de 'swoesj' van een windturbine). Mooi zou zijn als hierbij ook de verhouding van LFG en geluid met hogere frequenties voor deze locaties in kaart kan worden gebracht. Mogelijk leent dit of een vergelijkbare onderzoeksvraag zich ook voor een aanpak via Citizen Science (waarbij (ook) burgers metingen uitvoeren).

Dit onderzoek levert een beeld op van de effecten van LFG in de woonomgeving.

- 4.4.2 *Onderzoeksvoorstel 2 – Versterken kennisbasis bronnen en maatregelen*
 Het optreden van LFG kan in bepaalde gevallen voorkomen worden indien het risico op LFG wordt onderkend bij bepaalde bronnen. Maatregelen kunnen gericht getroffen worden om LFG tegen te gaan. Ook kan, door rekening te houden met LFG in ontwerp of installatie, voorkomen worden dat er te veel LFG is. Een goed overzicht van de veel voorkomende bronnen van LFG en welke maatregelen getroffen kunnen worden ter voorkoming van LFG ontbreekt. Een versterking van de kennisbasis over het voorkomen van LFG bij installatie of ontwerp zou wenselijk zijn.

Het RIVM beveelt aan om een dergelijk overzicht op te stellen voor de veel voorkomende bronnen waar ook maatregelen voor te treffen zijn. Dit kunnen preventieve maatregelen zijn of maatregelen die getroffen kunnen worden als LFG geconstateerd wordt. Met een dergelijk overzicht wordt de kennisbasis over bronnen en maatregelen versterkt en breed beschikbaar gesteld. In latere fases kan een dergelijk overzicht verder uitgebouwd worden als meer bekend wordt over (eventueel nieuwe) bronnen en maatregelen. Hiermee wordt de kennis over dit onderwerp ook gebundeld.

- 4.4.3 *(Onderzoeks)voorstel 3 – Stroomlijnen van de afhandeling van meldingen*

Mensen die hinder ervaren door LFG kunnen in Nederland op veel plekken terecht om hiervan melding te maken. Welke plekken dit zijn en op welke manier een dergelijke melding vervolg krijgt, verschilt per regio. Ook weten burgers niet altijd goed wat de mogelijkheden zijn. Plekken waar mensen terecht kunnen zijn zoals: GGD'en, omgevingsdiensten, gemeenten, huisartsen, audiologen, de St. LFG en de NSG. GGD'en hebben een landelijk protocol voor de aanpak van een LFG-melding. Bij het RIVM bestaat de indruk dat veel andere instanties een eigen protocol hebben en onvoldoende samenwerken met andere

instanties. Hierdoor komt het voor dat melders van de ene naar de andere instantie gestuurd worden. In sommige regio's heeft men elkaar wel goed gevonden en hebben de betrokken partijen afspraken gemaakt over wie wat doet en wanneer een melder doorgestuurd wordt.

Het RIVM beveelt aan om met alle betrokken partijen om de tafel te gaan zitten om te komen tot (regionale) samenwerkingsverbanden en desgewenst een protocol van aanpak. Het doel hierbij zou vooral moeten zijn dat de betrokken partijen in elke regio elkaar beter leren kennen en dat zij zo mogelijk afspraken maken over wie in welk geval actie onderneemt. Hierbij is een gezamenlijk landelijk protocol eventueel mooi, maar niet het meest belangrijk.

4.4.4 *Onderzoeksvoorstel 4 – Kwalitatief onderzoek naar ervaringen met therapie om te leren omgaan met LFG*

In geval van ernstige geluidhinder zal veelal eerst worden bekeken of er daadwerkelijk sprake is van LFG in de woonomgeving van de gehinderde en, als dit zo is, zal getracht worden om de bron op te sporen. Bij elke stap kan dit traject spaaklopen. Het is mogelijk dat er geen LFG wordt gemeten, dat van gemeten LFG geen bron vindbaar is of dat (het geluid van) een gevonden bron niet aan te passen is. Voor ernstig gehinderden is elk van deze scenario's een grote tegenvaller, omdat er dan niet direct zicht is op verlichting van de klachten. Een kleine groep gehinderden ontwikkelt zeer ernstige gezondheidsklachten die soms leiden tot uitval uit de maatschappij. Eén van de mogelijkheden die gehinderden in die situatie wel hebben, is het volgen van cognitieve gedragstherapie om met de situatie om te leren gaan. Zeker in de situatie dat er geen LFG gemeten is, bestaat weerstand tegen deze behandeling. Gehinderden geven soms aan te vinden dat ze niet serieus genoeg genomen worden. Daarnaast is nog onvoldoende aangetoond hoe effectief deze behandeling is.

Het RIVM stelt voor om kwalitatief onderzoek uit te voeren naar de ervaringen van (cognitieve gedrags)therapie bij LFG. Hierbij is het niet relevant of er daadwerkelijk LFG in de omgeving is aangetoond of niet. Het doel is om via interviews een document te maken met ervaringsverhalen van mensen die zich hebben laten behandelen met (cognitieve gedrags)therapie in verband met LFG-klachten. Mogelijk kunnen deze ervaringsverhalen behulpzaam zijn voor gehinderden om te bepalen wat vervolgstappen voor hen kunnen zijn.

4.4.5 *Vervolgonderzoek 5 – Vervolg vragen juridisch*

Auteur mr. Rachid Benhadi van Hekkelman Advocaten heeft in opdracht van het ministerie van IenW naar de juridische aspecten rondom LFG gekeken en daarbij onderstaande juridische vervolgvragen geformuleerd. De volledige bevindingen van dit onderzoek zijn te vinden in Bijlage I van dit rapport. Hier volgen de aanbevelingen:

Uit de hiervoor opgenomen analyse blijkt dat gemeenten onder zowel het huidige recht alsook het nieuwe recht (de Omgevingswet) voldoende mogelijkheden hebben om laagfrequent geluid te normeren. Dit kan door middel van het opnemen van planregels in het bestemmingsplan (en onder de Omgevingswet het omgevingsplan) dan wel door het verbinden van voorschriften aan de omgevingsvergunning milieu. Het is evenwel

aan te bevelen om een handreiking te publiceren voor gemeenten en hen daarmee een hulpmiddel te geven voor de wijze waarop laagfrequent geluid beoordeeld en (juridisch) genormeerd moet worden.

Vervolgvrage 1:

Is het mogelijk om te komen tot een uniforme normering van laagfrequent geluid (zonder onderscheid te maken tussen de verschillende bronnen, zoals windturbines industrie etc.)? Zo ja, op welke wijze kan gekomen worden tot deze uniforme normering?

Vervolgvrage 2:

Indien en voor zover het Rijk regels wil stellen over laagfrequent geluid, zijn er verschillende benaderingswijzen denkbaar. Bijvoorbeeld:

1. het Rijk stelt instructieregels vast die gemeenten moeten vertalen naar geluidsnormen voor laagfrequent geluid in het omgevingsplan (waarbij het Rijk een concrete voorkeurswaarde en/of grenswaarde vaststelt via een instructieregel);
2. het Rijk stelt een afwegings- c.q. motiveringskader vast (zonder dat een voorkeurswaarde en/of grenswaarde wordt geformuleerd).

Welke voor- en nadelen kleven aan deze benaderingswijzen?

Vervolgvrage 3:

Het ontbreken van wettelijke normen over laagfrequent geluid, leidt er in de praktijk toe dat gemeenten gebruikmaken van verschillende buitenwettelijke richtlijnen (o.a. de Vercammen-curve en de NSG-richtlijn). Hoe passen gemeenten in de praktijk deze buitenwettelijke richtlijnen toe en wat zijn de ervaringen hiermee?

5 Dankwoord

Bijzondere dank gaat uit naar Dik Welkers voor zijn bijdrage aan het ontwikkelen van de richting van dit onderzoeksprogramma en zijn waardevolle adviezen. Verder dank aan Irene van Kamp en Anne Bolders voor het kritisch lezen van dit rapport en hun waardevolle advies erover. Ten slotte veel dank aan alle experts en geïnterviewden voor hun inzet en inhoudelijke bijdrage aan de discussie over LFG.

6 Referenties

- Berglund, B. & Hassmén, P. & Job, R.S. (1996). Sources and effects of low-frequency noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99, 2985-3002. doi:10.1121/1.414863.
- Broër, C. (2006). *Beleid vormt overlast: hoe beleidsdiscoursen de beleving van geluid bepalen*. University of Amsterdam.
- Brown, A.L. & van Kamp, I. (2009a). Response to a change in transport noise exposure: Competing explanations of change effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 905-914. doi:10.1121/1.3058636
- Brown, A.L. & van Kamp, I. (2009b). Response to a change in transport noise exposure: A review of evidence of a change effect. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(5), 3018-3029. doi:10.1121/1.3095802
- Brown A.L. & van Kamp, I. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European Region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 873. doi:10.3390/ijerph14080873.
- Campmans, Th.B.J. (2017). *Laagfrequent geluid. Oriënterende studie naar de ontwikkeling van laagfrequent geluid in Nederland*. (r056087aa.00001.tc).
- Clark, C. & Paunovic, K. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and cognition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15,285. doi:10.3390/ijerph15020285
- Dusseldorp, A., Schaap M., Gram J., Schoevaars-Lops, S. & Jonker, R. *Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en. Periode 2017-2018*. RIVM [Rapport](#) 2019-0032.
- Dzhambov, A.M. (2015). Long-term noise exposure and the risk for type 2 diabetes: A meta-analysis. *Noise and Health*, 17(74), 23–33. doi:10.4103/1463-1741.149571
- Dzhambov, A.M., Markevych, I., Tilov, B., Arabadzhiev, Z., Stoyanov, D., Gatseva, P. & Dimitrova, D.D. (2018). Lower noise annoyance associated with GIS-derived greenspace and residential noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1533. doi:10.3390/ijerph15071533
- Fields, J.M. (1993). Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(5), 2753-2763. doi:10.1121/1.405851

Guski, R. (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and Health*, 1(3), 45-56.

Hayes, M. (2006) The measurement of low frequency noise at three UK wind farms. Hayes McKenzie, Partnership Ltd en Department of Transport and Industry, Groot-Brittannië.

Houthuijs, D. et al. (2007). Burden of annoyance due to aircraft noise and non-acoustical factors. The 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2007) 2007, Turkish Acoustical Society: Istanbul, Turkey.

Hume, K.I., Brink, M. & Basner, M. (2012). Effects of environmental noise on sleep. *Noise & Health*, 14(61), 297-302.

ISO:226 (2003): Acoustics – Normal equal-loudness contours.

Kim, M., Chang, J.C., Seong, J.C., Holt, J.B., Park, T.H., Ko, J.H. & Croft, J.B. (2012). Road traffic noise: Annoyance, sleep disturbance, and public health implications. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(4), 353-360. doi:10.1016/j.amepre.2012.06.014

Klatte, M., Bergström, K. & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, 4, 578. doi:10.3389/fpsyg.2013.00578

Lercher, P. (1996). Environmental noise and health: an integrated research perspective. *Environment International*, 22(1), 117-129.

Leventhall, G. (2009). Review low frequency noise. What we know, what we do not know, and what we would like to know. *Journal of Low Frequency noise, vibration and active control*, 28 (2), 79-104. doi: 10.1260/0263-0923.28.2.79.

Lugten, M., Karacaoglu, M., White, K., Kang, J. & Steemers, K. (2018). Improving the soundscape quality of urban areas exposed to aircraft noise by adding moving water and vegetation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144(5), 2906-2917. doi:10.1121/1.5079310.

Marks, A. & Griefahn, B. (2007). Associations between noise sensitivity and sleep, subjectively evaluated sleep quality, annoyance, and performance after exposure to nocturnal traffic noise. *Noise & Health*, 9(34), 1-7.

Miedema, H.M.E. & Oudshoorn, C.G.M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409-416. doi:10.1289/ep01109409

Miedema, H.M.E. & Vos, H. (1999). Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105(6), 3336-3344. doi:10.1121/1.424662

- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (2003). Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113, 1492-1504. doi:10.1121/1.1547437
- Münzel, T., Babisch, W., Gori, T. & Basner, M. (2014). Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *European Heart Journal*, 35(13), 829-836. doi:10.1093/eurheartj/ehu030
- Münzel, T., Kröller-Schön, S., Oelze, M., Gori, T., Schmidt, F.P., Steven, S., Hahad, O., Rösli, M., Wunderli, J.-M., Daiber, A. & Sørensen, M. (2020). Adverse cardiovascular effects of traffic noise with a focus on nighttime noise and the new WHO noise guidelines. *Annual Review of Public Health*, 41, 309-328. doi:10.1146/annurev-publhealth-081519-062400
- Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, 11, 135-142. doi:10.1016/j.smr.2006.09.001
- Oerlemans, S. & Fuglsang, P. (2012). Low-noise wind turbine design EWEA workshop.
- OSIRIS/2021. Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en. Periode 2019-2020.
- Paunović, K., Jakovljević, B. & Belojević, G. (2009). Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Science of the Total Environment*, 407(12), 3707-3711.
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Waszkowska, M. & Sliwinska-Kowalska, M. (2003). Assessment of annoyance from low frequency and broadband noises. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 16(4), 337-343.
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Szymczak, W. & Sliwinska-Kowalska, M. (2010). Evaluation of annoyance from low frequency noise under laboratory conditions. *Noise & Health*, 12(48), 166-181. www.noiseandhealth.org/text.asp?2010/12/48/166/64974
- Persson Waye, K., Bengtsson, J., Kjellberg, A. & Benton, S. (2001). Low frequency noise 'pollution' interferes with performance. *Noise & Health*, 4(13), 33-49. www.noiseandhealth.org/text.asp?2001/4/13/33/31803
- Persson Waye, K., Bengtsson, J., Rylander, R., Hucklebridge, F., Evans, P. & Clow, A. (2002). Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subjects during work performance. *Life Sciences*, 70(7), 745-758. doi:10.1016/S0024-3205(01)01450-3.
- Pilot Kennisplatform Windenergie (2015). Kennisbericht 1.0: Geluid van windturbines. 1-27. https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/2_Kennisbericht_Geluid_van_windturbines_incl%20bijlage.pdf

Riedel, N., Köckler, H., Scheiner, J., van Kamp, I., Erbel, R., Loerbroks, A., Claßen, T. & Bolte, G. (2018). Home as a place of noise control for the elderly? A cross-sectional study on potential mediating effects and associations between road traffic noise exposure, access to a quiet side, dwelling-related green and noise annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1036.
doi:10.3390/ijerph15051036

Royal Schiphol Group (2019). Jaarverslag 2018 – Royal Schiphol Group. Schiphol, Nederland.

Schäffer, B., Brink, M., Schlatter, F., Vienneau, D. & Wunderli, J.M. (2020). Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. *Environment International*, 143, 105885.
doi:10.1016/j.envint.2020.105885

Schreckenber, D., Meis, M., Kahl, C., Peschel, C. & Eikmann, T. (2010). Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3382-3405.

Schreckenber, D., Belke, C., Faulbaum, F., Guski, R., Möhler, U. & Spilski, J. (2016). Effects of aircraft noise on annoyance and sleep disturbances before and after expansion of Frankfurt Airport - results of the NORAH study, WP1 'Annoyance and quality of life'. Proceedings of the 45th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016), Hamburg, Duitsland.

Slob, R., van den Berg, F., Niessen, W., Jonkman, A., de Meer, G., Lops, S., van Kamp, I. & Dusseldorp, A. (2016). Meldingen over een bromtoon. Voorlopige GGD-richtlijn Medische Milieukunde RIVM [Rapport 2016-0014](#).

Stansfeld, S.A. (1992). Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychological Medicine*. Monograph Supplement, 22, 1-44.

van Kamp, I. (1990). Coping with noise and its health consequences. University of Groningen, University Medical Center Groningen: Groningen.

van Kamp, I., Job, R.F.S., Hatfield, J., Haines, M., Stellato, R.K. & Stansfeld, S.A. (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(6), 3471-3479.
Doi:10.1121/1.1810291.

van Kamp, I. & Davies, H. (2013). Noise and health in vulnerable groups: A review. *Noise & Health*, 15(64), 153-159.

van Kamp, I., Breugelmans, O.R.P, van Poll, H.F.P.M., Baliatsas, C. & van Kempen, E.E.M.M. (2018). Meldingen over en hinder van Laagfrequent Geluid of het horen van een bromtoon in Nederland: Inventarisatie. RIVM [Briefrapport 2018-0119](#).

van Kamp I., van Kempen, E.E.M.M., Simon, S.N. & Baliatsas, C. (2019). Review of evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB(N). RIVM [Rapport](#) 2019-0088.

van Kempen, E.E.M.M., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: A summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 379. doi:10.3390/ijerph15020379

van Kempen, E.E.M.M. & Simon, S.N. (2019). Kennisscan hinder door luchtvaartgeluid: Effecten van woningisolatie en niet-akoestische factoren. RIVM Briefrapport 2019-0096. Bilthoven, Nederland.

van Poll, R., Breugelmans, O. & Dreijerink, L. (2008). Belevingsonderzoek vliegbasis Geilenkirchen: Percepties van inwoners in Nederland. RIVM Rapport 630310001/2008. Bilthoven, Nederland.

van Poll, R., Breugelmans, O., Houthuijs, D. & van Kamp, I. (2018). Beleving Woonomgeving in Nederland: Inventarisatie Verstoringen 2016. RIVM Rapport 2018-0084.

van Poll, R. (2020). Ernstige hinder en slaapverstoring. Monitoringsgegevens Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) 2019. RIVM Rapport 2020-0116.

Vercammen, M.L.S. (1990). Grenswaarden voor laagfrequent geluid in de woning. Adviesbureau Peutz & Associates bv. Rapport nr. R548-3.

Wattanabe, T. en Møller, H. (1990). Low frequency hearing thresholds in pressure field and free field. *Journal of low frequency noise and Vibration*, 9, 106-115.

White, K., van Kamp, I. & Welkers, D. (2020). Factsheet laagfrequent geluid. Bilthoven, Nederland.

WHO (2011). Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen, Denmark.

WHO (2018). Environmental noise guidelines for the European region. Copenhagen, Denmark.

Zare Sakhvidi, M.J., Zare Sakhvidi, F., Mehrparvar, A.H., Foraster, M., & Dadvand, P. (2018). Association between noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 166, 647–657. doi:10.1016/j.envres.2018.05.011

Bijlage A. Weging van geluid

Wanneer er gesproken wordt over geluid wordt vaak A-gewogen geluid bedoelt. De A-weging corrigeert voor de gevoeligheid van het menselijk oor voor verschillende frequenties bij een gemiddeld geluidniveau. Bij hogere of lagere geluidniveaus verandert de gevoeligheid van het oor voor verschillende frequenties. Voor hoge geluidniveaus is ook een C-weging beschikbaar.

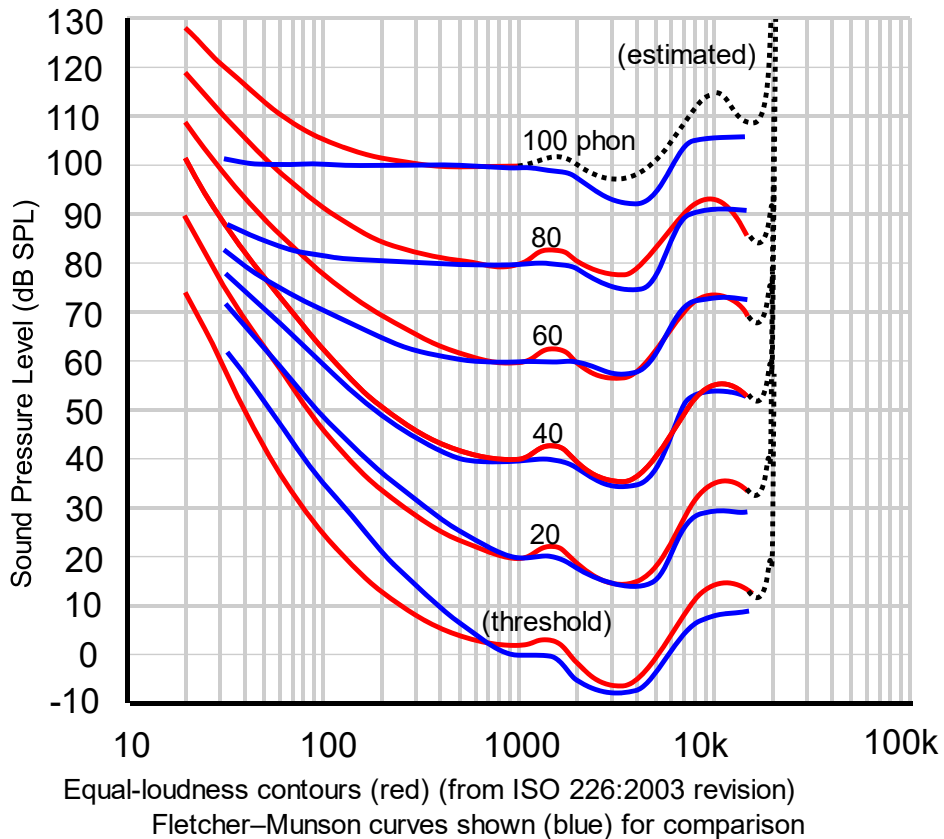
Bij een hoger geluidniveau is het oor relatief gezien gevoeliger voor lagere frequenties dan bij een laag geluidniveau. Dit is ook te zien in de zogenaamde curves van gelijke luidheid (Phon) die zijn gedefinieerd in ISO 226:2003. In Figuur 11 zijn enkele curves van gelijke luidheid weergegeven.



Figuur 11 Curves van gelijke luidheid van 10, 50 en 90 Phon en de daarop gefitte A-weging en C-wegingscurves

Te zien is dat bij een luidheid van 50 Phon er bij 1000 Hz een geluidniveau nodig is van 50 dB. Om diezelfde luidheid te ervaren bij 31,5 Hz is een niveau van 93,7 dB nodig. Dat is een verschil van 43,7 dB. Wanneer het geluidniveau bij 1000 Hz toeneemt tot 90 dB dan is de luidheid gelijk aan 90 Phon. Om eenzelfde luidheid te ervaren bij 31,5 Hz is een geluidniveau nodig van 114,9 dB. Hier is het verschil verminderd tot 24,9 dB. Te zien is dat de A-weging vrij goed de 50 Phon-curve volgt. Bij hogere niveaus wordt het aandeel LFG in de hoorbaarheid onderschat bij gebruik van de A-weging. Bij lagere niveaus wordt het aandeel LFG juist overschat in de A-weging.

De A-weging (en C-weging) zelf is gebaseerd op de oudere Fletcher-Munson-curves (Fletcher & Munson, 1933). Deze curves verschillen significant van de ISO-curves, met name bij hoge geluidniveaus. In Figuur 12 zijn de Fletcher-Munson-curves en de ISO-curves weergegeven.



Figuur 12 Vergelijking oude en nieuwe curves (bron: Wikipedia)

Hoewel de ISO-norm redelijk recent is geüpdatet is er geen consensus over deze curves. Het zal daarnaast per persoon verschillen hoe gevoelig het oor is voor verschillende frequenties. De A-weging gaat uit van een gemiddeld geluidniveau en een gemiddelde gevoeligheid van het gehoor.

Bijlage B. Vragenlijst omgevingsdiensten

1. Kunnen burgers bij de OD een melding doen van laagfrequent geluid/bromtoon?
 - Ja
 - Nee

- a. Zo ja bij 1, worden deze meldingen geregistreerd?
 - Ja
 - Nee

- i. Zo ja bij a, op welke wijze worden deze meldingen geregistreerd?
 -

- ii. Zo ja bij a, sinds welk jaar worden deze meldingen geregistreerd?
 -

- iii. Zo ja bij a, zijn deze gegevens eventueel opvraagbaar?
 - Ja
 - Nee

- b. Zo ja bij 1, hoeveel meldingen over laagfrequent geluid/bromtoon heeft de OD in het jaar 2020 ongeveer gekregen?
 - <5
 - 5-20
 - 20-50
 - 50-100
 - >100

- c. Zo ja bij 1, is het aantal meldingen de afgelopen vijf jaar (volgens de registratie/naar uw inschatting indien niet of nog niet zo lang geregistreerd wordt)
 - Afgenomen
 - Gelijk gebleven
 - Toegenomen
 - Weet ik niet/kan ik niet zeggen

- d. Zo ja bij 1, handelt de OD zelf de meldingen af?
 - Ja
 - Soms
 - Nee

- i. Zo nee/soms bij d: naar welke organisatie wordt de melding doorverwezen?
 - GGD
 - Gemeente
 - Adviesbureaus
 - Anders, namelijk ...

- ii. Zo ja bij d. Doet de OD zelf metingen naar laagfrequent geluid / bromtonen?
 - Ja
 - Nee

- (1) Zo ja bij ii. Bij hoeveel procent van deze meldingen verricht de OD (naar schatting) een meting?
 - <25%
 - 25 – 50%
 - 50 – 75%
 - > 75%
 - Weet ik niet/kan ik niet zeggen

- (2) Zo ja bij ii. Verricht de OD alleen metingen als de vermeende bron zich bij een bedrijf bevindt?
 - Ja
 - Er wordt een enkele keer een uitzondering gemaakt
 - Nee

- (3) Zo ja bij ii. In hoeveel % van de keren dat wordt gemeten, wordt een bron gevonden (schatting indien het niet direct te herleiden is uit een eventuele registratie)?
 - <25%
 - 25 – 50%
 - 50 – 75%
 - > 75 %
 - O weet ik niet / kan ik niet zeggen

- (4) Zo ja bij ii. In geval van meetbaar LFG/bromtoon, is bekend welke bronnen deze meldingen over LFG/bromtoon veroorzaken?
 - Ja, namelijk....
 - Nee

- e. Zo ja bij 1. Is bekend aan welke bronnen mensen hun klachten m.b.t. laagfrequent geluid / bromtoon toeschrijven?
 - Ja, namelijk....
 - Nee

- f. Zo nee bij 1, Weet u waar mensen terecht kunnen met vragen of meldingen over laagfrequent geluid of bromtonen?
 - Ja,
 - Weet ik niet

2. Mogen wij u eventueel benaderen om nadere informatie, bijvoorbeeld over de gevolgde meetmethode?

Ja
 Nee

3. Wilt u een bericht ontvangen als de resultaten van deze enquête worden gepubliceerd?

Ja
 Nee

Zo ja bij 2 of 3, wat zijn uw contactgegevens?

Naam:

Functie:

E mail:

Telefoon:

4. Wilt u verder nog iets kwijt dit onderwerp?

....

Bijlage C. Resultaten vragenlijsten omgevingsdiensten

Meldingen, registratie en afhandeling omgevingsdiensten			
Meldingen	Ja	30	88,24%
	Nee	4	11,76%
Registratie	Ja	29	96,67%
	Nee	1	3,33%
Gegevens opvraagbaar	Ja	21	72,41%
	Nee	8	27,59%
Afhandeling	Ja	18	60,00%
	Soms	9	30,00%
	Nee	3	10,00%

Doorverwijzing			
Doorverwijzing naar	GGD	6	50,00%
	Omgevingsdienst	1	8,33%
	Adviesbureau	0	0,00%
	Anders, namelijk	5	41,67%
Weet men waar terecht	Nee	0	0,00%
	Ja, namelijk	4	100,00%

Aantal meldingen			
Aantal meldingen	<5	9	30,00%
	5-20	13	43,33%
	20-50	5	16,67%
	50-100	1	3,33%
	>100	2	6,67%
Afgelopen 5 jaar	Afgenomen	2	6,67%
	Gelijk gebleven	8	26,67%
	Toegenomen	18	60,00%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	2	6,67%

Metingen			
Metingen	Ja	16	88,89%
	Nee	2	11,11%
% van meldingen een meting	<25%	5	20,00%
	25-50%	8	32,00%
	50-75%	6	24,00%
	>75%	6	24,00%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	0	0,00%
Alleen metingen bron bij bedrijf	Ja	2	8,00%
	Uitzondering gemaakt	6	24,00%
	Nee	17	68,00%
% van meldingen bron gevonden	<25%	20	80,00%
	25-50%	2	8,00%
	50-75%	0	0,00%
	>75%	1	4,00%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	2	8,00%
Bron bekend	Nee	16	64,00%
	Ja, namelijk	9	36,00%
Bron toeschrijven			
	Nee	10	33,33%
	Ja, namelijk	20	66,67%

Bijlage D. Vragenlijst gemeenten

1. Kunnen burgers bij de gemeente een melding doen van het horen van laagfrequent geluid(LFG)/bromtonen?
 - Ja
 - Nee
- a. Zo ja bij 1, worden deze meldingen geregistreerd?
 - Ja
 - Nee
- i. Zo ja bij a. Op welke wijze worden deze meldingen geregistreerd?
 -
- ii. Zo ja bij a, Sinds welk jaar worden deze meldingen geregistreerd?
 -
- iii. Zo ja bij a. Zijn deze gegevens eventueel opvraagbaar?
 - Ja
 - Nee
- b. Zo ja bij 1, hoeveel meldingen over laagfrequent geluid/bromtoon heeft de gemeente in het jaar 2020 ongeveer gekregen?
 - <5
 - 5-20
 - 20-50
 - 50-100
 - >100
- c. Zo ja bij 1, Is het aantal meldingen de afgelopen vijf jaar (volgens de registratie/naar uw inschatting indien niet of nog niet zo lang geregistreerd wordt)
 - Afgenomen
 - Gelijk gebleven
 - Toegenomen
 - Weet ik niet/kan ik niet zeggen
- d. Zo ja bij 1, handelt de gemeente zelf de meldingen af?
 - Ja
 - Soms
 - Nee
- i. Zo nee/soms: naar welke organisatie wordt de melding doorverwezen?
 - GGD
 - Omgevingsdienst
 - Adviesbureau(s)
 - Anders, namelijk ...

- ii. Zo ja/soms bij d. Doet de gemeente zelf metingen naar LFG?
 - Ja
 - Nee
- (1) Zo ja bij ii. Bij hoeveel procent van deze meldingen verricht de OD (naar schatting) een meting?
 - <25%
 - 25 – 50%
 - 50 – 75%
 - > 75%
 - Weet ik niet/kan ik niet zeggen
- (2) Zo ja bij ii. In hoeveel % van de keren dat wordt gemeten, wordt een bron gevonden (schatting indien het niet direct te herleiden is uit een eventuele registratie)?
 - <25%
 - 25 – 50%
 - 50 – 75%
 - > 75 %
 - O weet ik niet / kan ik niet zeggen
- (3) Zo ja bij ii. In geval van meetbaar LFG/bromtoon, is bekend welke bronnen deze meldingen over LFG/bromtoon veroorzaken?
 - Ja, namelijk....
 - Nee
- e. Zo ja bij 1. Is bekend welke bronnen deze meldingen over LFG/bromtoon veroorzaken?
 - Ja, namelijk....
 - Nee
- f. Zo nee bij 1, Weet u waar mensen terecht kunnen met vragen of meldingen over laagfrequent geluid of bromtonen?
 - Ja,
 - Weet ik niet
- 2. Mogen wij u eventueel benaderen om nadere informatie, bijvoorbeeld over de eventueel gevolgde meetmethode?
 - Ja
 - Nee
- 3. Wilt u een bericht ontvangen als de resultaten van deze enquête worden gepubliceerd?
 - Ja
 - Nee

Zo ja bij 2 of 3, wat zijn uw contactgegevens?

Naam:

Functie:

E-mail:

Telefoon:

4. Wilt u verder nog iets kwijt over dit onderwerp?
O

Bijlage E. Resultaten vragenlijsten gemeenten

Meldingen, registratie en afhandeling gemeente			
Meldingen	Ja	137	95,14%
	Nee	7	4,86%
Registratie	Ja	119	86,86%
	Nee	18	13,14%
Gegevens opvraagbaar	Ja	91	76,47%
	Nee	28	23,53%
Afhandeling	Ja	28	20,44%
	Soms	58	42,34%
	Nee	51	37,23%

Doorverwijzing			
Doorverwijzing naar	GGD	7	6,42%
	Omgevingsdienst	87	79,82%
	Adviesbureau	3	2,75%
	Anders, namelijk	12	11,01%
Weet men waar terecht	Nee	2	28,57%
	Ja, namelijk	5	71,43%

Aantal meldingen			
Aantal in 2020	<5	114	83,21%
	5-20	17	12,41%
	20-50	4	2,92%
	50-100	1	0,73%
	>100	1	0,73%
Afgelopen 5 jaar	Afgenomen	7	5,11%
	Gelijk gebleven	49	35,77%
	Toegenomen	34	24,82%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	47	34,31%

Metingen			
Metingen	Ja	20	23,26%
	Nee	66	76,74%
% van meldingen een meting			
	<25%	5	25,00%
	25-50%	3	15,00%
	50-75%	1	5,00%
	>75%	9	45,00%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	2	10,00%
% van meldingen bron gevonden			
	<25%	11	55,00%
	25-50%	4	20,00%
	50-75%	2	10,00%
	>75%	1	5,00%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	2	10,00%
Bron bekend			
	Nee	9	45,00%
	Ja, namelijk	11	55,00%
Bron toeschrijven			
	Nee	79	57,66%
	Ja, namelijk	58	42,34%

Bijlage F. Vragenlijst audiologen

1. Komen er in uw praktijk cliënten die aangeven last te hebben van het horen van laagfrequent geluid (LFG)/horen van een bromtoon?
 Ja
 Nee
 - a. Zo ja bij 1, hoeveel cliënten die last ondervinden van laagfrequent geluid/een bromtoon heeft u in het jaar 2020 ongeveer gezien?
 0-5 cliënten
 5-10 cliënten
 10-20 cliënten
 meer dan 20 cliënten
 - b. Zo ja bij 1, is het aantal cliënten de afgelopen vijf jaar (volgens de registratie/naar uw idee) ongeveer
 Afgenomen
 Gelijk gebleven
 Toegenomen
 Weet ik niet / kan ik niet zeggen
 - c. Zo ja bij 1, behandelt u deze cliënten zelf?
 Ja
 Soms
 Nee
 Nee, maar ik verwijs wel door naar ..
 - i. Zo ja/soms bij c. Kunt u in een paar zinnen duidelijk maken hoe u deze behandeling aanpakt?

 - ii. Zo ja/soms bij c. Werkt u samen met andere behandelaars in de regio (netwerkwzorg)?
 Ja
 Soms
 Nee
 Anders ..
 - (1). Zo ja/soms bij ii. Met wie werkt u samen?

 - d. Zo ja bij 1, Kunt u een schatting maken hoeveel procent van de cliënten met klachten over LFG/bromtoon baat heeft bij een behandeling hiervoor (minder klachten)?
 <25%
 25 – 50%
 50 – 75%
 > 75 %
 O weet ik niet / kan ik niet zeggen

2. Vindt u het belangrijk dat er meer aandacht komt voor de problematiek rondom LFG/bromtonen?
 Ja
 Nee
 Anders ..
3. Wilt u verder nog iets kwijt over dit onderwerp?

4. Mogen wij u eventueel benaderen om nadere informatie, bijvoorbeeld over de eventueel gevolgde meetmethode?
 Ja
 Nee
5. Wilt u een bericht ontvangen als de resultaten van deze enquête worden gepubliceerd?
 Ja
 Nee

Zo ja bij 4 en/of 5, wat zijn uw contactgegevens?

Naam:

Functie:

E-mail:

Telefoon:

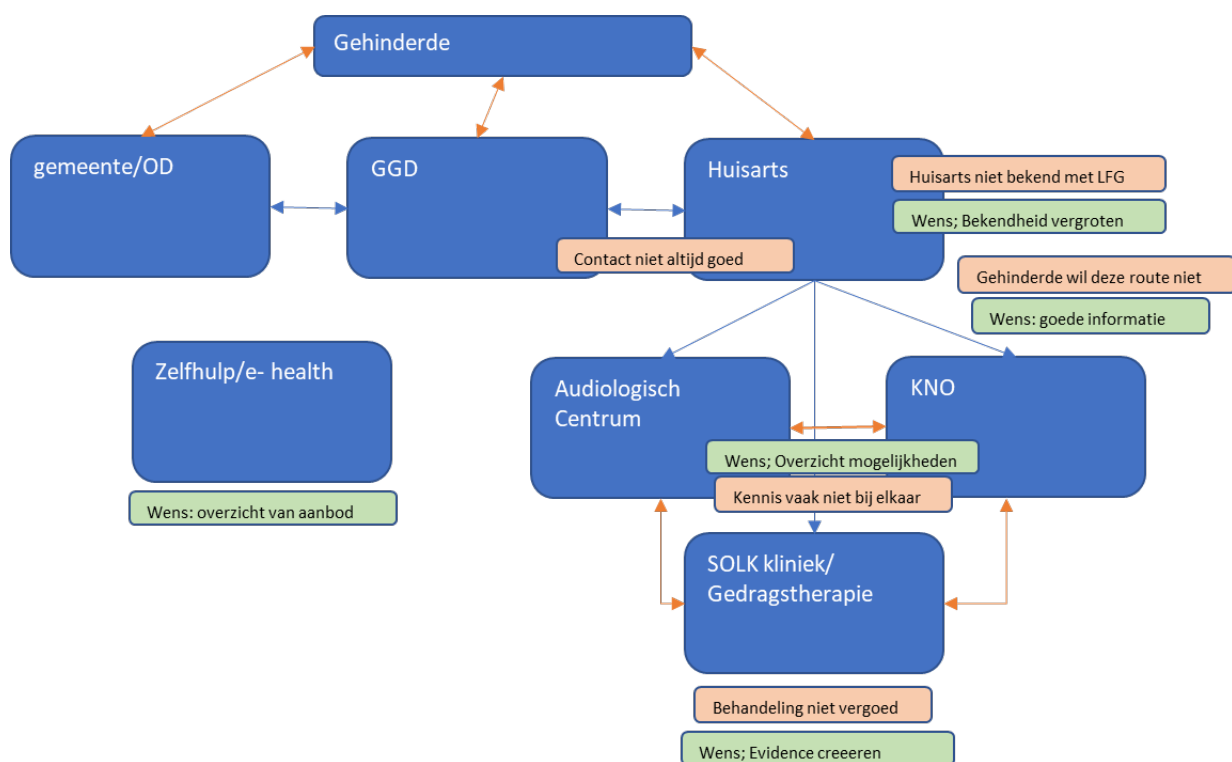
Bijlage G. Resultaten vragenlijsten audiologen

Aantal cliënten			
Cliënten	Ja	36	100%
	Nee	0	0%
Aantal in 2020	0-5 cliënten	28	77,78%
	5-10 cliënten	4	11,11%
	10-20 cliënten	3	8,33%
	meer dan 20	1	2,78%
Afgelopen 5 jaar	Afgenomen	0	0,00%
	Gelijk gebleven	18	50,00%
	Toegenomen	6	16,67%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	12	33,33%

Behandeling			
Behandelt u zelf	Ja	17	47,22%
	Soms	15	41,67%
	Nee	2	5,56%
	Nee, maar ik verwijs door	2	5,56%
Samen werking?	Ja	11	34,38%
	Soms	15	46,88%
	Nee	5	15,63%
	Anders	1	3,13%
% Baat bij behandeling	<25%	0	0,00%
	25-50%	5	15,63%
	50-75%	7	21,88%
	>75%	1	3,13%
	Weet ik niet / kan ik niet zeggen	19	59,38%

Meer aandacht			
	Ja	13	36,11%
	Nee	1	2,78%
	Anders	22	61,11%

Bijlage H. Aanpak/samenwerking bij bromtonen



Schematische gewenste samenwerking, opgesteld op basis van twee bijeenkomsten met betrokken deskundigen.
 Knelpunten hierin weergegeven in rood, wensen in groen.

Bijlage I. Juridisch kader normering laagfrequent geluid

Samenvatting

1. Op basis van de huidige wet- en regelgeving gelden er geen specifieke normen voor laagfrequent geluid, noch bestaan er wettelijk voorgeschreven rekenmethodes, dan wel normen of richtlijnen voor het vaststellen van normen voor een acceptabel niveau van laagfrequent geluid ter plaatse van (geluid)gevoelige objecten.
2. Ondanks het ontbreken van wettelijke normen voor laagfrequent geluid, blijkt uit jurisprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State dat bij ruimtelijke en milieubesluitvorming bezien moet worden of laagfrequent geluid kan optreden. Is dat het geval, dan ligt het op de weg van het bevoegd gezag (doorgaans het gemeentebestuur) om te beoordelen of sprake is van hinderlijk laagfrequent geluid en of het nodig is om dit te normeren.
3. Het ontbreken van wettelijke normen en beoordelingsmethoden, brengt met zich mee dat het bevoegde gezag een bepaalde keuzevrijheid heeft voor wat betreft de onderzoeksmethode en de te hanteren normstelling. De bestuursrechter toetst deze keuze terughoudend.
4. Op grond van de huidige stand van de rechtspraak van de bestuursrechter geldt dat het aspect laagfrequent geluid *kan*, en onder omstandigheden zelfs *moet*, worden betrokken bij de vaststelling van een bestemmingsplan in het kader van (de toets aan) een 'goede ruimtelijke ordening'. Is het bevoegd gezag van oordeel dat hinderlijk laagfrequent geluid kan optreden, dan kan zij daarvoor grenswaarden opnemen in de planregels van het bestemmingsplan. Dit betreft dan *bijvoorbeeld* een dB(C)-normering die vastgelegd wordt in de planregels van het bestemmingsplan, dat daarmee ook juridisch handhaafbaar is.
5. Ten aanzien van milieuvergunningplichtige inrichtingen geldt dat het bevoegd gezag aan een omgevingsvergunning milieuvoorschriften kan verbinden ter bescherming van het milieu. Deze voorschriften kunnen ook betrekking hebben op laagfrequent geluid. Deze voorschriften moeten aan een omgevingsvergunning milieu worden verbonden op het moment dat, naar het oordeel van het bevoegd gezag, hinderlijk laagfrequent geluid kan optreden.
6. Voor niet-milieuvergunningplichtige inrichtingen geldt dat in het Activiteitenbesluit geen normen zijn opgenomen voor laagfrequent geluid, noch bevat het Activiteitenbesluit een juridische grondslag voor het bevoegd gezag om bij maatwerkvoorschrift normen vast te stellen voor laagfrequent geluid.
7. De Omgevingswet brengt in het voorgaande geen wijziging. Ook de Omgevingswet (en daarmee samenhangende regelgeving) bevat geen normstelling voor laagfrequent geluid. Aangenomen mag worden dat – net als onder het huidig recht – het bevoegd gezag regels mag stellen in het omgevingsplan én voorschriften mag verbinden aan een omgevingsvergunning milieu om hinderlijk laagfrequent geluid tegen te gaan.

8. Echt bruikbare voorbeelden of aanknopingspunten van landen die laagfrequent geluid op adequate wijze hebben genormeerd zijn er niet. Temeer omdat ofwel geen sprake is van een wettelijke normering ofwel de normering van laagfrequent slechts doelt op een specifieke bron (windturbines).

De voorgelegde onderzoeksvragen betroffen de volgende:

1. Beschrijf (a) hoe laagfrequent geluid (LFG) volgens huidig recht is geregeld; en (b) wat een gemeente volgens huidig recht kan doen om lokale problematiek rond LFG aan te pakken?
2. Beschrijf (a) hoe LFG in het kader van de Omgevingswet is geregeld; en (b) wat een gemeente in het kader van de Omgevingswet kan doen om lokale problematiek rond LFG aan te pakken.
3. Beschrijf voorbeelden of aanknopingspunten uit andere landen waaruit blijkt hoe LFG aldaar geregeld is.
4. Formuleer naar aanleiding van de voorgaande drie punten juridische (deel)vragen die interessant en relevant zijn om mee te nemen in het onderzoeksprogramma LFG dat nu door het RIVM wordt voorbereid.

Normering laagfrequent geluid onder huidig recht

Geen specifieke wettelijke normstelling

Op basis van de huidige wet- en regelgeving gelden er geen specifieke normen voor laagfrequent geluid, noch bestaan er wettelijk voorgeschreven rekenmethodes, dan wel normen of richtlijnen voor het vaststellen van normen voor acceptabel niveau van laagfrequent geluid ter plaatse van (geluid)gevoelige⁵ objecten.⁶

Het ontbreken van wettelijke normen, betekent nog niet dat bij ruimtelijke besluiten⁷ en milieubesluiten⁸ een beoordeling van het (mogelijk) optredend laagfrequent geluid achterwege kan blijven. Indien hinderlijk laagfrequent geluid ter plaatse van gevoelige objecten kan optreden, rust er – bij het vaststellen van een bestemmingsplan⁹ of de verlening van een omgevingsvergunning milieu (ex artikel 2.1 lid 1 aanhef en onder e van de Wabo (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht)) – een onderzoeksplicht op het bevoegd gezag. Het ontbreken van wettelijke normen brengt met zich mee dat het bevoegd gezag bij het beoordelen en normeren van laagfrequent geluid een zekere beoordelingsruimte heeft en daarmee ook een bepaalde keuzevrijheid heeft in de wijze waarop invulling wordt gegeven aan die beoordelingsruimte. De Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (hierna: ‘de Afdeling’) toetst die keuze terughoudend.¹⁰

⁵ Gevoelige objecten zijn o.a. woningen.

⁶ Vgl. ABRvS 27 november 2019, ECLI:NL:RVS:2019:4017, r.o. 14.4: “De Afdeling stelt vast dat er geen wettelijk voorgeschreven rekenmethodes of modellen zijn voor de beoordeling van laagfrequent geluid.”

⁷ Bestemmingsplannen, inpassingsplannen (van zowel Rijk als provincies) en omgevingsvergunningen voor planologisch strijdig gebruik (ex artikel 2.12 van de Wabo).

⁸ Denk aan omgevingsvergunningen milieu. Of bij maatwerkvoorschrift normen voor laagfrequent geluid kunnen worden vastgesteld, is nog niet zeker. Wel heeft de rechtbank Amsterdam in haar uitspraak van 29 maart 2018 (ECLI:NL:RBAMS:2018:1977) geoordeeld dat het gemeentebestuur niet bevoegd is om bij maatwerkvoorschrift (ex artikel 2.20 van het Activiteitenbesluit) een norm vast te stellen voor laagfrequent geluid.

⁹ Of omgevingsvergunning planologisch strijdig gebruik (ex artikel 2.1 lid 1 aanhef en onder c van de Wabo).

¹⁰ ABRvS 22 augustus 2012, ECLI:NL:RVS:2012:BX5262, r.o. 2.5.3.

Er zijn wel verschillende (buitenwettelijke) normen c.q. normcurves ontwikkeld voor de toetsing van laagfrequent geluid, waaronder o.a. de NSG-richtlijn (een empirisch vastgestelde gehoordrempel)¹¹ en de Vercammen-curve (een hindergrens).¹² Deze curves hebben geen wettelijke status, maar worden wel vaak toegepast in de praktijk door gemeenten.

Dat er geen wettelijk voorgeschreven richtlijn bestaat voor het vaststellen van normen voor acceptabel laagfrequent geluid betekent niet dat dit geluid niet genormeerd zou kunnen worden. In een bestemmingsplan kunnen bijvoorbeeld in planregels dB(C)-normen worden opgenomen ter normering van optredend laagfrequent geluid van bijvoorbeeld een toegelaten functie/bestemming (zoals een nieuwe bedrijfsmatige bron die laagfrequent geluid veroorzaakt). Wel zal moeten worden onderbouwd dat met het opnemen van die normen sprake zal zijn van een aanvaardbaar verblijfs- dan wel woon- en leefklimaat ter plaatse van een geluidgevoelig gebouw (zie hierover onderstaande paragraaf over normering van LFG in een bestemmingsplan). Hetzelfde geldt voor voorschriften die aan een omgevingsvergunning kunnen worden verbonden (zie onderstaande paragraaf 'Omgevingsvergunning milieu').

Normering van laagfrequent geluid in een bestemmingsplan

Op grond van de huidige stand van de rechtspraak van de Afdeling geldt dat het aspect laagfrequent geluid *kan*, en onder omstandigheden zelfs *moet*, worden betrokken bij de vaststelling van een bestemmingsplan in het kader van (de toets aan) een 'goede ruimtelijke ordening' ex artikel 3.1 lid 1 van de Wro (Wet ruimtelijke ordening). Van geval tot geval moet het optreden van laagfrequent geluid en de invloed daarvan op het woon- en leefklimaat worden onderzocht en beoordeeld.

Zie bijvoorbeeld de uitspraak van de Afdeling van 6 december 2017, ECLI:NL:RVS:2017:3345:

"Tijdens de tweede zitting heeft de StAB toegelicht dat, om te kunnen beoordelen of deze toename van laagfrequent geluid zich daadwerkelijk voordoet en of deze toename vanuit een oogpunt van een goede ruimtelijke ordening aanvaardbaar is, metingen zullen moeten worden verricht aan de brug, zodat een oordeel kan worden gevormd over de huidige mate van hinder van het laagfrequente geluid van de voegovergangen in het brugdek en vervolgens kan worden beoordeeld of een mogelijke toename van hinder van laagfrequent geluid als gevolg van het plan uit een oogpunt van een goede ruimtelijke ordening nog aanvaardbaar kan worden geacht. Nu de raad voorafgaand aan de planvaststelling een dergelijk onderzoek niet heeft verricht, is de Afdeling van oordeel dat het bestreden besluit op dit punt niet met de vereiste zorgvuldigheid is voorbereid."

Is het bevoegd gezag van oordeel dat hinderlijk laagfrequent geluid kan optreden, dan kan zij daarvoor grenswaarden opnemen in de planregels van het bestemmingsplan. Dit betreft dan bijvoorbeeld een dB(C)-

¹¹ ABRvS 22 augustus 2012, ECLI:NL:RVS:2012:BX5262.

¹² ABRvS 1 juli 2015, ECLI:NL:RVS:2015:2081.

normering die vastgelegd wordt in de planregels van het bestemmingsplan (zoals bijvoorbeeld gebruiksregels) en die daarmee ook juridisch handhaafbaar is. Op het moment dat deze normering is ingegeven vanuit het belang van het voorkómen van hinder voor bijvoorbeeld omwonenden komen deze normen ruimtelijke relevantie toe, en kunnen deze vastgelegd worden in de planregels van het bestemmingsplan. Zo worden bijvoorbeeld in bestemmingsplannen die zien op evenementen regelmatig dB(C)-normen vastgelegd in de planregels.¹³

Wordt in de planregels een dB(C)-normering vastgelegd, dan dient (uiteraard) wel gemotiveerd te worden dat die norm strekt tot bescherming van een aanvaardbaar verblijfs-, dan wel woon- en leefklimaat.

Zie bijvoorbeeld de uitspraak van de Afdeling van 23 augustus 2017, ECLI:NL:RVS:2017:2269:

"11.2. De Afdeling stelt vast dat er geen wettelijk voorgeschreven richtlijn bestaat voor het vaststellen van normen voor acceptabel laagfrequent geluid. Zoals hiervoor is vermeld, heeft de raad met het oog op de effecten voor omwonenden als gevolg van laagfrequent geluid naast een dB(A) ook een dB(C)-norm opgenomen. In de nadere berekening zijn de effecten van 'gewoon' geluid op de omliggende woningen weergegeven in dB(A), een zogenoemde A-weging. In dit geval zal de geluidbelasting op de meest dichtbij gelegen gevel van de woning van [appellant] 60 dB(A) bedragen als gevolg van de in het plan opgenomen geluidnormen. Uitgaande van een gevelisolatie van 20 dB(A) zal dit tot een binnenwaarde van 40 dB(A) leiden.

De Afdeling constateert met [appellant] dat in de nadere berekening niet inzichtelijk is gemaakt wat het effect is van de in de planregels opgenomen dB(C) normen op de binnenwaarde van de woning van [appellant], terwijl de geluidisolatie van een gevel voor laagfrequent geluid geringer is dan voor 'gewoon geluid'. Het besluit is ook in zoverre in strijd met artikel 3:2 van de Awb vastgesteld."

Zijn er reeds voorschriften opgenomen in een omgevingsvergunning milieu, dan *kan*, onder omstandigheden, in het bestemmingsplanspoor worden verwezen naar de in die omgevingsvergunning milieu opgenomen voorschriften.¹⁴ Op basis daarvan kan dan gesteld worden dat een nadere normering in de planregels van het bestemmingsplan niet meer nodig is, nu dat reeds publiekrechtelijk geborgd is in de omgevingsvergunning milieu.

Zie bijvoorbeeld ABRvS 19 juli 2017, ECLI:NL:RVS:2017:1939:

"23.5. In verband met het betoog van het Burgerinitiatief dat bij de beoordeling van de geluidbelasting voor de omgeving ten onrechte geen rekening is gehouden met laagfrequent geluid als gevolg van de ventilatoren van Aviko op het dak, overweegt de Afdeling het volgende.

¹³ Zie bijvoorbeeld ABRvS15 november 2019, ECLI:NL:RVS:2019:1566, ABRvS 24 juli 2019, ECLI:NL:RVS:2019:2571 en ABRvS 15 februari 2017, ECLI:NL:RVS:2017:415.

¹⁴ Vgl. ABRvS 8 juni 2016, ECLI:NL:RVS:2016:1575 (*Geertjesgolf*). Zie bijv. ook ABRvS 17 augustus 2016, ECLI:NL:RVS:2016:2231 (*Horst CVI*) en ABRvS 15 juli 2015, ECLI:NL:RVS:2015:2233 (*Horst CVI tussenuitspraak*).

Uit de jurisprudentie van de Afdeling (onder meer de uitspraak van 13 december 2006, ECLI:NL:RVS:2006:AZ4285) volgt dat laagfrequent geluid kan worden aangemerkt als oorzaak van objectiveerbare hinder. Nu een wettelijk kader voor laagfrequent geluid ontbreekt, kunnen in beginsel aan een vergunning voorschriften ter voorkoming van hinder door laagfrequent geluid, waaronder grenswaarden, worden verbonden. Gelet hierop en nu de raad ter zitting heeft toegelicht dat in de milieuvergunningen van Aviko geluidvoorschriften zijn en worden opgenomen vanwege onder meer de ventilatoren op bedrijfsbebouwing, ziet de Afdeling in hetgeen het Burgerinitiatief heeft aangevoerd geen aanleiding voor het oordeel dat de raad zich niet in redelijkheid op het standpunt heeft kunnen stellen dat het bestemmingsplan geen onaanvaardbare geluidsoverlast vanwege laagfrequent geluid tot gevolg heeft. Het betoog faalt."

Omgevingsvergunning milieu

Artikel 2.22 van de Wabo verplicht het bevoegd gezag om voorschriften te verbinden aan een omgevingsvergunning milieu voor de bescherming van het milieu (artikel 2.14 van de Wabo). Bij het stellen van voorschriften tegen geluidhinder is 'de bescherming van het milieu' leidend.

Lange tijd werd gedacht dat in een milieuvergunning geen voorschriften ten aanzien van laagfrequent geluid mochten worden gesteld.¹⁵ Inmiddels ligt het voorgaande anders en worden er regelmatig aan milieuvergunningen voorschriften verbonden ter voorkoming van hinder door laagfrequent geluid.

Zie bijvoorbeeld de uitspraak van de Afdeling van 25 augustus 2010, ECLI:NL:RVS:2010:BN4904:

"2.5.2. Uit de jurisprudentie van de Afdeling (onder meer de uitspraak van 13 december 2006 in zaak nr. 200509380/1) volgt dat inmiddels een dusdanige verscheidenheid aan onderzoeksresultaten naar reproduceerbare relaties tussen dosis en effect van laagfrequent geluid voorhanden is, dat laagfrequent geluid kan worden aangemerkt als oorzaak van objectiveerbare hinder. Derhalve kunnen in beginsel aan een vergunning voorschriften ter voorkoming van hinder door laagfrequent geluid, waaronder grenswaarden, worden verbonden. Voor zover het betoog van ProRail zo moet worden begrepen dat zij aanvoert dat in het geheel geen grenswaarden voor laagfrequent geluid aan de vergunning hadden mogen worden verbonden, kan dit betoog dan ook niet slagen."¹⁶

Zie ook bijvoorbeeld ABTvS 24 juli 2013, ECLI:NL:RVS:2013:508:

"8.1. Anders dan [appellant] en anderen betogen, behoefde in het kader van dit plan nog niet de concrete laagfrequente geluidbelasting op de woningen nabij de te bouwen windturbines te worden onderzocht. Nu voor de windturbines een omgevingsvergunning als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht dient te worden verleend, kan in het kader van die

¹⁵ Zie bijvoorbeeld ABRvS 24 juli 2002, ECLI:NL:RVS:2002:AE5699.

¹⁶ Zie ook ABRvS 12 december 2006, ECLI:NL:RVS:2006:AZ4285.

procedure de precieze laagfrequente geluidbelasting van de betrokken windturbine worden onderzocht en kunnen in deze vergunning zo nodig voorschriften of beperkingen worden opgenomen teneinde deze laagfrequente geluidbelasting te voorkomen dan wel voldoende te beperken. [appellant] en anderen hebben de stelling in het MER dat het aannemelijk is dat aan de zogeheten Vercammen-curve kan worden voldaan, verder niet gemotiveerd bestreden. De raad heeft zich daarom in het kader van dit plan in redelijkheid op het standpunt kunnen stellen dat geen nader onderzoek naar de gevolgen van laagfrequent geluid noodzakelijk was. Het betoog faalt.”

Er zijn verschillende typen voorschriften mogelijk die aan een omgevingsvergunning milieu kunnen worden verbonden. Gedacht kan worden aan voorschriften over:

- onderzoeksverplichtingen voor de vergunninghouder c.q. drijver van de inrichting;¹⁷
- het opnemen c.q. vastleggen van grenswaarden (in tertsbanden);¹⁸
- het voorschrijven dat bepaalde maatregelen uit het akoestisch onderzoek uitgevoerd moeten worden (waaraan een termijn verbonden kan worden met een opleveronderzoek).¹⁹

Activiteitenbesluit milieubeheer

Inleiding

In de vorige paragraaf is uiteengezet dat het bevoegd gezag (doorgaans het college van burgemeester en wethouders) bij een milieuvergunningplichtige inrichting vergunningvoorschriften kan en soms moet verbinden aan de omgevingsvergunning milieu om hinder als gevolg van laagfrequent geluid te voorkomen c.q. te beperken. Echter, niet alle inrichtingen zijn milieuvergunningplichtig. Het merendeel van de inrichtingen valt namelijk onder het toepassingsbereik van het Activiteitenbesluit (een algemene maatregel van bestuur) en is *niet* milieuvergunningplichtig. Het Activiteitenbesluit bevat geen normstelling voor laagfrequent geluid. Wel bevat het Activiteitenbesluit maatwerkbevoegdheden voor het bevoegd gezag. Echter, de eerste rechtbankuitspraken maken duidelijk dat deze maatwerkbevoegdheid niet ingezet mag worden voor het bij maatwerkvoorschrift vaststellen van normen voor laagfrequent geluid. Anders gezegd: het Activiteitenbesluit ontbeert een juridische grondslag voor het bevoegd gezag om bij maatwerkvoorschrift normen vast te stellen voor laagfrequent geluid.

Maatwerkbevoegdheid artikel 2.20 van het Activiteitenbesluit Afdeling 2.8 (artikel 2.17 e.v.) van het Activiteitenbesluit bevat een standaardset geluidnormen c.q. geluidgrenswaarden voor (type A en B) inrichtingen²⁰ die door de algemene regels worden genormeerd. Deze geluidsnormen hebben géén betrekking op laagfrequent geluid,²¹ maar

¹⁷ Vgl. ABRvS 1 oktober 2008, ECLI:NL:RVS:2008:BF3909, r.o. 2.5.2 en ABRvS 7 augustus 2002, ECLI:NL:RVS:2002:AE6230, r.o. 2.2.2.1 en 2.2.2.2.

¹⁸ Vgl. ABRvS 8 juni 2016, ECLI:NL:RVS:2016:1575 (*Geertjesgolf*) en ABRvS 1 juli 2015, ECLI:NL:RVS:2015:2081 (*Geertjesgolf tussenuitspraak*), ABRvS 12 december 2007, ECLI:NL:RVS:2007:BB9959, r.o. 2.13.1 en 2.13.2.

¹⁹ Vgl. ABRvS 12 juni 2013, ECLI:NL:RVS:2013:CA2881, r.o. 4-4.2 en Vz. ABRvS 25 mei 2010, ECLI:NL:RVS:2010:BM6425, r.o. 2.7.1 en 2.7.2.

²⁰ Voor type C inrichtingen dienen in de omgevingsvergunning milieu geluidvoorschriften opgenomen te worden.

²¹ Vgl. ABRvS 14 augustus 2013, ECLI:NL:RVS:2013:693, r.o. 4 en 4.1.

uitsluitend op het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau en het maximaal geluidsniveau (ook wel piekgeluiden genoemd) dat veroorzaakt wordt door het in werking zijn van een inrichting. Een inrichting moet aan die geluidnormen voldoen, tenzij het bevoegd gezag bij beschikking maatwerkvoorschrift andere (lagere dan wel hogere) geluidnormen heeft vastgesteld voor het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau en/of het maximaal geluidsniveau. In dat geval moet voldaan worden aan de in het maatwerkvoorschrift opgenomen geluidnorm(en).

Artikel 2.20 lid 1 van het Activiteitenbesluit bepaalt dat in afwijking van de waarden, bedoeld in de artikelen 2.17, 2.17a, 2.19 dan wel 2.19a, het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift andere waarden voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau (LAR,LT) en het maximaal geluidsniveau (LAmax) kan vaststellen.

Gegeven het feit dat artikel 2.20 lid 1 van het Activiteitenbesluit beperkt is tot het stellen van andere waarden voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau en het piekgeluidsniveau, bevat deze bepaling geen juridische grondslag voor bij maatwerkvoorschrift stellen van normen voor laagfrequent geluid.

Maatwerk via de zorgplichtbepaling van artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit

Daarnaast bevat het Activiteitenbesluit een zorgplichtbepaling. Deze zorgplichtbepaling is vastgelegd in artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit en luidt, voor zover hier relevant, als volgt:

"1. Degene die een inrichting drijft en weet of redelijkerwijs had kunnen weten dat door het in werking zijn dan wel het al dan niet tijdelijk buiten werking stellen van de inrichting nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan of kunnen ontstaan, die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde regels, voorkomt die gevolgen of beperkt die voor zover voorkomen niet mogelijk is en voor zover dit redelijkerwijs van hem kan worden gevergd.

(...)

2. Onder het voorkomen of beperken van het ontstaan van nadelige gevolgen voor het milieu als bedoeld in het eerste lid wordt verstaan:

(...)

f. het voorkomen dan wel voor zover dat niet mogelijk is het tot een aanvaardbaar niveau beperken van geluidhinder;

(...)

4. Het bevoegd gezag kan met betrekking tot de verplichting, bedoeld in het eerste en derde lid, maatwerkvoorschriften stellen voor zover het betreffende aspect bij of krachtens dit besluit niet uitputtend is geregeld. Deze maatwerkvoorschriften kunnen mede inhouden dat de door degene die de inrichting drijft dan wel degene die loost, te verrichten activiteiten worden beschreven alsmede dat metingen, berekeningen of tellingen moeten worden verricht ter bepaling van de mate waarin de inrichting dan wel het lozen, bedoeld in het derde lid, nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaakt."

Kort samengevat, geeft artikel 2.1 lid 4, gelezen in samenhang met lid 1 en lid 2 onder f van het Activiteitenbesluit, het bevoegd gezag de bevoegdheid om door middel van het stellen van maatwerkvoorschriften aanvullende geluidsregels te stellen voor een inrichting. Met de in het eerste lid van artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit gebezigde zinsnede *"die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde regels"*, heeft de wetgever tot uitdrukking willen brengen dat overtreding van de zorgplicht – dan wel het op grondslag daarvan stellen van maatwerkvoorschriften – uitsluitend aan de orde is in gevallen waarvoor het Activiteitenbesluit milieubeheer geen uitputtende regeling bevat.

Zoals in de vorige paragraaf uiteengezet, bevat het Activiteitenbesluit geluidsnormen voor het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau en het maximaal geluidsniveau. Het Activiteitenbesluit bevat daarentegen geen rechtstreeks werkende geluidsnormen voor het laagfrequent geluid. De vraag die in de praktijk leeft, betreft de vraag of het bevoegd gezag door middel van het stellen van maatwerkvoorschriften – via de band van de in artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit vastgelegde zorgplichtbepaling – normen voor laagfrequent geluid kan vaststellen. Deze vraag wordt – zij het vooralsnog alleen in de lagere rechtspraak – ontkennend beantwoord. In haar uitspraak van 29 maart 2018 overweegt de rechtbank Amsterdam – kort samengevat – dat het Activiteitenbesluit geen grondslag geeft (ook niet via de zorgplichtbepaling van artikel 2.1 lid van het Activiteitenbesluit) voor het bij maatwerkvoorschrift vaststellen van een norm voor laagfrequent geluid.²²

De relevante overwegingen uit de uitspraak van de rechtbank Amsterdam van 29 maart 2018, ECLI:NL:RBAMS:2018:1977, worden hieronder geciteerd:

*"Heeft verweerder ten onrechte niet gehandhaafd vanwege LFG?
7.1. In het Activiteitenbesluit milieubeheer (verder: het Activiteitenbesluit) zijn in de artikelen 2.17 tot en met 2.22 regels ten aanzien van geluid opgenomen. Deze regels bevatten geen afzonderlijke norm voor LFG. Wel biedt artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit de mogelijkheid om op basis van de zorgplicht maatwerkvoorschriften te stellen voor zover het betreffende aspect bij of krachtens het Activiteitenbesluit niet uitputtend is geregeld. Verder geldt op grond van artikel 2.1 van het Activiteitenbesluit een zogenaamde zorgplicht.*

7.2. Onder verwijzing naar de uitspraak van de Afdeling van 29 januari 2014 (ECLI:NL:RVS:2014:174) is de rechtbank van oordeel dat er geen grond is voor het oordeel dat verweerder vanwege LFG op grond van de zorgplicht handhavend had dienen op te treden. In die uitspraak is immers overwogen dat de wetgever met de zinsnede 'die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde regels' in artikel 2.1, eerste lid, van het Activiteitenbesluit tot uitdrukking heeft willen brengen dat overtreding van de zorgplicht uitsluitend aan de orde is in gevallen waarvoor dat besluit geen uitputtende regeling bevat. In die uitspraak is voorts overwogen dat het feit dat artikel 2.20, eerste lid, van het

²² Rechtbank Amsterdam 29 maart 2018, ECLI:NL:RBAMS:2018:1977.

Activiteitenbesluit mogelijk maakt bij maatwerkvoorschriften andere waarden vast te stellen dan de waarden bedoeld in artikel 2.17, niet betekent dat artikel 2.17 geen uitputtende regeling bevat als bedoeld in artikel 2.1. De rechtbank leidt hieruit af dat voor het vaststellen van maatwerkvoorschriften voor LFG geen grondslag bestaat. In zoverre slaagt het beroep niet.”²³

Recent heeft ook de rechtbank Gelderland geoordeeld dat het Activiteitenbesluit het bevoegd gezag geen mogelijkheid geeft om – via de band van het stellen van maatwerkvoorschriften – een inrichting geluidsnormen voor laagfrequent geluid op te leggen.

De rechtbank Gelderland gaat in haar uitspraak van 9 april 2021, ECLI:NL:RBGEL:2021:1896 uitvoerig in op de hierboven aangestipte vraag. De rechtbank overweegt het volgende:

“Is verweerder bevoegd om maatwerkvoorschriften op te leggen op grond van de zorgplicht?

7. Tussen partijen is in geschil of verweerder bevoegd is om op grond van de zorgplicht uit artikel 2.1, vierde lid, van het Activiteitenbesluit maatwerkvoorschriften op te leggen aan eiseres met betrekking tot laagfrequent geluid. Deze bevoegdheid bestaat alleen als het Activiteitenbesluit geen uitputtende regeling bevat.

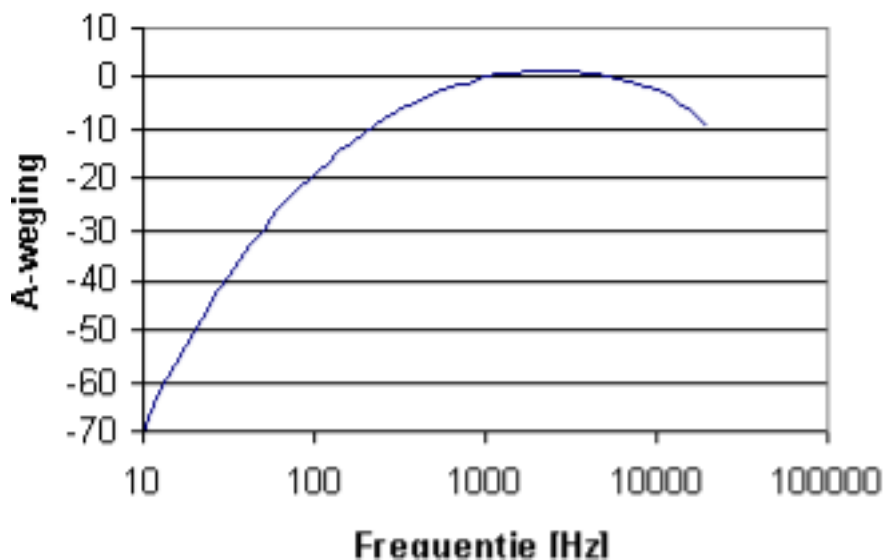
8. Op pagina 185 van de Nota van Toelichting bij het Activiteitenbesluit staat het volgende over de vraag wanneer sprake is van een uitputtende regeling:

“Van een uitputtende regeling is in ieder geval sprake wanneer voor een bepaald aspect concrete voorschriften zijn uitgewerkt in de vorm van kwantitatieve doelvoorschriften, dan wel wanneer is bepaald dat met betrekking tot dat aspect bij of krachtens dit besluit aangegeven middelen ter bescherming van het milieu moeten worden toegepast of als erkende maatregel kunnen worden toegepast. De houder van een inrichting heeft aldus de zekerheid dat het bevoegd gezag met betrekking tot het desbetreffende aspect de zorgplichtbepaling niet toe kan passen en dus ook niet kan overgaan tot het stellen van een aan de zorgplichtbepaling gekoppeld maatwerkvoorschrift. Bij concrete voorschriften is het stellen van een maatwerkvoorschrift alleen mogelijk indien het concrete voorschrift zelf die mogelijkheid biedt. Van een uitputtende regeling is eveneens sprake, wanneer dit besluit voor een bepaald aspect weliswaar geen concrete voorschriften bevat, maar wel de mogelijkheid tot het stellen van een op het desbetreffende aspect toegesneden maatwerkvoorschrift biedt. Door deze specifieke mogelijkheid tot maatwerk, is het niet mogelijk om ten aanzien van het betreffende aspect ook nog de maatwerkmogelijkheid behorende bij de zorgplichtbepaling in te zetten.”

9. Artikel 2.17 van het Activiteitenbesluit bevat geluidsnormen voor het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau (LAr,LT) en het maximaal geluidsniveau (LAm_{ax}) die voor de type B-inrichting van eiseres van toepassing zijn. Uit de definitie van “geluidsniveau” in artikel 1 van het Activiteitenbesluit volgt dat deze geluidsniveaus moeten worden berekend in dB(A). Het Activiteitenbesluit verplicht dus om geluid uit te

²³ ABRvS 29 maart 2018, ECLI:NL:RBAMS:2018:1977.

drukken in dB(A). Bij deze berekening in dB(A) wordt een correctie voor de lage frequenties toegepast in verband met de gevoeligheid van het menselijk oor voor deze lage frequenties (zie onderstaand).



Bron: Wikipedia

Deze A-weging leidt bij geluid in de lage frequenties tot relatief lage dB(A) waarden, wat verweerder in het bestreden besluit ook heeft aangegeven. Dat betekent echter niet dat geluid in de lage frequenties niet in deze berekening wordt meegenomen. Geluid met een lage frequentie legt alleen minder gewicht in de schaal. Vaste rechtspraak is dat het Activiteitenbesluit een uitputtende regeling voor geluid bevat. Omdat laagfrequent geluid is meegenomen in de in het Activiteitenbesluit voorgeschreven geluidsnorm en het Activiteitenbesluit voor geluid een uitputtende regeling bevat, was verweerder niet bevoegd om op grond van artikel 2.1, vierde lid, van het Activiteitenbesluit maatwerkvoorschriften vast te stellen voor laagfrequent geluid. Ook artikel 2.20 van het Activiteitenbesluit geeft die bevoegdheid niet, omdat ook bij toepassing van die bepaling verweerder is gebonden aan dB(A) als toepasselijke norm. **Verweerder mag dus wel andere geluidswaarden vaststellen, maar deze moeten in dB(A) zijn.** Het vijfde lid van dit artikel geeft de mogelijkheid om technische voorzieningen en gedragsregels voor te schrijven, maar alleen om aan de geldende geluidsnormen te voldoen en deze voorzieningen of gedragsregels kunnen dus niet worden voorgeschreven, zoals verweerder heeft gedaan, om aan een geluidsniveau te voldoen dat wordt berekend met de Vercammen-curve.

De stelling van verweerder dat met de berekening in dB(A) onvoldoende rekening wordt gehouden met de laagfrequente geluiden en dus dat deze norm en het Activiteitenbesluit onvoldoende bescherming geven, maakt niet dat verweerder in weerwil van de wettelijke regeling maatwerkvoorschriften kan opleggen. Door voor bepaalde vormen van milieuhinder te kiezen om de normering daarvan uitputtend via algemene regels te regelen, heeft de wetgever de rechtszekerheid voor degene die een inrichting drijft voorop willen stellen aan de bescherming

van omwonenden. Dit blijkt ook uit de hierboven opgenomen passage uit de Nota van Toelichting bij het Activiteitenbesluit. Ofschoon de rechtbank op zichzelf de wens van verweerder begrijpt om een berekeningsmethode toe te passen die beter recht doet aan de hinderbeleving van derde-partijen, is het niet aan verweerder om die keuze van de wetgever te doorbreken. De beroepsgrond slaagt.

Conclusie

10. Het beroep is gegrond en het bestreden besluit dient te worden vernietigd, omdat er geen wettelijke grond voor is. Omdat verweerder niet bevoegd is om op grond van de zorgplicht maatwerkvoorschriften voor laagfrequent geluid op te leggen, ziet de rechtbank geen aanleiding om nader in te gaan op de overige door eiseres aangevoerde beroepsgronden.”²⁴

Resumerend

Op basis van de in de vorige paragraaf aangehaalde (lagere) rechtspraak kan worden geconcludeerd dat het Activiteitenbesluit (1) het aspect geluid uitputtend regelt en (2) geen juridische grondslag bevat voor het bij maatwerkvoorschrift opleggen van geluidsnormen voor laagfrequent geluid.

Normering laagfrequent geluid onder Omgevingswet

Inleiding

Uit de parlementaire stukken behorende bij de Omgevingswet blijkt dat het aanvullingsspoor geluid,²⁵ net als in de huidige regelgeving, (vooralsnog) niet voorziet in specifieke normen voor laagfrequent geluid. Ik verwijs in dit verband naar onderstaande passage uit de Nota van Toelichting bij het Aanvullingsbesluit geluid:

"Laagfrequent geluid

De Stichting LaagFrequent geluid vraagt aandacht voor de gezondheidsproblematiek als gevolg van blootstelling aan laagfrequent geluid en is van mening dat laagfrequent geluid als onderwerp in het besluit zou moeten worden opgenomen. Meerdere particulieren hebben zich bij dit standpunt aangesloten. De in het besluit opgenomen standaard- en grenswaarden voor geluid beperken het totale geluid dat afkomstig is van transport- en industriebronnen, inclusief laagfrequent geluid. De bestaande regelgeving kent geen specifieke normen voor laagfrequent geluid en ook het aanvullingsspoor geluid voorziet daar niet in. De problematiek van laagfrequent geluid heeft echter wel de aandacht van de regering, het Expertise Centrum Geluid en gezondheid van het RIVM doet onderzoek op dit thema en informeert en adviseert desgevraagd.”²⁶

Kortom: de in het besluit opgenomen standaard- en grenswaarden voor geluid beperken, zo stelt de regering, de totale geluidbelasting die afkomstig is van transport- en industriebronnen, inclusief laagfrequent geluid. Het aanvullingsspoor geluid voorziet om die reden (vooralsnog) niet in een specifieke normering voor laagfrequent geluid.

²⁴ Rechtbank Gelderland 9 april 2021, ECLI:NL:RBGEL:2021:1896.

²⁵ Bestaande uit de Aanvullingswet geluid, het Aanvullingsbesluit geluid en de Aanvullingsregeling geluid.

²⁶ Staatsblad 2020, 557, p. 200.

Omgevingsplan

Ingevolge artikel 4.2 lid 1 van de Omgevingswet bevat het omgevingsplan voor het gehele grondgebied van de gemeente in ieder geval de regels die nodig zijn met het oog op een evenwichtige toedeling van functies aan locaties. De norm van een 'evenwichtige toedeling van functies aan locaties' kan – net als onder huidig recht de norm van een 'goede ruimtelijke ordening' – nopen tot beoordeling van de aanvaardbaarheid en (eventuele) normering in het omgevingsplan van laagfrequent geluid.

De norm van een 'evenwichtige toedeling van functies aan locaties' wordt ten dele ingevuld door de in hoofdstuk 5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (hierna: 'Bkl') opgenomen instructieregels. Deze instructieregels verplichten niet tot het opnemen van geluidsnormen voor laagfrequent geluid in het omgevingsplan. Het Bkl is op dit punt evenwel niet uitputtend. In de nota van toelichting bij het Bkl wordt immers onderkend dat de standaardwaarden niet altijd c.q. op alle locaties voor een activiteit tot het gewenste evenwicht leiden tussen 'beschermen' en 'benutten'. Gemeenten kunnen in zulke bijzondere situaties waar de standaardwaarden niet of minder toepasselijk zijn, in het omgevingsplan voorzien in specifieke regels voor laagfrequent geluid. Ik verwijs naar artikel 5.66 lid 1 van het Bkl:

"Artikel 5.66 (flexibiliteit – afwijken van standaardwaarden tot grenswaarden)

1. Een omgevingsplan kan, gelet op de aard of locatie van de activiteit of cumulatie, andere waarden bevatten dan de standaardwaarden, bedoeld in artikel 5.65, eerste lid, aanhef en onder a, tweede, derde, of vierde lid.
2. (...)."

Dit geldt bijvoorbeeld ook voor laagfrequent geluid. Zie de volgende passage uit de nota van toelichting bij het Bkl:

"Daarnaast waren er verzoeken van vooral decentrale overheden om bepaalde regelingen te kunnen opnemen in het omgevingsplan, bijvoorbeeld voor laagfrequent geluid en onversterkt menselijk stemgeluid.

Omdat de gemeenten de geluidbelasting regelen in het omgevingsplan is het onder het nieuwe stelsel aan de gemeenten om te voorzien in specifieke regels voor bijzondere gevallen waar de standaardwaarden niet of minder toepasselijk zijn. In de toelichting is nader ingegaan op de wijze waarop de gemeenten de instructieregels kunnen benutten voor het bieden van dergelijk maatwerk."²⁷

En zie ook de volgende passage waaruit het voorgaande expliciet blijkt:

"Afwijken van de standaardwaarden

(...)

Ook kan het zijn dat de dosismaat van de standaardwaarden niet past bij de activiteit. Zo zou bijvoorbeeld voor een activiteit die vooral laagfrequent geluid emitteert een normering in dB(C) beter passend kunnen zijn dan de standaardwaarden die in dB(A) zijn uitgedrukt. In een dergelijk geval kan het bevoegde bestuursorgaan kiezen

²⁷ Staatsblad 2018/292, p. 351.

voor een andere waarde om te voldoen aan de norm dat het geluidniveau aanvaardbaar is. Onder het oude recht bestond die mogelijkheid ook al bij het stellen van maatwerkvoorschriften of vergunningvoorschriften. Die mogelijkheden blijven er overigens in het nieuwe stelsel, zoals beschreven in de sectie «omgevingsvergunning voor een afwijkactiviteit en maatwerkvoorschriften». Anders dan voorheen kunnen dergelijke regels ook vooraf voor een bepaald type activiteiten worden vastgesteld.²⁸

En zie tot slot:

"Artikel 5.66 (flexibiliteit – afwijken van standaardwaarden tot grenswaarden) [artikel 2.24, eerste lid, van de Omgevingswet]
(...)

Eerste lid

*Dit lid biedt de mogelijkheid om in het omgevingsplan andere waarden voor geluid op te nemen dan de standaardwaarden, bedoeld in artikel 5.65, eerste lid, onder a, tweede, derde of vierde lid. Deze andere waarden kunnen naar het oordeel van de gemeenteraad passend zijn vanwege de aard of locatie van de activiteit, of cumulatie van het geluid afkomstig van meerdere bedrijfsmatige activiteiten gezamenlijk. Er kunnen bijvoorbeeld lagere waarden worden vastgesteld om cumulatie van geluid te voorkomen of een betere kwaliteit van de fysieke leefomgeving te bereiken, of hogere waarden voor een gemengd gebied waar een hoger geluidniveau aanvaardbaar wordt gevonden. Andere waarden kunnen hogere of lagere waarden zijn, maar ook waarden in een andere dosismaat, bijvoorbeeld dB(C) voor laagfrequent geluid. (...).*²⁹

Er kan dus ook gekozen worden voor een andere dosismaat,³⁰ omdat de betrokken activiteit bijvoorbeeld vooral laagfrequent geluid emitteert.

Uit de Nota van Toelichting bij het Bkl volgt dat hoorbaar laagfrequent geluid valt onder de instructieregels voor geluid in paragraaf 5.1.4.2 van het Bkl. Er is evenwel geen wettelijke normering van geluid met frequenties lager dan 25 Hz:

"hoorbaar laagfrequent geluid valt onder de instructieregels voor geluid in paragraaf 5.1.4.2 van dit besluit. Er is geen wettelijke normering van geluid met frequenties lager dan 25 Hz, dat niet hoorbaar is door mensen (infrasoon geluid)."

Ik verwijs in dit kader ook nog naar de volgende passage uit de nota van toelichting bij de Omgevingsregeling:

*"Als gemeenten ervoor kiezen om andere activiteiten met een kwantitatieve norm te reguleren, een andere parameter te reguleren dan waarop de regels in dit hoofdstuk zien, of een andere dosismaat te hanteren (bijvoorbeeld voor geluid geen dB(A) maar de dosismaat voor laagfrequent geluid dB(C)), dan zal de gemeente zelf in het omgevingsplan moeten voorzien in de daarvoor te hanteren meet- of rekenregels."*³¹

²⁸ Staatsblad 2018, 292, p. 358-359.

²⁹ Staatsblad 2018, 292, p. 719-720.

³⁰ Strikt genomen gaat het om een filter(instelling). De dosismaat blijft dB.

³¹ Staatscourant 2019, 56288, d.d. 29 november 2019, p. 348.

Gemeenten kunnen er, gelet op deze passage, voor kiezen om een andere dosismaat te hanteren. Daarbij dienen gemeenten zelf in het omgevingsplan te voorzien in de daarvoor te hanteren meet- of rekenregels.

Omgevingsvergunning milieu

Ten aanzien van de omgevingsvergunning milieu geldt, net zoals dat nu ook al geldt onder het huidig recht, dat aan de omgevingsvergunning voorschriften kunnen worden verbonden om hinder als gevolg van laagfrequent geluid te voorkomen. Verder wordt in de nota van toelichting bij het Bkl expliciet aangegeven dat in de vergunningvoorschriften bij een omgevingsvergunning voor een afwijkactiviteit of door het stellen van maatwerkvoorschriften, ervoor gekozen kan worden om een normering voor laagfrequent geluid voor te schrijven. Dat laatste zou dan – gelet op de in de paragraaf 'Activiteitenbesluit milieubeheer' opgenomen bevindingen – een verruiming zijn ten opzichte van het huidige recht. Ik wijs op onderstaande passages uit de Nota van Toelichting bij het Bkl: "Afwijken van de standaardwaarden

(...)

Ook kan het zijn dat de dosismaat van de standaardwaarden niet past bij de activiteit. Zo zou bijvoorbeeld voor een activiteit die vooral laagfrequent geluid emitteert een normering in dB(C) beter passend kunnen zijn dan de standaardwaarden die in dB(A) zijn uitgedrukt. In een dergelijk geval kan het bevoegde bestuursorgaan kiezen voor een andere waarde om te voldoen aan de norm dat het geluidniveau aanvaardbaar is. Onder het oude recht bestond die mogelijkheid ook al bij het stellen van maatwerkvoorschriften of vergunningvoorschriften. Die mogelijkheden blijven er overigens in het nieuwe stelsel, zoals beschreven in de sectie «omgevingsvergunning voor een afwijkactiviteit en maatwerkvoorschriften». Anders dan voorheen kunnen dergelijke regels ook vooraf voor een bepaald type activiteiten worden vastgesteld.”³²

En:

"Omgevingsvergunning voor een afwijkactiviteit en maatwerkvoorschriften

De gebruiksregels in het omgevingsplan voor de geluidbelasting, behorende bij een functie die geluidproducerende activiteiten mogelijk maakt, worden in acht genomen door degene die de activiteit verricht. De ruimtelijke afweging heeft immers al eerder plaatsgevonden; bij de invulling en uitvoering ervan is niet nogmaals sprake van bestuurlijke afwegingsruimte. Mocht in een concreet geval blijken dat een bedrijf uiteindelijk toch niet goed uit de voeten kan met de vastgelegde gebruiksregels, dan kan dat specifieke bedrijf eventueel een vergunning voor het afwijken van het omgevingsplan aanvragen. Het college van burgemeester en wethouders zal dan beoordelen of het geluidniveau nog steeds aanvaardbaar is. Op het verlenen van zo'n vergunning zullen de bovenbeschreven instructieregels van overeenkomstige toepassing zijn. Ook zou de gemeente er zelf voor kunnen kiezen om de mogelijkheid van maatwerkvoorschriften uit artikel 4.5 van de wet van toepassing te verklaren op de geluidregels in het omgevingsplan. Voor het verlenen van aanvullende geluidruimte biedt dit materieel dezelfde mogelijkheden als de vergunningverlening voor een afwijkactiviteit; het maatwerkvoorschrift

³² Staatsblad 2018, 292, p. 358-359.

moet ook voldoen aan de instructieregels van dit besluit. Met een maatwerkvoorschrift kunnen echter ook aanvullende voorschriften gesteld worden als bij een activiteit onverwacht geluidbelasting optreedt die voldoet aan de gestelde immissiewaarden of regels, maar in de omgeving niet als aanvaardbaar wordt beschouwd.”³³

Voorbeelden of aanknopingspunten uit andere landen waaruit blijkt hoe laagfrequent geluid aldaar geregeld is

Inleiding

In deze paragraaf wordt bezien of er bruikbare voorbeelden of aanknopingspunten zijn van landen waarin laagfrequent geluid op adequate wijze is genormeerd. Dit blijkt niet het geval te zijn, temeer omdat ofwel geen sprake is van een wettelijke normering, ofwel de normering van laagfrequent geluid slechts doelt op een specifieke bron (windturbines). Hierna wordt achtereenvolgens ingegaan op de wijze waarop in Denemarken, Duitsland en Ierland wordt omgegaan met laagfrequent geluid.

Denemarken

In Denemarken gelden geluidgrenswaarden voor (het in bedrijf zijn van) windturbines. De eigenaren van windturbines zijn verantwoordelijk voor de inrichting, de exploitatie en het onderhoud van hun windturbines; en voor de naleving van de bepalingen van de *Statutory Order on windturbine noise*. Daarbij dienen ook de bindende geluidnormen conform de *Statutory Order* te worden gerespecteerd.

De totale geluidbelasting van windturbines mag op basis van de *Statutory Order* de volgende grenswaarden niet overschrijden:³⁴

- voor woningen in woonwijken ('gebieden voor geluidsgevoelig landgebruik'): 39 dB (bij windsnelheden van 8 m/s) en 37 dB (bij windsnelheden van 6 m/s) op het meest geluidbelaste punt in buitenverblijven en op een hoogte van 1,5 meter boven het maaiveld;
- voor woningen op het platteland ('wonen in het open landschap'): 44 dB (bij windsnelheden van 8 m/s) en 42 dB (bij windsnelheden van 6 m/s) op het meest geluidbelaste punt in het buitenshuis gelegen woongebied en op een hoogte van 1,5 meter boven het maaiveld en niet meer dan 15 meter van het woongebied;
- sinds 1 januari 2012: het totale laagfrequente geluid van windturbines mag niet hoger zijn dan 20 dB bij woningen in het open landschap of binnenshuis in woonwijken bij een windsnelheid van 8 m/s en 6 m/s, gewogen in de 1/3-octafbanden van 10-160 Hz. Het doel hiervan is te verzekeren dat het laagfrequent geluid van de exploitatie van windturbines omwonenden niet hindert.

In Denemarken wordt onder laagfrequent geluid begrepen: het geluid ('de ruis') in het frequentiebereik van 10 tot 160 Hz. Laagfrequent geluid wordt in de *Statutory Order* gekenmerkt door het gewogen geluidniveau

³³ Staatsblad 2018, 292, p. 361.

³⁴ Hoofdstuk 2 van de *Statutory Order*, recentste versie: BEK nr. 135 d.d. 7 februari 2019. Deze geluidnormen zijn ook in de eerdere versies opgenomen, zoals BEK nr. 1736 d.d. 21 december 2015. Zie verder ook: B. Peeters & R. Nusselder, 'Overview of critical noise values in the European Region', M+P raadgevende ingenieurs B.V., kenmerk: M+P.BAFU.18.01.1, d.d. 9 oktober 2019, p. 86.

in de 1/3-octaaftanden van 10 tot 160 Hz, binnenshuis berekend volgens de methode beschreven in bijlage 1 bij de *Statutory Order*. Voor laagfrequent geluid gebruikt Denemarken L_{pALF} .³⁵

De hiervoor opgenomen grenswaarden gelden niet voor beheerderswoningen c.q. woningen van eigenaren van windturbines. Ook gelden deze niet bij tijdelijke verblijven voor vluchtelingen.³⁶

Duitsland

In Duitsland regelt de *Federal Immission Control Act* (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) de omgang met schadelijke milieueffecten als gevolg van gevaarlijke, aanzienlijk nadelige of aanzienlijk vervelende immissies.³⁷ Bescherming tegen laagfrequent geluid ('tieffrequenter Geräusche') is geregeld via de BImSchG, TA-Lärm ('*Technical Instructions for Protection against Noise*') en de DIN-norm 45680 ('*Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft*', Deutsches Institut für Normierung, 1997).

Op grond van de BImSchG gelden er basisverplichtingen van beheerders van systemen die onder de BImSchG vallen. Volgens de BImSchG moeten installaties zodanig worden gebouwd en geëxploiteerd dat er geen schadelijke gevolgen voor het milieu kunnen worden veroorzaakt en dat er voorzorgsmaatregelen worden genomen tegen schadelijke gevolgen voor het milieu.

De verordening TA-Lärm reguleert schadelijke milieueffecten in termen van lawaai. De TA-Lärm is niet specifiek voor windturbines opgesteld. Het betreft een algemene geluidsnorm voor industrie- en bedrijfslawaai.

De algemene beoordelingsprocedure van de TA Lärm is gebaseerd op het geluidsdruk niveau met frequentieweging A. Wat betreft laagfrequente geluiden geeft de algemene meet- en beoordelingsprocedure van de TA Lärm geen voldoende specificatie van de schadelijkheidsdrempel in de zin van artikel 3 lid 1 van het BImSchG.³⁸

Volgens de TA-Lärm gelden de volgende gebiedstyperingen en grenswaarden:

	Gebietseinstufung	tags	nachts
a)	Industriegebiete	70	70
b)	Gewerbegebiete	65	50
c)	Urbane Gebiete	63	45
d)	Kerngebiete. Dorf-und Mischgebiete	60	45
e)	Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	45
f)	Reine Wohngebiete	50	35
g)	Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Bron: TA-Lärm

³⁵ Hoofdstuk 2 van de *Statutory Order*, recentste versie: BEK nr. 135 d.d. 7 februari 2019. Deze geluidnormen zijn ook in de eerdere versies opgenomen, zoals BEK nr. 1736 d.d. 21 december 2015.

³⁶ Hoofdstuk 2 van de *Statutory Order*, recentste versie: BEK nr. 135 d.d. 7 februari 2019. Deze geluidnormen zijn ook in de eerdere versies opgenomen, zoals BEK nr. 1736 d.d. 21 december 2015.

³⁷ Zie bijv. C. Eulitz e.a., '*Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche in der Umgebung von Wohnbebauung*', Möhler + Partner Ingenieure AG, 134/2020, juli 2020, paragraaf 4.3.1, p. 91.

³⁸ Zie bijv. C. Eulitz e.a., '*Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche in der Umgebung von Wohnbebauung*', Möhler + Partner Ingenieure AG, 134/2020, juli 2020, paragraaf 4.3.1, p. 92.

Deelstaten kunnen overigens van deze algemene geluidsnormen afwijken.³⁹

De TA Lärm bevat evenwel ook voorschriften voor (het beoordelen van) laagfrequente geluiden in het frequentiebereik onder 90 Hz. Deze voorschriften zien niet specifiek op windturbines, maar hebben een breder bereik. In onderdeel 7.3 (kopje '*Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche*') bevat de TA Lärm een regeling die, kort samengevat, inhoudt dat bij geluiden die overheersend in het frequentiebereik onder de 90 Hz zitten (laagfrequente geluiden) de vraag of schadelijke effecten op de omgeving bestaan een individuele beoordeling vereist aan de hand van de plaatselijke omstandigheden. Daarbij geldt als uitgangspunt dat schadelijke milieueffecten met name kunnen optreden bij duidelijk waarneembare laagfrequente geluiden in geluidgevoelige ruimten waarbij bij gesloten ramen het verschil tussen L_{Ceq} - L_{Aeq} de waarde van 20 dB overschrijdt. Wanneer schadelijke milieueffecten van laagfrequent geluid te verwachten zijn, dienen passende mitigerende maatregelen te worden onderzocht.⁴⁰

In onderdeel A.1.5 in de bijlage bij de TA Lärm zijn instructies gegeven voor het beoordelen van laagfrequente geluiden. Daarbij wordt o.a. verwezen naar de DIN 45680, uitgave maart 1997 en het bijbehorende aanvullende blad 1, voor het beoordelen en evalueren van laagfrequente geluiden. In onderdeel A.1.5 van de bijlage bij de TA Lärm worden voorbeelden van bronnen die laagfrequent geluid veroorzaken genoemd (zoals o.a. langzaam draaiende ventilatoren, uitlaatsystemen van langzaam lopende verbrandingsmotoren).

De DIN 45680 bevat een specifiek beoordelingswijze voor laagfrequent geluid. In DIN 45680 worden o.a. richtwaarden gegeven voor maximale waarden van het geluid binnenshuis. Ook worden daarin referentiewaarden c.q. richtwaarden aangegeven. Ik verwijs naar de onderstaande tabel:

Die in Tabelle A.1 genannten Anhaltswerte gelten in Aufenthaltsräumen, die Wohnzwecken dienen und Räumen mit vergleichbarer Schutzwürdigkeit im Sinne der DIN 4109-1:2018-01, unabhängig von der Lage des Gebäudes.

Tabelle A.1 — Anhaltswerte		
Beurteilungszeit	$L_{r(8\text{Hz}-100\text{Hz})}$ dB	$L_{p(8\text{Hz}-100\text{Hz})AFmax}$ dB
06:00 Uhr bis 22:00 Uhr	35	45
22:00 Uhr bis 06:00 Uhr	25	35
1 h (ungünstigste Stunde) ^a		

^a sofern in den einschlägigen Regelwerken keine anderen Festlegungen getroffen sind

Bron: Bijlage blad 1 bij de uitgave DIN 45680, maart 1997

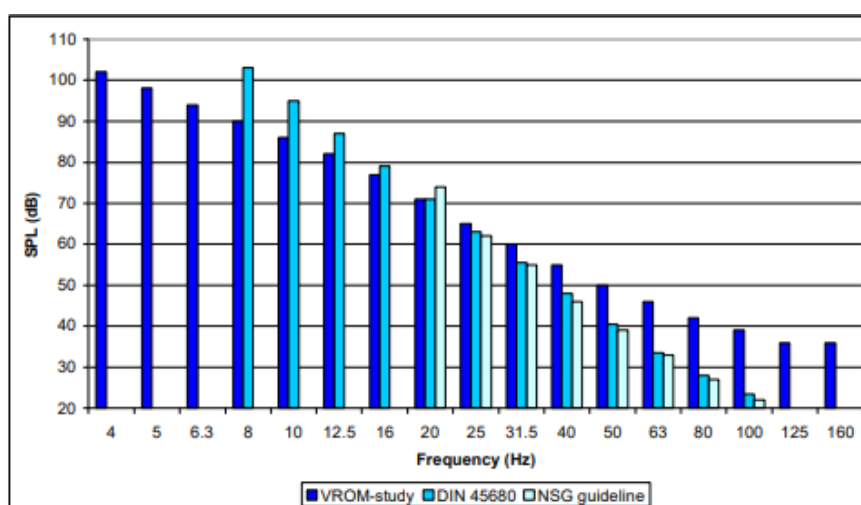
De opgenomen referentiewaarden c.q. richtwaarden zijn van toepassing in gemeenschappelijke ruimten voor woondoeleinden, ongeacht de locatie van het gebouw. De referentiewaarden hebben betrekking op

³⁹ Zie ook LPB|SIGHT BV, '*Literatuuronderzoek laagfrequent geluid windturbines*', Ministerie van Economische Zaken, d.d. september 2013, p. 4.

⁴⁰ Zie bijv. C. Eulitz e.a., '*Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche in der Umgebung von Wohnbebauung*', Möhler + Partner Ingenieure AG, 134/2020, juli 2020, paragraaf 4.3.1, p. 92-93.

optredende laagfrequente geluiden in het bereik van 8 Hz – 100 Hz. Wanneer de hiervoor opgenomen referentiewaarden niet worden overschreden, worden er geen schadelijke effecten op het milieu verwacht.⁴¹ Daarbij wordt in het bijbehorende aanvullende blad 1 opgemerkt dat dit geen grenswaarden zijn, maar slechts aanbevolen waarden zijn gebaseerd op eerdere ervaring met het beoordelen van laagfrequente geluidemissies.

De meetmethode uit DIN 45680 lijkt op die van de NSG-richtlijn⁴², zie onderstaande figuur:



Bron: G. Lassche & F. Koopmans, 'Low frequency noise criteria: foundation, applicability and consequences', 2001.

Ierland en het Verenigd Koninkrijk

Het Verenigd Koninkrijk en Ierland kennen geen concrete wettelijke normstelling voor laagfrequent geluid. In Ierland wordt in de 'Wind Energy Development Guidelines – Draft Revised' (2019) (slechts) een beoordelingskader (richtlijn) gegeven voor de beoordeling van laagfrequent geluid als gevolg van windturbines. Voor dit beoordelingskader wordt verwezen naar het rapport van A.T. Moorhouse, D.C. Waddington en M.D. Adams, 'Procedure for the assessment of low frequency noise disturbance' Contract no NANR45 to the UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, Revision 1, 2011.

In de eerdergenoemde *Wind Energy Development Guidelines* is een geluidsnorm opgenomen voor laagfrequent geluid als gevolg van windturbines. Deze geluidsnorm betreft een binnenwaarde. Verwezen wordt naar onderstaande passage uit de Guidelines:

⁴¹ Zie bijv. C. Eulitz e.a., 'Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche in der Umgebung von Wohnbebauung', Möhler + Partner Ingenieure AG, 134/2020, juli 2020, paragraaf 4.3.1, p. 93.

⁴² F. van den Berg & R. de Graaf, 'Hoge molens vangen veel wind II. Geluidsbelasting door windturbines in de nacht', Rijksuniversiteit Groningen, december 2002, p. 15.

4.2 LOW FREQUENCY NOISE

Low frequency noise shall be measured as L_{90} unweighted, 10 min during the night period in one third octave bands and the levels compared to those in Table 4.1.

Table 4-1 Low Frequency Noise Limits

Standard Limit	Frequency Hz												
	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
Wind turbine noise limits (indoors)	92	87	83	74	64	56	49	43	42	40	38	36	34

Bron: 'Wind Energy Development Guidelines – Draft Revised' (2019), p. 180

Uit de Guidelines volgt dat aan bovenstaande geluidsnormen wordt getoetst (door middel van metingen) op het moment dat er een klacht wordt ontvangen over laagfrequent geluid. In de Guidelines is een stappenplan vastgelegd aan de hand waarvan deze beoordeling moet plaatsvinden.⁴³ Indien naar het oordeel van het bevoegd gezag de in bovenstaande Tabel 4.2 vermelde geluidsgrenswaarden niet worden overschreden, is het bevoegd gezag niet verplicht verdere maatregelen te nemen.⁴⁴ Worden bovenstaande normen wel overschreden, dan volgt uit de Guidelines dat de betreffende windturbine(s) door de exploitant buiten bedrijf moeten worden gesteld totdat de exploitant aan het bevoegd gezag heeft aangetoond dat geluidreducerende maatregelen zijn genomen. Het bevoegd gezag kan dan een testprogramma goedkeuren om de naleving aan te tonen en op basis van de resultaten goedkeuring geven om de turbine(s) weer in gebruik te nemen, op basis waarvan de turbines weer in gebruik kunnen worden genomen.⁴⁵

Drie vervolgvragen

Uit de hiervoor opgenomen analyse blijkt dat gemeenten onder zowel het huidige recht alsook het nieuwe recht (de Omgevingswet) voldoende mogelijkheden hebben om laagfrequent te normeren. Dit kan door middel van het opnemen van planregels in het bestemmingsplan (en onder de Omgevingswet het omgevingsplan) dan wel door het verbinden van voorschriften aan de omgevingsvergunning milieu. Het is evenwel aan te bevelen om een handreiking te publiceren voor gemeenten en hen daarmee een hulpmiddel te geven voor de wijze waarop laagfrequent geluid beoordeeld en (juridisch) genormeerd moet worden.

Zoals verzocht zal hierna een aantal vragen worden geformuleerd die nog een nadere analyse behoeven.

Vervolg vraag 1:

Is het mogelijk om te komen tot een uniforme normering van laagfrequent geluid (zonder onderscheid te maken tussen de verschillende bronnen, zoals windturbines industrie etc.)? Zo ja, op welke wijze kan gekomen worden tot deze uniforme normering?

⁴³ Zie paragraaf '3.3.2 Assessment of Low Frequency Noise' van de Guidelines.

⁴⁴ Paragraaf 3.3.2 van de Guidelines.

⁴⁵ Paragraaf 4.2 van de Guidelines.

Vervolg vraag 2:

Indien en voor zover het Rijk regels wil stellen over laagfrequent geluid, zijn er verschillende benaderingswijzen denkbaar. Bijvoorbeeld:

1. het Rijk stelt instructieregels vast die gemeenten moeten vertalen naar geluidsnormen voor laagfrequent geluid in het omgevingsplan (waarbij het Rijk een concrete voorkeurswaarde en/of grenswaarde vaststelt via een instructieregel);
2. het Rijk stelt een afwegings- c.q. motiveringskader vast (zonder dat een voorkeurswaarde en/of grenswaarde wordt geformuleerd).

Welke voor- en nadelen kleven aan deze benaderingswijzen?

Vervolg vraag 3:

Het ontbreken van wettelijke normen over laagfrequent geluid, leidt er in de praktijk toe dat gemeenten gebruikmaken van verschillende buitenwettelijke richtlijnen (o.a. de Vercammen-curve en de NSG-richtlijn). Hoe passen gemeenten in de praktijk deze buitenwettelijke richtlijnen toe en wat zijn de ervaringen hiermee?

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag