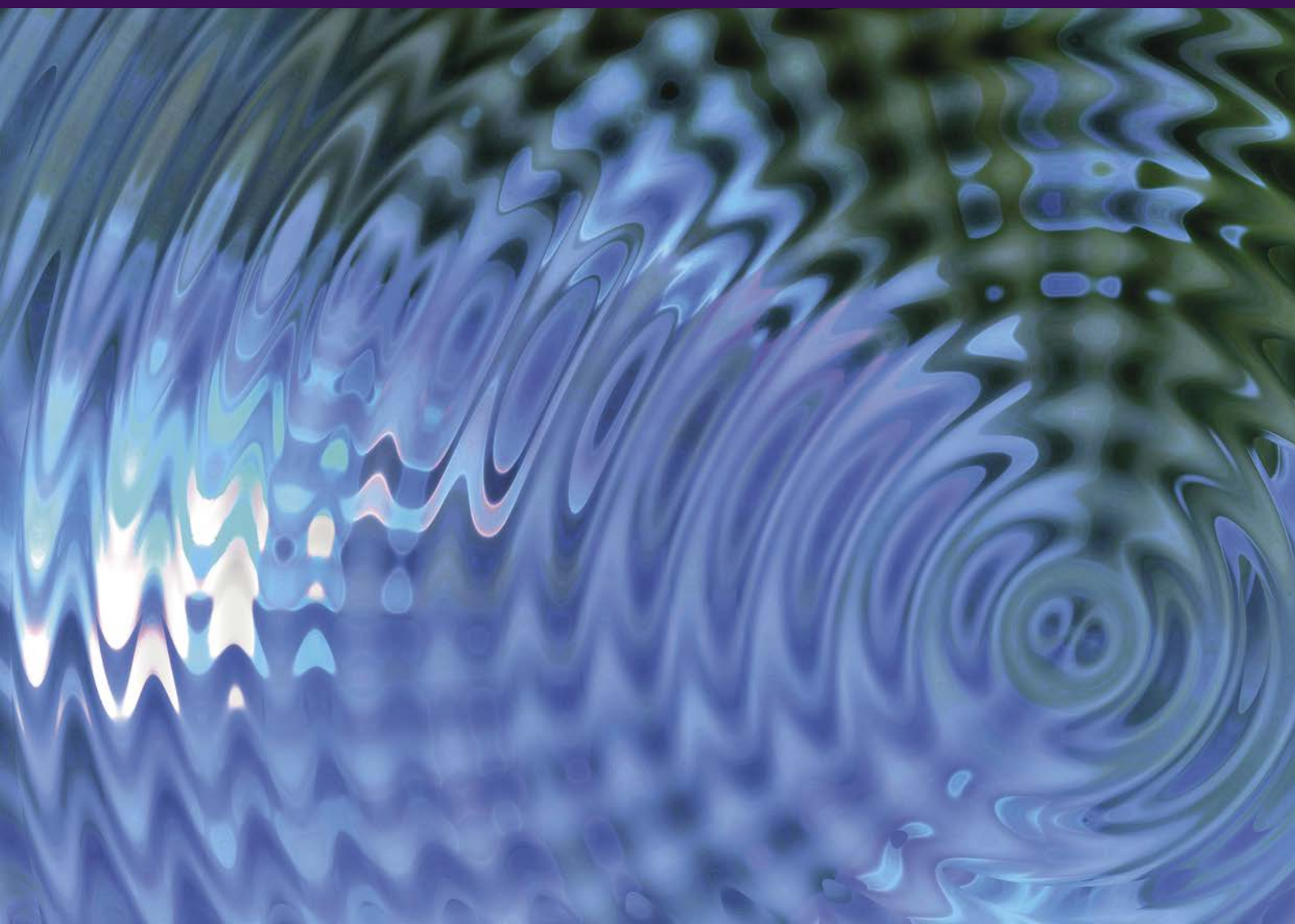




Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Factsheet

Laagfrequent Geluid



Leeswijzer

In deze factsheet geven wij een kort overzicht van wat nu bekend is over laagfrequent geluid (LFG). De laatste jaren lijkt de bezorgdheid over LFG te groeien. Daarom hebben wij een update gemaakt van de factsheet over LFG uit 2013¹. Een beperkte hoeveelheid nieuwe artikelen is verwerkt ten opzichte van de vorige versie, aangezien er in de tussentijd niet veel over het onderwerp is gepubliceerd. Deze factsheet is een beknopt overzicht van de actuele kennis over LFG, maar geen allesomvattend literatuuroverzicht.

Deze informatie is bestemd voor iedereen die geïnteresseerd is in LFG. Wat zijn de bronnen van LFG? Is er wetgeving of zijn er richtlijnen om hinder te beperken?

Hoe wordt LFG gemeten? En wat is er bekend over de effecten van LFG op onze gezondheid? In de algemene tekst staat een globaal overzicht van de huidige stand van zaken. In de tekstboxen staat meer specifieke informatie.

Introductie en aanleiding

Geluid is opgebouwd uit golven. Het aantal golven per seconde bepaalt de toonhoogte van een geluid (zie tekstbox 1). Het aantal golven per seconde noemen we frequentie. Hoe hoger de frequentie is – dus hoe meer golven per seconde – hoe hoger de toon is. En omgekeerd, een lagere frequentie – minder golven per seconde – is een lagere toon.

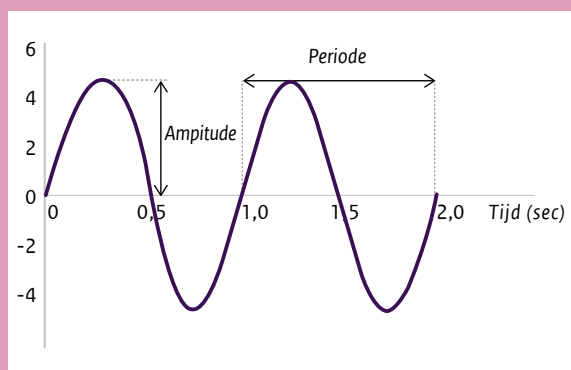
Tekstbox 1. Golflengte, frequentie en amplitude

Een geluidbron produceert een trilling waardoor een drukverschil ontstaat in een medium (zoals lucht, water of steen). Hierbij ontstaat een golfbeweging die zich door het betreffende medium verplaatst. Bij een golf zijn drie aspecten van belang: de periode/golflengte, het aantal golfbewegingen per seconde en de amplitude, zie Figuur 1.

- Hoe langer de golflengte (periode), hoe lager de toonhoogte van het geluid: het aantal golflengtes per seconde van deze trilling noemen we de frequentie (uitgedrukt in Hertz (Hz)). Deze frequentie bepaalt de toonhoogte van het geluid; hoge tonen hebben een hoge frequentie en lage tonen hebben een lage frequentie. Hoe korter de golflengte, des te meer golven er passen in een seconde (en hoe hoger het geluid is) en omgekeerd.
- De amplitude van een golf bepaalt hoe hard het geluid is. Hoe groter de amplitude, hoe harder het geluid klinkt.

Hoge tonen worden makkelijker gedempt door bijvoorbeeld lucht of objecten zoals muren dan lage tonen (lange golflengtes). Omdat lage tonen minder makkelijk gedempt worden, kunnen ze soms zeer grote afstanden afleggen. Als de afstand tot de geluidbron groter wordt, dan gaan de hoge tonen steeds meer verloren tot alleen het LFG overblijft (tot ook dat gedempt is).

Een rekenvoorbeeld voor de golflengtes: geluid van 100 Hz heeft in lucht een golflengte van ongeveer 3,4 meter (temperatuur en luchtdruk spelen ook een rol). Geluid van 1000 Hz heeft onder dezelfde omstandigheden een golflengte van ongeveer 34 centimeter. Deze getallen zijn weer een beetje anders voor geluid in bijvoorbeeld water of door de grond.



Figuur 1. Golfbeweging van geluid. Hoe lager het geluid, des te langer de golflengte (periode) is. Hard geluid heeft een grotere amplitude dan zacht geluid.

¹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-311811.pdf>

LFG is geluid met zeer lage tonen: frequenties tussen 20 Hz – 100/125 Hz. Geluid onder 20 Hz wordt infrasoone geluid genoemd. Geluid boven deze 100/125 Hz is gewoon geluid. We spreken vaak ook wel over bromtonen, omdat je pas na een geluidmeting zeker weet of een bromtoon LFG is of een lage toon die iets hoger is dan 100/125 Hz. Niet alle landen houden dezelfde definitie van LFG aan. In sommige landen noemen ze alle toonhoogtes tot 250 Hz LFG.

De laatste jaren maken mensen zich meer zorgen over de effecten van bromtonen in hun leefomgeving. Zowel in Nederland als in het buitenland wordt vaker een bromtoon gemeld. In Nederland komen de meldingen onder andere binnen bij de GGD'en. Sommige mensen geven aan dat zij zeer veel hinder of andere (gezondheids)klachten van de bromtoon ondervinden. De vraag is of dit komt omdat er meer LFG is of dat (ook) andere factoren een rol spelen.

Juridisch kader

Er bestaat geen specifieke wet- en regelgeving voor LFG in Nederland. Voor geluid in het algemeen is de Wet geluidshinder (Wgh) in 1979 opgesteld. Deze wet moet de toename

van geluidblootstelling beperken. Gemeenten kunnen voor specifieke situaties maatwerkvoorschriften of vergunningsvoorschriften voor LFG opstellen. Dit blijft zo als de Omgevingswet in werking treedt.

Als er geluidmetingen worden gedaan, dan wordt meestal gemeten hoe hard het geluid is (geluidniveau) op de gevel. Regels over geluidwering van de gevel zijn vastgelegd in de norm Bouw-besluit NEN 5077:2019 nl en de NEN-EN-ISO 717-1:2013².

Voor het beoordelen van LFG bestaan alleen 2 richtlijnen: de richtlijn Laagfrequent geluid van de Nederlandse Stichting Geluidhinder en de Vercammen-curve. Deze richtlijnen worden soms door de rechtbank gebruikt om uitspraak te doen over (hinder door) LFG.

² Bij de NEN 5077 wordt standaard vanaf de tertsband van 100 Hz gemeten (al kan het ook vanaf 50 Hz), waardoor in ieder geval een deel van de lage toonhoogtes niet meegenomen wordt. Uiteindelijk wordt hieruit een isolatiewaarde bepaald voor een gebouw voor al het geluid, onafhankelijk van de toonhoogte ervan.



Figuur 2. LFG-bronnen in en om het huis (oorspronkelijke bron: Baliatsas en anderen, 2016)

Tekstbox 2. Enkele LFG-bronnen uitgelicht

De hoeveelheid LFG in **wegverkeersgeluid** neemt in verhouding toe: geluidschermen en andere geluidreducerende constructies of maatregelen zijn vooral effectief voor het tegenhouden van hogere frequenties. Dit betekent dat het geluid dat overblijft na de demping door een maatregel relatief veel LFG bevat en dat dit, door het wegvallen van het overige geluid, soms meer opvalt.

LFG van **spoorgeluid** wordt apart bekeken voor goederentreinen en reizigerstreinen. Er rijden steeds meer goederentreinen die langzaam stiller worden. De hoeveelheid LFG van goederentreinen is daardoor vrij stabiel. Het aantal reizigerstreinen neemt minder snel toe en het aandeel stille treinen stijgt iets sneller. LFG door reizigerstreinen neemt daardoor iets af.

Bij **vliegverkeer** hoort men vooral LFG afkomstig van activiteiten op de grond, zoals taxiën, proefdraaien van de motoren en opstijgen. Rondom vliegvelden zijn veel oudere woningen extra geïsoleerd. Ondanks het feit dat LFG binnenshuis door geluidisolatie nauwelijks afneemt, hebben sommige mensen na isolatie toch minder hinder. Mogelijk komt dit doordat nieuwe ramen minder rammelen of doordat klachten voornamelijk door gewoon geluid werden veroorzaakt.

Steeds vaker zijn er bronnen in en om het huis die LFG veroorzaken, zoals **warmtepompen, mechanische ventilatie en airconditioning**.

Bronnen van LFG

Bijna alle geluidbronnen produceren een combinatie van gewoon geluid en LFG. De hoeveelheid LFG verschilt per bron. Bekende bronnen van LFG (zie ook tekstbox 2) zijn onder meer: wegverkeer, railverkeer, vliegverkeer, windturbines³, industrie, transformatoren, warmtepompen, airconditioning, zuigercompressoren, generatoren, wasmachines, muziek bij festivals/discotheken en mechanische ventilatie. Ook zijn er natuurlijke bronnen van LFG, bijvoorbeeld de wind die langs een schoorsteen waait, brekende golven op zee en onweer.

Er zijn in Nederland steeds meer bronnen van LFG. Ook valt LFG soms meer op na maatregelen om geluid te beperken: een geluidwal dempt bijvoorbeeld hoge tonen beter dan lage tonen. Als de hoge tonen weg zijn, valt het overblijvende LFG daardoor soms meer op.

Toename meldingen van LFG

Het aantal meldingen bij GGD'en over het horen van een bromtoon neemt toe: er zijn meer meldingen en deze stijging is groter dan bij andere bronnen van milieuoverlast. Sinds 2016 komen er bij GGD'en meer LFG-meldingen binnen dan meldingen over gewoon geluid⁴. Ongeveer 2% van de meldingen bij GGD'en over omgevingsfactoren gaat over LFG.

³ Over windturbines is een aparte factsheet in de maak. Deze zal in de toekomst te vinden zijn op de website van het RIVM.

⁴ Dusseldorp en anderen (2019). Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en: Periode 2017-2018. RIVM Briefrapport 2019-0132.

Metten, horen en lokaliseren van LFG

Het is moeilijk om LFG te meten en om een LFG-bron te lokaliseren. Op het moment dat een LFG-bron gelokaliseerd is, wordt soms vervolgens bekeken of deze weggehaald, aangepast of verplaatst kan worden. Een oplossing is niet in alle gevallen mogelijk. Er zijn grofweg drie factoren die het meten van LFG lastig maken:

- Het laagste deel van het LFG zit aan de rand van het meetbereik van de geluidmeters, waardoor het lastig is om te weten hoe nauwkeurig de metingen zijn. Die nauwkeurigheid is nodig om de precieze toonhoogte te meten, zodat het misschien mogelijk is om de geluidbron op te sporen. Elke geluidbron produceert namelijk een unieke mix aan toonhoogtes, dus is het nodig om precies te weten welke toonhoogte hinder veroorzaakt om de juiste geluidbron te kunnen vinden. Een meetinstrument heeft altijd een zeker meetbereik (bijv. van 31,5 - 8000 Hz) en het meten aan de randen van dit bereik is soms minder nauwkeurig dan in het midden ervan.
- Er kan een staande golf in een kamer ontstaan (zie tekstbox 3). Hierdoor is het geluid soms in één hoek van de kamer flink luider en lijkt het alsof de geluidbron dichtbij is, terwijl die in werkelijkheid honderden meters verderop kan zijn. Ook is moeilijk te bepalen uit welke richting het geluid komt.
- Voor LFG is geen éénduidige afspraak over welk filter van de geluidmeter gebruikt zou moeten worden: het menselijk oor werkt als een soort filter. Voor meetapparatuur zijn filters zoals die van ons gehoor nagebouwd. Als je een LFG-geluid en een gewoon geluid (bijvoorbeeld de toonhoogte van iemand die praat) even hard afspeelt, dan hoort een mensenoar het LFG minder hard (zie tekstbox 3).

Tekstbox 3. Meten van LFG

LFG – Natuurkundige uitleg bij een meting

Geluid wordt doorgaans gemeten in octaafbanden of in tertsbanden. Een octaafband is een verzameling van geluidfrequenties van één bepaalde frequentie tot de verdubbeling ervan, bijv. van 63 – 126 Hz. Een tertsband is een octaafband die in drie stukken verdeeld is.

Normaliter bestaat geluid uit lopende golven. Dit zijn golven die zich voortbewegen en op den duur uitdoven. Op het moment dat een halve of hele golflengte/periode precies tussen twee muren past, kan er een staande golf ontstaan. Hierdoor kan het geluid in één hoek van de kamer luid zijn (versterking) en op een andere plek amper te horen zijn (verzwakking). Dit verschijnsel draagt eraan bij dat een LFG-bron soms moeilijk te traceren is, ook als het LFG wel goed aantoonbaar is.

LFG – Menselijk oor versus geluidmeter

Het menselijk gehoor is niet goed te vergelijken met een frequentie- en/of decibelmeter. Een goede meter kan precies vaststellen hoe hoog en hoe hard een geluid is. Een mensenoar kan vooral goed frequenties tussen 500 Hz en 8000 Hz waarnemen. Hogere en lagere geluiden horen mensen niet of zachter dan ze in werkelijkheid zijn. Dit betekent voor LFG dat mensen het pas bij relatief hoge geluidsniveaus kunnen horen.

Bij het vaststellen van het geluidsniveau maakt het voor LFG uit welk filter (welke frequentieweging) worden gebruikt. De zogenoemde A-weging wordt veel gebruikt. Deze meetinstelling corrigeert voor de gevoeligheid van een ‘gemiddeld’ mensenoar bij matige geluidsniveaus. Omdat mensen LFG pas horen bij vrij hoge geluidsniveaus kun je zeggen dat de A-weging LFG niet heel goed kan meten. De minder gebruikte C-weging geeft een beter beeld van de totale hoeveelheid geluid. Maar daarmee is het weer niet duidelijk welk deel ervan wij als mensen kunnen horen. Wel neemt de C-meting meer LFG mee in de meting.

LFG – hoe wordt het aangetoond?

Eén van de manieren om LFG aan te tonen, is door metingen te doen met zowel de A-weging als de C-weging. Als het verschil groot is ($LC - LA > 20$ dB), dan is dit een grove indicatie voor de aanwezigheid van LFG. Als je een geluidmeter tot je beschikking hebt die ook precies de toonhoogte (frequentie) kan meten, dan is dat nog duidelijker. Maar het vinden van LFG op deze manier leidt niet altijd tot goede resultaten. In tekstbox 4 beschrijven we een andere meetmethode.

(Gezondheids)effecten van LFG

Van geluid in het algemeen (alle toonhoogtes bij elkaar) is bekend dat het tot verschillende gezondheidseffecten kan leiden, zoals (ernstige) hinder, slaapverstoring, hart- en vaatziekten, en een leesachterstand (bij kinderen). Hierbij bestaan er verschillen tussen mensen. De één heeft hier meer of eerder last van dan de ander.

Over de effecten van LFG is minder bekend, omdat er tot op heden beperkt onderzoek is gedaan naar de gevolgen van LFG. Ook zijn de onderzoeken niet altijd goed uitgevoerd: er zijn niet altijd geluidmetingen gedaan en er deden soms erg weinig mensen mee. Ook was de definitie van LFG niet altijd hetzelfde waardoor de onderzoeken moeilijk met elkaar vergeleken kunnen worden.

Hieronder staan de effecten beschreven waar onderzoek naar is gedaan. Daarbij hebben wij onderscheid gemaakt tussen effecten die herhaaldelijk gevonden zijn en effecten die niet bewezen zijn.

Effecten van LFG op de gezondheid

Uit internationaal onderzoek (een overzichtsartikel met studies uit o.a. Zweden, VS, en VK; Baliatsas en anderen, 2016) blijkt dat 2-34% van de mensen die aan LFG worden blootgesteld, ernstige hinder ervaart. Er zijn dus grote verschillen tussen de bevindingen van de verschillende onderzoeken. Dit verschil kan deels worden verklaard door gebruik van verschillende definities van LFG.

Uit Nederlands onderzoek blijkt dat in ons land ongeveer 2% van de bevolking ernstige hinder heeft van LFG en 8% enigszins gehinderd is (Beleving Woonomgeving in Nederland, Inventarisatie Verstoringen; geschreven door van Poll en anderen, 2018). Mensen omschrijven het geluid vaak als brommen, dreunen of zoemen. Het is niet bekend of er bij hen ook een LFG-bron in de omgeving aanwezig was. Ook is niet bekend of er een medische oorzaak was waardoor zij last hadden van geluiden (zie paragraaf: Medische oorzaak van het horen van een bromtoon).

Uit dit onderzoek (van Poll en anderen, 2018) bleek ook dat 2% van de bevolking ernstige slaapverstoring heeft door LFG. Er is nog te weinig onderzoek gedaan om een verband tussen LFG en slaapverstoring definitief te bevestigen.

Onbewezen effecten in relatie tot LFG

Andere klachten die genoemd worden in relatie tot LFG zijn hoofdpijn, concentratieproblemen, geheugenproblemen, verminderde prestaties, hartkloppingen, problemen met het hart en/of de luchtwegen, duizeligheid en evenwichtsverlies. Van deze klachten is de link met LFG niet met wetenschappelijk onderzoek bewezen.

Sinds enige tijd bestaat er een hypothese dat mensen die LFG horen een gevoeliger gehoor zouden hebben (lagere drempelwaarde). Ook hiervoor is geen wetenschappelijk bewijs.

Een kleine groep van telkens dezelfde auteurs heeft sinds het eind van de jaren '90 artikelen gepubliceerd over de zogenoemde vibro-akoestische ziekte (VAZ; Engels: VAD). In deze artikelen beschrijven zij de relatie tussen blootstelling aan LFG en klachten variërend van somberheid tot

bindweefsel dat kapot gaat, hart- en vaatziekten en epilepsie. De informatie uit deze artikelen is van lage kwaliteit. De auteurs geven onvoldoende informatie over hoe het onderzoek is uitgevoerd om het onderzoek te kunnen herhalen. Ook zijn de resultaten niet bevestigd in onderzoeken van andere wetenschappers. Omdat het toetsen van onderzoeksresultaten op deze manier de basis is voor wetenschap, is er op dit moment geen wetenschappelijk bewijs voor het bestaan van VAZ. VAZ is ook geen erkende diagnose in de medische wereld.

Medische oorzaak van het horen van een bromtoon

Het horen van LFG betekent niet altijd dat er ook meetbaar LFG aanwezig is. Sommige mensen horen geluid dat er in feite niet is. Dit wordt fantoomgeluid genoemd. De klachten kunnen dan veroorzaakt worden door een medische aandoening, zoals tinnitus. Het is mogelijk om (bijvoorbeeld via een audioloog) hulp te krijgen om met de bromtoon te leren omgaan.

Tekstbox 4. LFG – Meten bij mensen thuis - opsporen van een bromtoon

Het komt soms voor dat er bij mensen thuis een meting is uitgevoerd, de bron is opgespoord, maar het probleem na maatregelen toch niet is verholpen. Dan blijkt dat het wel om een klacht over LFG ging, maar niet om de precieze toonhoogte waarvan de melder last had. Het probleem is daarmee niet verholpen.

Er is een meetmethode die steeds vaker bij LFG-meldingen of -klachten wordt toegepast om bovenstaand scenario te voorkomen. Hierbij wordt eerst aan de melder gevraagd waar de bromtoon het sterkst is en hoe deze klinkt. Dit kan door de melder

de hinderlijke bromtoon te laten zingen of door tonen af te spelen op een goede geluidsinstallatie totdat de melder aangeeft dat hij/zij de bromtoon herkent. Deze methode wordt *joint fact finding* genoemd. Vervolgens wordt gemeten of deze bromtoon inderdaad in de woning voorkomt en zo ja, hoe luid. Hiermee voorkom je dat veel tijd en moeite wordt gestoken in het dempen of verwijderen van een geluidbron die toch niet voor overlast bleek te zorgen. Ook is zo te achterhalen of de bromtoon wel aanwezig is, of dat er bijvoorbeeld een medisch probleem speelt.

Conclusies

Het aantal meldingen en klachten over het horen van een bromtoon is de afgelopen jaren toegenomen. Sommige mensen ervaren zeer veel hinder. Het meten van LFG is moeilijk en het lukt niet altijd om de bron van het geluid te vinden. Als er wel een bron gevonden wordt, is er ook niet altijd een oplossing voor. Het is mogelijk dat (ook) andere factoren een rol spelen bij het ontstaan van de klachten. Bepaalde medische aandoeningen, zoals tinnitus, kunnen dezelfde klachten veroorzaken.

Er is nog veel onbekend over de gezondheidseffecten die kunnen optreden bij blootstelling aan LFG. Anders dan bij geluid in het algemeen zijn alleen hinder en mogelijk slaapverstoring gevonden als effecten van blootstelling aan LFG.

Het aantal bronnen dat LFG produceert (zoals mechanische ventilatie, warmtepompen, koelsystemen en verkeer) lijkt toe te nemen. Het is mogelijk dat ook het aantal gehinderden en meldingen hierdoor zal stijgen. Met geluidwerende maatregelen is het makkelijker om hoge tonen te dempen, waardoor het resterende LFG meer kan opvallen.

Opdrachtgever

Deze factsheet is opgesteld in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Bronnen:

- Alves-Pereira, M., & Castelo Branco, N. A. (2007). Vibroacoustic disease: biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. *Prog Biophys Mol Biol*, 93(1-3), 256-279. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.011
- Ascari, E., Licitra, G., Teti, L., & Cerchiai, M. (2015). Low frequency noise impact from road traffic according to different noise prediction methods. *Sci Total Environ*, 505, 658-669. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.10.052
- Baliatsas, C., van Kamp, I., van Poll, R., & Yzermans, J. (2016). Health effects from low-frequency noise and infrasound in the general population: Is it time to listen? A systematic review of observational studies. *Sci Total Environ*, 557-558, 163-169. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.03.065
- Berg, F. van den (2009). Low Frequency Noise and phantom sounds. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 28 (2): 105-116.
- Campmans, T. B. J. (2017). *Laagfrequent geluid; Oriënterende studie naar de ontwikkeling van laagfrequent geluid in Nederland* (r056087aa.00001.tc).
- Chang, T.-Y., Beelen, R., Li, T.-I., Lin, Y.-J., Bao, B.-Y., & Liu, C.-S. (2014). Road traffic noise frequency and prevalent hypertension in Taichung, Taiwan: A cross-sectional study. *Environmental Health*, 13.
- Chapman, S., & St George, A. (2013). How the factoid of wind turbines causing 'vibroacoustic disease' came to be 'irrefutably demonstrated'. *Aust N Z J Public Health*, 37(3), 244-249. doi:10.1111/1753-6405.12066
- Dusseldorp, A., Schaap, M., Gram, J., Schoevaars-Lops, S. & Jonker, R. (2019). Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en: Periode 2017-2018. RIVM Briefrapport 2019-0132.
- Farina A. (2014). *Soundscape Ecology* Springer, Dordrecht, NL
- Salt, A. N., & Lichtenhan, J. T. (2014). How does Wind Turbine Noise affect people? *Acoustics Today*, 10(1), 20-29.
- 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*.
- 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 Report 2019-0088.
- van Poll, R., Breugelmans, O., Houthuijs, D. & van Kamp, I. (2018). *Beleving Woonomgeving in Nederland; Inventarisatie Verstoringen 2016*. RIVM rapport 2018-0084. doi:10.21945/RIVM-2018-0084
- Volksgezondheid ToekomstVerkenning (VTV) (2018). <https://www.vtv2018.nl/milieukwaliteit>

.....
**Auteurs: K. White (RIVM), I. van Kamp (RIVM),
D. Welkers (RIVM)**
.....

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

augustus 2020

De zorg voor morgen begint vandaag