

Bal hoort niet wat Bbl al meet

Tonaal geluid in de energietransitie

Installaties veroorzaken steeds vaker hinder door tonaal geluid. Maar het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) en het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) beoordelen die hinder verschillend. Tijd om dit recht te trekken in omgevingsplannen.

Door: Huub Neuteboom

Over de auteur:

Huub Neuteboom is sinds mei 2026 eigenaar van Geluidbegrip. Daarvoor werkte hij 25 jaar bij diverse ingenieursbureaus en heeft hij zich daar gespecialiseerd in onder andere tonale en laagfrequente installatiegeluidbeheersing in woning- en utiliteitsbouw.

Inleiding

Dat tonaal geluid een belangrijke bron van hinder vormt, is al lange tijd bekend. De hinderbeleving in woningen neemt de afgelopen jaren echter toe. Dat is niet verrassend. De energietransitie leidt tot een sterke toename van installatietechniek in en op gebouwen: warmtepompen, individueel of collectief (WKO-systemen), en toerengeregelde ventilatie-installaties vinden op grote schaal hun weg naar woon- en utiliteitsgebouwen in woonwijken.

Daarbij zijn moderne gevels thermisch én akoestisch steeds beter geïsoleerd, waardoor het binnenshuis vaak zeer stil is geworden. Dit geldt ook voor drukke stadcentra en langs verkeersaders. Juist in die stille omgeving vallen tonale componenten sneller op.

Daarnaast verandert de manier waarop we bouwen en installaties toepassen. Houtbouw neemt toe, terwijl massa juist een belangrijke factor is bij het beperken van laagfrequent geluid en trillingen.

De spanning tussen hinderbeleving en wetgeving begint zichtbaar te worden. Illustratief daarbij is een collectieve WKO-installatie op het dak van een woongebouw – zie figuur 1. Deze installatie valt enerzijds onder het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl), maar wordt anderzijds ook beschouwd als milieu-belastende activiteit onder het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Dit omdat het gerealiseerd én geëxploiteerd wordt door een energieleverancier. Daarmee ontstaan voor één en dezelfde installatie twee verschillende beoordelingskaders. Zo is er al een verschil in de hoogte van het toelaatbaar geluidniveau in ééngetalswaarde. Bijvoorbeeld in de woning staat het Bbl ongeacht de etmaalperiode 30 dB(A) toe, 30 dB(A) toe, ongeacht de bedrijfsstand- en -tijden van de installatie gedurende het etmaal. Het Bal maximaliseert het toelaatbaar niveau tot 25 dB(A), in de nacht zijnde het gemiddelde over de nacht. Er is ook een verschil in de toepassing van toeslag tonaal geluid. Hier gaan we straks verder op in.



Figuur 1. Collectieve warmtepompen op het dak van een woongebouw

Constructiegeluid als dominante hinderbron

In de praktijk blijkt constructiegeluid vaak de belangrijkste oorzaak van hinder. Trillingen vanuit installaties planten zich via draagconstructies voort en veroorzaken vervolgens geluidafstraling in woningen. Juist die trillingen en dus geluidafstraling bevat regelmatig tonale componenten die als zeer hinderlijk worden ervaren. Warmtepompen, grote collectieve WKO-installaties, liften en luchtbehandelingskasten vormen bekende voorbeelden. Ook relatief kleine installaties, zoals vervuilde horeca-afzuigventilatoren, kunnen een duidelijke tonale hinderbron vormen.

Een effectieve combinatie van maatregelen, bijvoorbeeld goed balanceren en effectieve trillingsisolatie in de behuizing of in de opstelling van de installatie (enkelverend versus dubbelverend) blijft daarom essentieel. In de traditionele betonnen bouw blijkt dit al regelmatig een uitdaging. In houtbouw neemt die uitdaging verder toe, doordat constructies lichter en mogelijk minder stijf worden. Minder impedantie heet dat in vaktaal.

Het Bbl zet de toon

Binnen het voormalige Bouwbesluit en het huidige Bbl is sinds 1 april 2021 een toeslag voor tonaal geluid opgenomen voor buiten opgestelde installaties voor verwarming en koeling van woningen, bijvoorbeeld warmtepompen en airco's. De beoordeling vindt buiten plaats: op erfgronden, in tuinen of op gevels met te openen delen - met of zonder balkon.

Voor de meet- en beoordelingssystematiek verwijst de Omgevingsregeling naar bijlage XVII. Hoewel deze in de eerste regel verwijst naar bijlage IVh (gelijk aan voor het Bal, zie volgende paragraaf) wordt er toch verderop specifiek een meetkundige bewijsmethode gedefinieerd. Sinds 1 januari 2024 geldt de kwantitatieve beoordelingsmethodiek conform ISO 1996-2:2017. Deze norm verwijst naar de ISO/TS 20065 voor de objectieve beoordeling van hoorbare tonen.

De feitelijke hinder treedt buiten wel op, maar juist binnen in de woning is er een toenemende problematiek. Met de actualisatie van NEN 5077:2025 is er ook voor binnen een kwantitatieve beoordeling voor tonaal geluid. Daarbij wordt eveneens aangesloten bij dezelfde internationale beoordelingsmethodiek. Hoewel deze actualisatie formeel nog niet volledig is aangewezen, vormt dit wel een duidelijke ontwikkeling richting objectieve beoordeling van tonaliteit.

En het Bal dan?

Voor installaties die vallen onder industriële activiteiten of bedrijvigheid blijft de situatie minder eenduidig. Historisch gezien werd tonaliteit binnen industrielawaai vooral kwalitatief beoordeeld. In de Handreiking industrielawaai en vergunningverlening (1998) en de Handleiding meten en rekenen industrielawaai (HMRI-1999/2005) stond centraal of het tonale karakter "duidelijk hoorbaar" was op het beoordelingspunt.

Daarmee bleef de beoordeling in belangrijke mate afhankelijk van menselijke waarneming, kwalitatief dus. Hoewel ervaring van beoordelaars vanzelfsprekend van belang blijft, leidt een dergelijke aanpak ook tot interpretatieverschillen en beperkte reproduceerbaarheid. Uit jurisprudentie is duidelijk geworden dat een kwantitatieve benadering volgens internationale normen wel degelijk van toepassing kan zijn.

Dit is niet volledig rechtgetrokken met de komst van de Omgevingswet. Binnen de huidige Omgevingsregeling wordt voor industrielawaai verwezen naar bijlage IVh. Daarin is nog steeds letterlijk opgenomen, dat voor tonaal geluid "geen sluitende meettechnische definitie" kan worden gegeven (paragraaf 2.1.3). Tegelijkertijd verwijst dezelfde regeling wel naar ISO 1996-2:2017 als mogelijke methode voor spectrale beoordeling.

Juist daar ontstaat spanning. Enerzijds stelt de regeling dat tonaliteit niet objectief definieerbaar zou zijn, terwijl anderzijds moderne ISO-methodieken inmiddels wel degelijk kwantitatieve beoordelingscriteria bieden.

Meer dan alleen dB(A)

Een belangrijk aandachtspunt is dat hinder door tonaliteit niet wordt bepaald door het totale geluidniveau in dB(A). Bijlage IVh is hierin te onduidelijk of onvolledig. Er staat immers letterlijk "Het is namelijk mogelijk dat deze pieken in het spectrum ruim onder het equivalente geluidsimmissieniveau in dB(A) liggen, en door de maskering vanwege (breedbandig) geluid in het overige frequentiegebied het geluidsimmissieniveau geen tonaal karakter geven."

De hoorbaarheid van een toon hangt samen met het niveauverschil ten opzichte van omliggende frequenties binnen de zogenoemde critical band. Daarmee kan een tonale component toch als zeer hinderlijk worden erva-

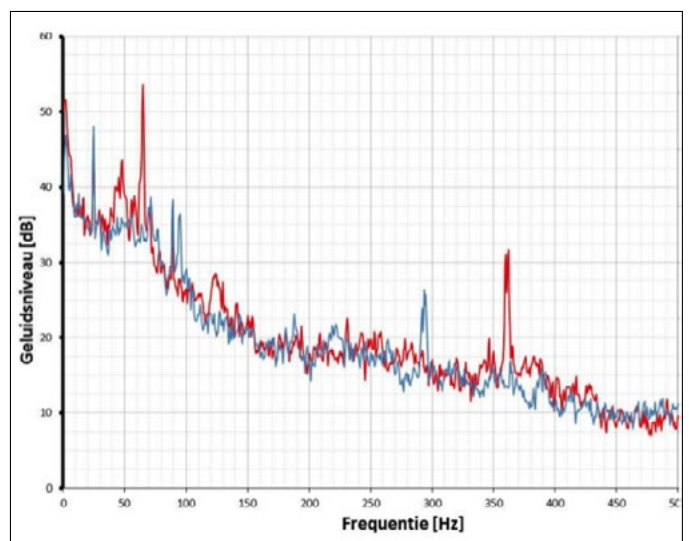
ren, zelfs wanneer het totale geluidniveau – dus gesommeerd van 20Hz tot en met 20 kHz – aanzienlijk is.

In de praktijk wordt nog regelmatig verondersteld dat breedbandig achtergrondgeluid tonale hinder automatisch maskeert. Dat is echter lang niet altijd het geval. Dat geldt in het bijzonder bij laagfrequent constructiegeluid in goed geïsoleerde woningen. Een ventilatiesysteem in een woning produceert bijvoorbeeld meestal midden- en hoogfrequent geluid, terwijl een compressor juist een dominante laagfrequente toon kan veroorzaken. Beide geluiden beïnvloeden elkaar akoestisch beperkt in de waarneming. Laat staan dat de ventilatie tegenwoordig CO2 gestuurd is, dus grote delen van de tijd ook nog eens op laagvermogen draait, waardoor achtergrondgeluid nog eens verder daalt.

Voor tonale geluidhinder buiten geven geluidbelastingkaarten met ééngetalswaarden zoals L_{den} om dezelfde reden eveneens onvoldoende inzicht. Juist spectrale informatie per frequentieband is van belang in kritische ontwerpsituaties. Ik sluit niet uit dat het uitvoeren van spectrale referentiemetingen ter bepaling van het achtergrondgeluid (L_{95}) weer meer ingezet moet worden in kritische ontwerpsituaties.

Fourier

De nieuwe methodiek ISO/TS 20065 betreft geen beoordeling op basis van ééngetalswaarde, ook niet op basis van octaafbanden. Beoordeling op basis van een vergelijk van naast elkaar liggende 1/3 octaafbanden – zoals de survey methode uit de oude ISO 1996-2:2007 – is ook niet meer toelaatbaar. Het dient te geschieden op basis van een zogenaamde "ingenieursmethode", dus op basis van FFT-metingen. FFT staat voor Fast Fourier transform. Dat klinkt ingewikkeld, maar simpel gezegd splitst FFT-analyse een complex geluidssignaal over een tijdsperiode op in heel veel smalle frequentielijntjes (toontjes) met ieder zijn bijdrage in luidheid. In figuur 2 is dit ter illustratie weergegeven.



Figuur 2. FFT meting geluid [dB] in woning ten gevolge van school LBK. Rood maximaal (dagperiode), blauw minimaal (zomernachtventilatie)

De figuur presenteert het geluid in een woning, gemeten met FFT-methodiek. Het installatiegeluid is afkomstig van een verouderde luchtbehandelingskast (LBK) op het dak van een woongebouw. Deze installatie behoort toe aan de school in de plint van het gebouw. Rood is de dagsituatie, waarbij de ventilator op vol vermogen draait, hetgeen de gehele dagperiode aan de orde was. Blauw is de nachtsituatie, waarbij de unit terug toert, maar wel in werking blijft voor zomernachtventilatie. Op basis van FFT is overdag (rood) duidelijk tonaal geluid zichtbaar bij ca. 65Hz, maar ook bij ca. 360Hz. Dit was goed waarneembaar en gaf hinder, met name doordat bewoner sinds het corona-tijdperk het thuiswerken heeft ontdekt. De gemeten ééngetalswaarde overdag – na correctie galm en achtergrondgeluid – bedroeg 33 dB(A).

Inclusief toeslag tonaal geluid volgens het Bal -dus “op het gehoor” +5 dB - wordt de eis in de dagperiode overschreden met 3 dB(A). De toeslag bepaald volgens de ISO1996-2:2017 bedraagt 3 dB, gebaseerd op de audibility (zie volgend paragraaf) van de toon bij 65Hz. Gelukkig voor gehinderde daarmee nog steeds een overschrijding van de eis.

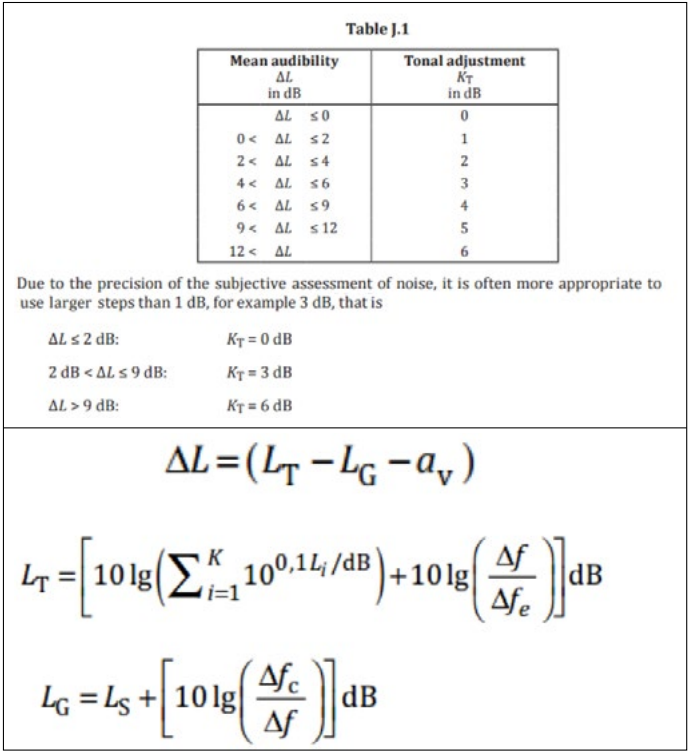
In de nacht (blauw) was in de woning het geluid nagenoeg onhoorbaar. Het laagfrequent karakter (piek bij 25 Hz) voldeed aan de NSG-richtlijn laagfrequent geluid. Stel dat deze laagfrequente toon fors luider was geweest, dan is juist beoordeling volgens de Bal meer dekkend dan volgens het Bbl. Niet alleen vanwege de ééngetalswaarde (25 respectievelijk 30 dB(A) voor de nachtperiode), maar bovenal het van toepassing zijnde frequentiegebied. Bijlage IVh (en voorheen HMRI) beoordeelt het geluid in de octaafbandspectra van 31,5Hz tot 8kHz. De ondergrens van de 31,5Hz octaafband is ongeveer 22Hz, de toon bij 25Hz valt hier dan net binnen. De NEN5077:2019 (maar ook 2025) beoordeelt het installatiegeluid vanaf 63Hz octaafband en hoger. De toon bij 25Hz valt hier dan buiten.

Schrikken van een “ingenieursmethode” is niet meer nodig mijns inziens. Bijna alle meetapparatuur van tegenwoordig is uitgerust met een dergelijke FFT analyse methodiek, dit hoeft je dus niet zelf te ontwikkelen. Mijn verwachting is, dat met de opkomst van monitoringstechnieken in combinatie met AI in de nabije toekomst met de FFT-analyse real-time bij lange duur metingen kan plaatsvinden.

Audibility

ISO 1996-2:2017 werkt met een toeslag afhankelijk van de mate van hoorbaarheid van de toon. Daarbij varieert de toeslag tussen de 1 en 6 dB. Binnen bijlage IVh van de Omgevingsregeling wordt echter primair uitgegaan van een toeslag van 5 dB, maar met als toevoeging dat “de toeslag alleen geldt bij een toeslag van 5 dB of meer”.

De onderliggende beoordeling vindt plaats met behulp van ISO/TS 20065. In essentie vergelijkt deze methode de luidheid van een specifieke toon met de gecumuleerde gemiddelde luidheid van omliggende frequentiecomponenten binnen de critical band. Daarmee ontstaat een objectieve maat voor de hoorbaarheid (audibility) van tonaliteit. Figuur 3 presenteert enkele relevante formules en tabel uit beide internationale normen.



Figuur 3. Toeslagsystematiek voor tonaal geluid conform ISO 1996-2:2017 en bepalingssystematiek uit ISO/TS 20065

Deze aanpak sluit beter aan bij de werkelijke hinderbeleving dan een uitsluitend kwalitatieve beoordeling “op het gehoor”.

Meetlocatie en meetduur

Ook de meetmethodiek zelf vraagt aandacht. Bijlage IVh bevat nog instructies voor zwaaiende metingen bij tonaal geluid, afhankelijk van de golflengte van de toon. ISO 1996-2:2017 geeft voor laagfrequente tonaliteit echter andere aanbevelingen.

Voor gevelmetingen wordt juist geadviseerd om te meten op het invallende oppervlak (“flush mounted”), terwijl binnen metingen plaatsvinden op vaste meetpunten nabij begrenzingsvlakken. Zwaaiende metingen zoals bijlage IVh voorschrijft zijn daarbij juist niet toegestaan.

Ook de aanbevolen meetduur verschilt. ISO/TS 20065 werkt met relatief korte meetsegmenten van enkele seconden, terwijl de Omgevingsregeling voor tonaal geluid nog uitgaat van globale meettijden van circa één minuut. Dat verschil in systematiek maakt consistente beoordeling niet eenvoudiger.

Vertrouw niet blind op software

Steeds meer meetsoftware kan tonaliteit automatisch beoordelen conform ISO 1996-2:2017 en ISO/TS 20065. Er is zelfs een gratis code beschikbaar om de audibility van zelf uitgevoerde FFT metingen op basis van de ISO/TS te bepalen. Dat is een belangrijke ontwikkeling, maar vraagt nog wel om zorgvuldige interpretatie.

In de praktijk blijkt namelijk dat software soms tonaliteit aanwijst bij tonen die feitelijk niet of nauwelijks hoorbaar zijn. Dat kan bijvoorbeeld optreden wanneer zeer lage achtergrondniveaus leiden tot een relatief groot niveauverschil binnen de critical

band. Formeel kan dan sprake zijn van tonaliteit, terwijl de luidheid van de toon en omliggende frequenties auditief nauwelijks waarneembaar zijn. Geluidmeters en sensoren zijn immers gevoeliger voor drukverschillen dan het menselijk oor. Grijp dan terug naar de inleiding/ definitie die benoemd is in bijlage J van de ISO1996-2:2017. Daar staat gedefinieerd dat men uitsluitend beoordeling van audibility op hoorbare tonen moet toepassen.

Daarom blijft vakinhoudelijke interpretatie noodzakelijk. De norm is bedoeld voor beoordeling van hoorbare tonen en niet voor mathematische detectie zonder praktische relevantie.

De ondergrens van 50 Hz

Helaas zijn we er nog niet. Misschien (nog) wel het grootste struikelblok voor de huidige methodiek is, dat de internationale beoordelingsmethodiek ISO/TS formeel begint bij 50 Hz. Juist compressortonen van warmtepompen en WKO-installaties bevinden zich echter regelmatig rond 48 of 49 Hz.

Met een geschikte FFT-configuratie kunnen dergelijke tonen soms nog net worden meegenomen in de analyse, maar strikt genomen vallen frequenties onder 50 Hz buiten het toepassingsgebied van de richtlijn. Daarmee ontstaat het risico dat hinderlijke tonen formeel buiten beoordeling blijven.

De praktijk leert bovendien dat fabrikanten, aannemers en installateurs grenzen in regelgeving actief opzoeken. De creatieve acties die ontstonden rond het in werking treden van de 40 dB(A)-eis voor buiten opgestelde warmtepompen zijn daar een voorbeeld van. Sommigen beschouwden zichzelf van de wet ontheven door de warmtepomp in een schuur of in een cocon in het dak te plaatsen, een binnenopstelling dus in hun ogen. Laat staan de discussies die er gevoerd worden over de bewoording “ten hoogste” voor de aan te houden buiten-temperatuur voor het meten van geluid van de warmtepomp (tabel 1 van bijlage XVII). Deze woorden sluit namelijk niet uit, dat ook metingen kunnen en mogen plaatsvinden bij koudere temperaturen, waarvan bekend is dat dergelijke units fors meer geluid kunnen maken.

Een beoordelingssystematiek moet daarom niet alleen technisch correct zijn, maar ook robuust zijn tegen strategische interpretatie. Een aanscherping van de beoordelingsrichtlijn is noodzakelijk. Tot die tijd kan het raadzaam zijn om de tonale geluidhinder <50Hz te duiden op basis van de FFT methodiek van ISO1996-2:2007.

Hinder daarmee grotendeels gedekt?

De ontwikkeling richting objectieve beoordeling van tonaal geluid is een belangrijke stap vooruit. Willen we echt verder in het beheersen van risico op installatiegeluidhinder voor het merendeel van de bevolking (ultragevoelige mensen zijn er altijd) dan ontkomen we er mijns inziens niet aan om in omgevingsplannen minimaal ook het geluid van iedere installatie afzonderlijk (het immissieniveau, dus zonder bedrijfsduurcorrectie) te beteugelen.

Mijn voorstel is bijvoorbeeld een maximaal immissieniveau van 40 dB(A) of 25 dB(A) - ook overdag en 's avonds - voor respectievelijk buiten op de gevel of binnen in de woning. Het Bbl zal dan ook moeten volgen met een 5 dB(A) strengere eis, dus 25 dB(A) exclusief toeslag tonaal geluid. Dit sluit aan bij internationale normen, zoals de ISO_TS 19488:2021 “Acoustic classification of Dwellings”. Kleine aanpassing van de NEN5077 met beoordeling op tertzbandniveau en uitbreiding van de te beoordelen frequentierange vanaf 25Hz is daarbij ook gewenst. Dit sluit aan bij recente (2024) internationale norm ISO 16032 “Acoustics - Measurement of sound pressure level from service equipment or activities in buildings -Engineering method.”

Tot slot: laagfrequent geluid

Wil je het echt goed doen, dan is het aanvullend stellen van eisen aan laagfrequent geluid in de woning de uiteindelijk te nemen stap. Denk hierbij voor compressor-geluid aan bijvoorbeeld 9 dB(A) bij 50Hz 1/3 octaafband volgens de NSG-richtlijn laagfrequent geluid. De markt begint dit steeds meer te onderkennen, zeker bij grote WKO-installaties. Een groeiend aantal adviseurs, ontwikkelaars, woningbouwverenigingen en (zelf-ontwikkellende) aannemers en hun installateurs zijn hierin vooruitstrevend. Fijn!