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

Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018)

Het doel heiligt de middelen

RIVM-rapport 2019-0227

D. Welkers et al.

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

Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018)

Het doel heiligt de middelen

RIVM-rapport 2019-0227

Colofon

© RIVM 2020
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.

DOI 10.21945/RIVM-2019-0227

D. Welkers (auteur), RIVM
E. van Kempen (auteur), RIVM
R. Helder (auteur), RIVM
E. Verheijen (auteur), dBVision
R. van Poll (auteur), RIVM

Contact:
Dik Welkers
Centrum voor Milieukwaliteit
Dik.Welkers@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van de motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid 2018

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

Publiekssamenvatting

Motie Schonis en WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018)
Het doel heiligt de middelen

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft in oktober 2018 de richtlijnen omgevingsgeluid uitgebracht. Deze WHO-richtlijnen zijn een advies en zijn bedoeld om de schadelijke gezondheidseffecten door geluid, zoals een verstoorde slaap en hinder, te verminderen. Nieuw in deze richtlijnen is dat er rekening wordt gehouden met nieuwe inzichten dat de ernstigere gezondheidseffecten van geluid, zoals coronaire hartziekten, al bij lagere geluidniveaus optreden dan in het verleden werd aangenomen. Ook gaan deze richtlijnen ervan uit dat geluid van het spoor bij meer mensen hinder veroorzaakt dan eerder werd berekend.

Volgens het RIVM zou het Nederlandse beleid kunnen worden verbeterd door het aan te passen aan de nieuwe inzichten van de WHO. Dit betekent dat er vanuit beleid nadrukkelijker aan wordt gewerkt om de gezondheidseffecten van geluid te verminderen. Beleidsmakers en andere (lokale) professionals kunnen gezondheid dan een belangrijker onderdeel laten zijn van beslissingen over geluid bij woningen.

Mogelijkheden hiervoor zijn de wettelijke maximaal toegestane geluidniveaus te verlagen om het extra risico op coronaire hartziekten te verminderen. Ook kunnen mensen met ernstige hinder of slaapverstoring beter in beeld komen door een groter gebied rond geluidbronnen in het beleid te betrekken. Hierbij worden dan de nieuwste inzichten over de relatie tussen gezondheid en de hoogte van geluidniveaus gebruikt. Verder kunnen gerichte maatregelen ervoor zorgen dat mensen minder last hebben van geluid.

Het RIVM schrijft dit in reactie op de motie-Schonis en de nieuwe richtlijnen van de WHO voor geluid in de leefomgeving. Het RIVM beschrijft zoals in de motie is gevraagd eerst de achtergronden van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse beleid. Vervolgens is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om het beleid te verbeteren.

Het Nederlandse geluidbeleid heeft als doel schadelijke gezondheidseffecten te voorkomen door preventie en sanering. Toch hebben mensen ernstige hinder van geluid van wegverkeer (ruim 970.000 personen, waaronder circa 800.000 vanwege verkeer in steden), treinen (bijna 100.000 personen), vliegtuigen (circa 260.000 personen) en van geluid van windturbines (ruim 7.000 personen).

Kernwoorden: geluid, WHO-richtlijnen, gezondheid, motie-Schonis, omgevingsgeluid, gezondheidsbescherming

Synopsis

Schonis motion and WHO guidelines for environmental noise (2018)
The end justifies the means

In October 2018, the World Health Organisation (WHO) published the environmental noise guidelines. These WHO guidelines are of an advisory nature and are intended to reduce the harmful health effects of noise, including interrupted sleep and disturbance. New elements in these guidelines are the new findings that the more serious health effects of noise, such as coronary heart diseases, already occur at lower noise levels than was previously assumed to be the case. These guidelines also include the assumption that noise from railways disturbs more people than was previously calculated.

According to RIVM, the policy of the Netherlands could be improved by updating it in line with the new insights from the WHO. This means making more intensive efforts, from a policy viewpoint, to reduce the health effects of noise. Policymakers and other (local) professionals could then ensure that health plays a more important role in decisions with regard to noise near people's homes.

Possibilities for doing so include lowering the legally permissible maximum noise levels, in order to reduce the additional risk of coronary heart diseases. Moreover, persons subjected to severe annoyance or sleep disturbance could be taken into account more efficiently by ensuring that a larger area around sources of noise is covered by relevant policy. In doing so, the newest insights into the relationship between health and noise levels would be applied. In addition, targeted measures can ensure that people are less bothered by noise.

RIVM reports this in response to the Schonis motion and the new WHO guidelines for noise in the living environment. As requested in the motion, RIVM first provides background information on the WHO guidelines and the policy of the Netherlands. A study was then carried out to determine which possibilities exist to improve the policy.

The goal of policy in the Netherlands with regard to noise is to prevent harmful health effects through prevention and remediation. Nevertheless, it is estimated that a large number of people report severe annoyance due to noise from road traffic (over 970,000 persons, including approximately 800,000 due to traffic in cities), trains (almost 100,000 persons), air traffic (approximately 260,000), and wind turbines (over 7000 persons).

Keywords: noise, WHO guidelines, health, Schonis motion, environmental noise, health protection

Inhoudsopgave

Samenvatting — 11

1 Inleiding — 21
1.1 Afbakening — 21
1.2 Context — 22
1.3 Leeswijzer — 23

2 Methoden — 25
2.1 Vergelijking WHO-richtlijnen en Nederlandse wet- en regelgeving — 25
2.2 Mogelijkheden om het Nederlandse geluidbeleid te versterken — 27

3 De WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid — 31
3.1 Wat is het doel van de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid? — 31
3.2 Wat is de aanleiding voor het opstellen van nieuwe richtlijnen? — 31
3.3 De WHO-richtlijnen: gezondheidskundige advieswaarden verwerkt in aanbevelingen — 32
3.4 De afleiding van de gezondheidskundige advieswaarden — 34
3.4.1 Systematische beoordeling van bewijs in de literatuur — 34
3.4.2 Bepaling van relevante doses — 35
3.5 Verwerken van gezondheidskundige advieswaarden in aanbevelingen — 39

4 Nederlandse wet- en regelgeving voor omgevingsgeluid — 43
4.1 Ontstaansgeschiedenis Nederlandse geluidregelgeving — 43
4.1.1 Ontstaan geluidbeleid en -regelgeving — 44
4.1.2 Gevolg ontstaansgeschiedenis voor geluidsnormen en belang van gezondheid — 46
4.2 Huidige regelgeving omgevingsgeluid — 48
4.2.1 Algemeen — 49
4.2.2 Weg- en railverkeer — 49
4.2.3 Vliegverkeer — 53
4.2.4 Windturbines — 56
4.3 Toekomst — 57
4.3.1 Overgang naar stelsel van de Omgevingswet — 57
4.3.2 Toekomst geluidbeleid luchthavens — 58
4.4 Gezondheidskundige normen in Nederland — 59
4.4.1 Adviezen Gezondheidsraad — 59
4.4.2 Hoe verhouden de adviezen van de Gezondheidsraad zich tot het advies van de WHO? — 63
4.4.3 GGD-richtlijn — 66
4.4.4 Hoe verhoudt het advies van de GGD zich tot de WHO-richtlijnen? — 67
4.5 Mate van blootstelling aan geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines in Nederland — 68
4.5.1 Geluid van wegverkeer — 70
4.5.2 Hoe verhoudt de blootstelling aan geluid van wegverkeer zich tot huidige geluidnormen voor wegverkeer? — 71
4.5.3 Geluid van railverkeer — 72
4.5.4 Geluid van vliegverkeer — 72
4.5.5 Geluid van windturbines — 72

5 Vergelijking tussen WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel — 73
5.1 Wat is de aanleiding voor het opstellen van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel? — 74
5.2 Wat beogen de Nederlandse wetgever en de WHO? — 74
5.2.1 De Europese richtlijnen voor omgevingsgeluid en de WHO-richtlijnen — 75
5.3 De wetenschappelijk onderbouwing van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse geluidnormen stelsel — 76
5.3.1 Met welke gezondheidseffecten is rekening gehouden? — 76
5.3.2 Hoe heeft gezondheid een rol gespeeld bij het afleiden van normen en gezondheidskundige advieswaardes? — 77
5.3.3 Welke rol hebben BR-relaties gespeeld bij het afleiden van geluidnormen en advieswaardes? — 79
5.4 Hoe zien de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel eruit en op welke punten verschillen ze? — 82
5.5 Blootstelling van de Nederlandse bevolking aan omgevingsgeluid en de WHO-advieswaarde — 85

6 Omvang en verdeling ziektelast door geluid in Nederland — 89
6.1 Geluid van wegverkeer — 89
6.1.1 Omvang ziektelast — 89
6.1.2 Verdeling van de ziektelast door geluid van wegverkeer — 90
6.1.3 Ziektelast door geluid van wegverkeer en Nederlandse geluidnormen — 91
6.2 Geluid van railverkeer — 94
6.2.1 Omvang ziektelast — 94
6.2.2 Verdeling van de ziektelast door geluid van railverkeer — 95
6.2.3 Ziektelast door geluid van railverkeer en Nederlandse geluidnormen. — 95
6.3 Geluid van vliegverkeer — 96
6.3.1 Omvang ziektelast — 96
6.3.2 Verdeling van de ziektelast door geluid van vliegverkeer — 97
6.3.3 Ziektelast door geluid van vliegverkeer en Nederlandse geluidnormen — 98
6.4 Geluid van windturbines — 98
6.5 Aantal mensen met gezondheidseffecten door geluid boven de WHO-advieswaarden — 99
6.5.1 Wegverkeer — 99
6.5.2 Railverkeer — 99
6.5.3 Vliegverkeer — 99
6.5.4 Windturbines — 101
6.6 Aandachtspunten bij het bepalen van de ziektelast — 101
6.7 Korte bespreking van de resultaten — 102
6.7.1 Onzekerheden — 102
6.7.2 Vergelijking met de inzichten van het Gezondheidsraadadvies uit 1994 — 103
6.7.3 Het effect van aanpassen van de norm of het reduceren van geluidniveaus tot onder de WHO-advieswaarde — 103
6.7.4 Ziektelast onder de WHO-advieswaarde — 104
6.8 Conclusie — 104

7 Mogelijkheden voor versterking van het beleid — 106

7.1 Mogelijkheden voor meer gezondheidswinst in het Nederlandse stelsel — 106
7.2 Bepalen van de relevante groep personen — 107
7.3 Aangrijpingspunten voor passende maatregelen — 109
7.4 Factoren die van belang zijn voor het nemen van maatregelen — 111
7.4.1 Akoestische factoren — 111
7.4.2 Niet-akoestische factoren — 112
7.5 Opties voor versterking van het bestaande beleid — 113

8 Conclusies en aanbevelingen — 123
8.1 Conclusies — 123
8.2 Aanbevelingen — 126
8.2.1 Algemene aanbevelingen voor versterking beleid voor omgevingsgeluid — 126
8.2.2 Specifieke aanbevelingen per geluidbron — 129

9 Gebruikte referenties — 133

10 Begrippen en afkortingen — 143

Bijlage 1 De invloed van geluid op gezondheid — 147

Bijlage 2 Achtergronden bij de WHO-richtlijnen — 148

Bijlage 3 Samenvattingen van rapporten en memo's uit 2018-2019, uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat — 159

Bijlage 4 Motie Schonis — 162

Samenvatting

Het Nederlandse geluidbeleid kan worden versterkt door expliciet in te zetten op een beginsel dat is gericht op het verminderen van negatieve gezondheidsrisico's door geluid. Het huidige stelsel is gericht op preventie, behoud van vastgestelde geluidruimte en sanering. De inzet op preventie en sanering heeft bijgedragen aan het voorkómen en verminderen van situaties waarin onaanvaardbare gezondheidseffecten vanwege geluid optreden. Behoud van de vastgestelde geluidruimte (stand still beginsel) betekent dat meer activiteiten (bijvoorbeeld meer verkeersbewegingen) netto dezelfde hoeveelheid geluid mogen maken en dat de negatieve effecten, behorende bij die geluidruimte, blijven bestaan. Het Nederlandse beleid zou kunnen worden verbeterd door het aan te passen aan de nieuwe inzichten van de WHO. Dit betekent dat er vanuit beleid nadrukkelijk aan wordt gewerkt om de risico's op negatieve gezondheidseffecten van geluid te verminderen. Dit biedt ook mogelijkheden voor synergie met het klimaatakkoord en de aanpak voor verbetering van de luchtkwaliteit. Beleidsmakers en andere (lokale) professionals kunnen gezondheid dan een belangrijker onderdeel laten zijn van beslissingen over geluid bij woningen om de geluidruimte vast te leggen en de bewoners en omwonenden bescherming te bieden.

Mogelijkheden hiervoor zijn het verlagen van de wettelijke maximaal toegestane geluidniveaus om het extra risico op coronaire hartziekten te verminderen. Ook kunnen mensen met ernstige hinder of slaapverstoring beter in beeld komen door een groter gebied rond geluidbronnen bij het beleid te betrekken. Hierbij worden dan de nieuwste inzichten over de relatie tussen gezondheid en de hoogte van geluidniveaus gebruikt. Verder kunnen gerichte maatregelen ervoor zorgen dat mensen minder last hebben van geluid.
Dat zijn enkele van de bevindingen uit de vergelijking van het Nederlandse geluidbeleid met de nieuwe omgevingsgeluidrichtlijnen van de Wereld Gezondheid Organisatie (WHO).

Waarom deze vergelijking?
De World Health Organisation Regional Office for Europe (WHO) heeft nieuwe geluidrichtlijnen voor omgevingsgeluid ontwikkeld. De Guideline Development Group (GDG) van de WHO heeft deze richtlijnen aanbevelingen opgesteld. Aanleiding hiervoor was de verklaring die de Europese ministers hebben aangenomen tijdens de Vijfde Ministeriële Conferentie Leefmilieu en Gezondheid op 12 maart 2010. in het 7e Milieu Actie Programma van de EU is opgenomen dat de milieu gerelateerde risico's te verminderen waarvoor onder meer de geluidniveaus moeten worden beperkt. Daarbij zou de meest actuele wetenschappelijke kennis moeten worden ingezet. Daarnaast waren de bestaande richtlijnen uit 1999 toe aan een actualisatie. In oktober 2018 publiceerde de WHO de richtlijnen over omgevingsgeluid. Naar aanleiding van deze publicatie heeft de Tweede Kamer in december 2018 een motie aangenomen ('Motie Schonis'). Hierin vraagt de Tweede Kamer de regering te laten onderzoeken hoe deze WHO-richtlijnen zich verhouden tot de huidige wet- en regelgeving en hoe deze ter versterking van het geluidbeleid gebruikt kunnen worden.

Wat is de bedoeling van het onderzoek?
In een brief van 19 december 2018 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer kondigde de toenmalige staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) een onderzoek aan. Het doel van dit onderzoek is tweeledig:

- *Breng in kaart hoe de WHO-richtlijnen zich verhouden tot de huidige (inter-)nationale wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid; en*
- *Onderzoek wat de mogelijkheden zijn om de richtlijnen van de WHO te gebruiken ter versterking van het (inter-)nationaal beleid en de mogelijke gevolgen daarvan voor de Nederlandse situatie.*

Het resultaat van dit onderzoek zijn beleidsopties waarmee tegemoet kan worden gekomen aan het WHO-advies en de mogelijke consequenties daarvan. Aan de hand hiervan kunnen vervolgens beleidskeuzes worden gemaakt.

Wat behelzen de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid?
De richtlijnen zijn een hulpmiddel voor beleidsmakers en andere (lokale) professionals om ervoor te zorgen dat gezondheid beter wordt meegenomen in het geluidbeleid. Het zijn geen normen of wettelijke waarden; het heeft de status van een advies. De WHO-richtlijnen bevatten de meest gebruikelijke indicatoren (L_{den} en L_{night}) en betreffen geluidniveaus per bron bij zwaarst belaste gevel, buitenshuis. De WHO-richtlijnen zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1. De WHO-richtlijnen voor geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines samengevat

Bron	**Aanbeveling**
Wegverkeer	De Guidelines Development Group (GDG) doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus door wegverkeer te reduceren tot onder **53 dB (L_{den})**, omdat het geluid van wegverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus door wegverkeer te reduceren tot **45 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van wegverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG **de sterke aanbeveling** dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van wegverkeer boven de advieswaarden voor de dag en voor de nacht. Voor specifieke interventies, raadt de GDG aan het geluidniveau bij de bron en op de route tussen de bron en de populatie te verminderen door veranderingen in de infrastructuur.
Railverkeer	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus door railverkeer te reduceren tot onder **54 dB (L_{den})**, omdat het geluid van railverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus door railverkeer te reduceren tot **44 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van railverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG **de sterke aanbeveling** dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden

Bron	Aanbeveling
	genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van railverkeer boven de advieswaarden voor de dag en voor de nacht. Er is niet voldoende bewijs voor het gebruik van de ene interventie ten gunste van de andere
Vliegverkeer	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus door vliegverkeer te reduceren tot onder **45 dB (L_{den})**, omdat het geluid van vliegverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus door vliegverkeer te reduceren tot **40 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van vliegverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG de **sterke aanbeveling** dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van vliegverkeer boven de richtlijnen voor de dag en voor de nacht. Voor specifieke interventies raadt de GDG aan geschikte aanpassingen te doen in de infrastructuur
Windturbines	De GDG **beveelt aan om te overwegen** om de geluidniveaus die worden geproduceerd door windturbines te reduceren tot onder **45 dB (L_{den})**, omdat het geluid van windturbines boven dit niveau is geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	Er worden **geen aanbevelingen** gegeven met betrekking tot de blootstelling aan **nachtelijke geluidniveaus** veroorzaakt door windturbines. De kwaliteit van de bewijslast voor de effecten van nachtelijke blootstelling is te laag om een aanbeveling te geven
	De GDG beveelt **ter overweging** aan dat er door beleidsmakers geschikte maatregelen worden geïmplementeerd die ervoor zorgen dat de blootstelling van bevolkingsgroepen die zijn blootgesteld aan geluidniveaus van windturbines boven de WHO-richtlijn waarden, worden gereduceerd. Er is echter onvoldoende bewijs om de inzet van een bepaald type interventie aan te bevelen
GDG = Guideline Development Group, L_{den} = Level-day-evening-night, L_{night} = Nachtelijk geluid niveau.	

Hoe zijn de WHO-richtlijnen omgevingsgeluid afgeleid?
Bij de afleiding van deze richtlijnen hebben gezondheidskundige overwegingen een belangrijke rol gespeeld. De richtlijnen zijn opgesteld volgens een protocol waarin onder meer is vastgelegd dat de richtlijnen gebaseerd moeten zijn op de laatste stand van de kennis op het gebied van de relatie geluid en gezondheid. Hiertoe zijn zeven literatuuroverzichten ('evidence reviews') uitgevoerd. De advieswaarden zijn afgeleid met behulp van de Benchmark Dosis Methode (BMD). Bij deze methode wordt een aantal stappen doorlopen. Allereerst is een aantal gezondheidseindpunten bepaald (onder andere: hinder, slaapverstoring, verminderde leesprestatie, coronaire hartziekten) die van belang zijn voor het afleiden van de advieswaarden. Vervolgens is voor deze eindpunten een relevante respons vastgesteld: de benchmarkrespons (BMR) op basis van beoordeling door deskundigen ('expert judgements'). Voor ernstige hinder werd 10% en voor ernstige slaapverstoring 3% als relevante, respons aangemerkt. Voor coronaire

hartziekten was de benchmarkrespons een extra risico van 5%. Vervolgens is per geluidbron en per gezondheidseffect met de blootstelling-respons relatie (BR-relatie; uit de 'evidence reviews') bepaald bij welke geluidniveaus (de benchmark dosis) benchmarkrespons zich voordeed. Na het vaststellen van de benchmark doses werd op basis van de combinatie van de prioriteit van elk gezondheidseindpunt en het laagste bijbehorende blootstellingsniveau een advieswaarde afgeleid. Deze advieswaardes zijn vervolgens verwerkt in aanbevelingen. Om tot deze aanbevelingen te komen zijn verschillende afwegingen gemaakt. Deze afwegingen waren: a) wat is de kwaliteit van de gevonden bewijslast voor effecten van de blootstelling, b) wat is de omvang van de ziektelast, en c) wat zijn de kosten en baten van de implementatie van maatregelen waardoor geluidniveaus kunnen worden gereduceerd. Bij het opstellen (verwoorden) van de aanbevelingen is gebruik gemaakt van een systematiek (GRADE) die twee niveaus voor aanbevelingen onderscheid: 'sterk' ('strong') en 'ter overweging/zwak' ('conditional').

Wat houdt het huidige Nederlandse geluidbeleid in?
Het Nederlandse juridische kader voor geluid, naast de Hinderwet, vindt zijn oorsprong in de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw. Het toenmalige beleid werd ingegeven door het reguleren van de hinder door geluid. Dit heeft geleid tot normstelling, in eerste instantie voor geluid van vlieg-, weg- en railverkeer. De normen voor windturbines zijn van latere datum.
Deze regelgeving richt zich op het tegengaan van nieuwe situaties met onaanvaardbare risico's (preventie), op het vastleggen van geluidbelasting (geluidruimte) en daarmee op het beheersen van geluidtoenames ('stand still' beginsel) en op het aanpakken van situaties met onaanvaardbaar risico's (saneren).
De huidige regels voor de geluidbelasting door weg- en railverkeer zijn opgenomen in de Wet geluidhinder (Wgh) en de Wet milieubeheer (Wm) met de bijbehorende onderliggende regelgeving. Voor geluid van weg- en railverkeer is gekozen voor een systeem met twee waarden: de 'voorkeurswaarde' en de 'maximale waarde'. Onder de voorkeurswaarde zijn geen belemmeringen voor het toestaan van geluidgevoelige bebouwing. Tussen de voorkeurswaarde en maximale waarde is een afwegingsruimte waarbinnen woningbouw of andere ruimtelijke ontwikkelingen onder voorwaarden mogelijk zijn. Boven de maximale waarde is het bouwen van geluidgevoelige objecten in principe niet mogelijk. Voor weg- en railverkeer zijn geen specifieke maximale waarden voor de nacht vastgesteld.
Voor luchtvaart en luchthavens is het beleid vastgelegd in de Wet luchtvaart en onderliggende regelgeving. Voor Schiphol betreft dit met name het Luchthavenverkeersbesluit (LVB) en het Luchthavenindelingbesluit (LIB). Voor andere luchthavens van nationale betekenis is het beleid vastgelegd in de verschillende luchthavenbesluiten.
De regelgeving voor windturbines is sinds 2011 opgenomen in de Wet milieubeheer en het onderliggende Besluit regels voor inrichtingen milieubeheer[1]. Voor windturbinegeluid zijn specifieke normen voor de dag (47 dB L_{den}) en de nacht (41 dB L_{night}) opgenomen.

[1] In de praktijk wordt dit besluit veelal aangeduid met Activiteitenbesluit milieubeheer.

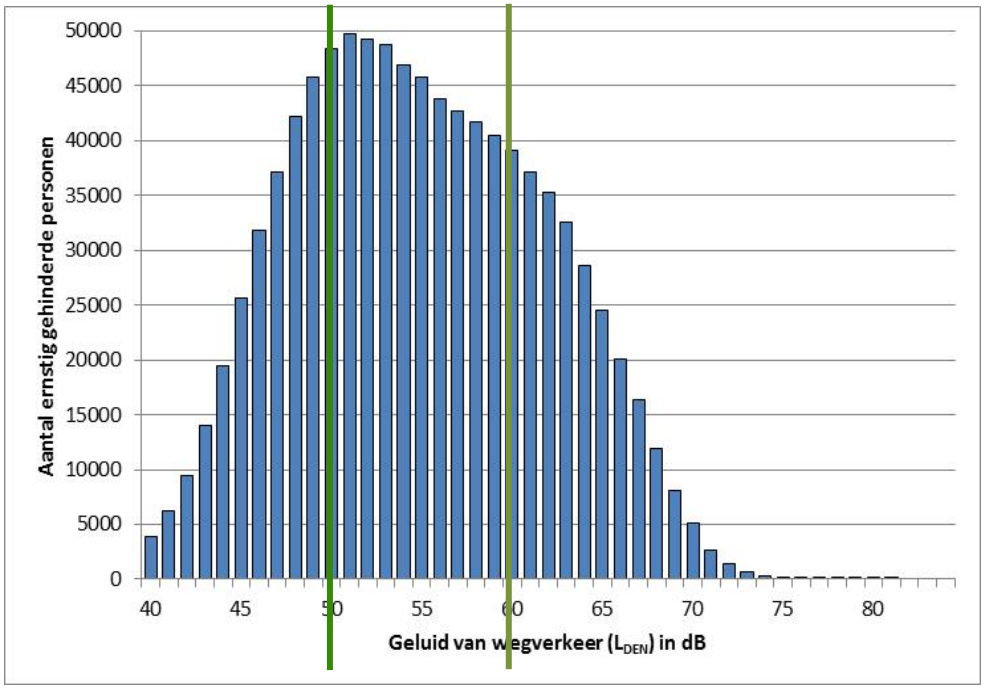
Ook ónder een voorkeurswaarde of buiten de beperkingsgebieden kunnen bewoners nog ernstige hinder en negatieve gezondheidseffecten ondervinden vanwege geluid.
Een belangrijke ontwikkeling in het Nederlandse geluidbeleid zijn de stelselherziening voor het omgevingsrecht (Omgevingswet) en de herziening van de geluidsregelgeving (Swung). De wet- en regelgeving voor weg- en railverkeer en windturbines gaat over naar de Omgevingswet.

Gezondheidskundige adviezen in Nederland
De adviezen van de Gezondheidsraad gaan niet alleen in op gezondheidskundige advieswaardes; ook hebben ze een rol gespeeld bij de totstandkoming van de huidige Nederlandse wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid. De gezondheidseffecten die volgens de Gezondheidsraad met de blootstelling aan omgevingsgeluid zijn geassocieerd, blijken grotendeels dezelfde te zijn als de effecten die door de WHO worden benoemd. In haar adviezen presenteert de Gezondheidsraad waarnemingsniveaus en maximaal toelaatbare geluidsniveaus. Deze kunnen niet één op één worden vergeleken met de gezondheidskundige advieswaardes van de WHO. De door de Gezondheidsraad gepresenteerde waarnemingsniveaus voor effecten als ernstige hinder en ernstige slaapverstoring komen over het algemeen goed overeen met de laagste geluidniveaus die de WHO gebruikt. De inzichten over effecten op het hartvaatstelsel zijn echter wel veranderd: deze effecten treden volgens het advies van de WHO op bij veel lagere niveaus dan ten tijde van het opstellen van de adviezen van de Gezondheidsraad werd gedacht.
Tenslotte blijkt dat de ligging van de BR-relaties van wegverkeergeluid en van railverkeergeluid voor ernstige hinder ten opzichte van elkaar zijn veranderd. Het inzicht was dat railverkeer bij een zeker geluidniveau tot een lager percentage ernstige hinder leidde dan wegverkeer. In het WHO-advies is beschreven dat railverkeergeluid vanaf circa 55 dB Lden leidt tot een hoger percentage ernstige hinder dan wegverkeer. Ten tijde en vlak na het Gezondheidsraad advies uit 1994 was dit anders: toen verliep de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder steiler dan die voor geluid van railverkeer.

En de Europese Unie?
De Europese Unie (EU) heeft zich tot taak gesteld burgers te beschermen tegen de risico van geluid voor de gezondheid en het welbevinden en daarom als doel gesteld de geluidbelasting binnen haar grenzen zodanig te verlagen dat geluidniveaus dichter in de buurt komen van de door de WHO aanbevolen waarden. Dit is van belang voor de verdere ontwikkeling van de EU-Richtlijn Omgevingslawaai (END[2]) die hiertoe een belangrijk instrument is. Doel van de END is om de schadelijke gevolgen, hinder inbegrepen, van blootstelling aan omgevingslawaai te vermijden, te voorkomen of te verminderen. In de END is onder meer vastgelegd hoe geluid in kaart moet worden gebracht (Annex 2) en hoe de omvang van de nadelige gezondheidseffecten kan worden geschat (Annex 3).

[2] Internationaal wordt hiervoor de afkorting END gebruikt, voor de European Noise Directive.

Hoe leidt minder geluidbelasting tot minder gezondheidseffecten?
Naast de inzet op preventie en de inspanningen om onaanvaardbare risico's voor de gezondheid aan te pakken (sanering) leidt verlaging van de (gemiddelde) geluidbelasting tot de grootst mogelijke gezondheidswinst bij de Nederlandse bevolking. De grootste gezondheidsrisico's treden bij de hoogste blootstellingsniveaus op; daarom is er voor gekozen om de saneringsoperatie uit te voeren om situaties met onaanvaardbare risico voor de gezondheid op te heffen. Hoge blootstellingsniveaus komen relatief weinig voor, waardoor relatief weinig mensen negatieve effecten van deze hoge niveaus ervaren (zie Figuur 1). Het totale gezondheidseffect (ofwel gezondheidswinst) is echter groter wanneer het gemiddelde blootstellingsniveau wordt gereduceerd.



Figuur 1. Uitsplitsing van het totaal aantal ernstig gehinderden door geluid van een geluidbron over 1dB klassen met voorkeurswaarde en maximale waarde

Er zijn meer personen blootgesteld aan geluidniveaus rond de voorkeurswaarden (bijvoorbeeld voor wegverkeer tussen de 50 en 55 dB), waardoor relatief veel mensen nadelige effecten hiervan ondervinden (zie Figuur 1). Deze situatie is onder meer juist het gevolg van succesvol bron en RO-beleid. Zonder dat beleid was het aantal en percentage ernstig gehinderden en slaapverstoorden veel hoger geweest. Dit principe (relatief weinig mensen met negatieve effecten bij hoge blootstelling tegenover relatief veel mensen met negatieve effecten bij mediane blootstelling) komt ook voor bij andere effecten van geluidbelasting (bijvoorbeeld slaapverstoring en coronaire hartziekten) en andere geluidbronnen dan wegverkeer, zij het bij andere geluidniveaus. Indien men wil handelen in de geest van de WHO-richtlijnen, dan zullen maatregelen gericht moeten zijn op vermindering van het aantal mensen met negatieve gezondheidseffecten. Dat zou bij voorkeur dienen te gebeuren op die locaties waar zoveel mogelijk

mensen baat bij hebben, bijvoorbeeld in stedelijke gebieden, met grote groepen mensen die worden blootgesteld aan geluidbelasting. Toch moeten ook de hoogste blootstellingsniveaus niet uit het oog worden verloren (niveaus boven de 53 dB), omdat bij deze niveaus de kans op de meeste ernstige effecten vanwege omgevingsgeluid (bijvoorbeeld coronaire hartziekten) het grootst is.

Hoe verhouden de WHO-richtlijnen en het Nederlandse geluidbeleid zich tot elkaar?
De WHO-richtlijnen bevatten gezondheidskundige advieswaarden en deze waarden moeten worden gezien als aanbevelingen, niet als wettelijke verplichting. Het is aan de lidstaten of aan de EU om de aanbevelingen al dan niet om te zetten in wet- en regelgeving. Verder zijn er een aantal meer inhoudelijke verschillen tussen de WHO-richtlijnen en het Nederlandse geluidbeleid.
De WHO-richtlijnen houden rekening met meer gezondheidseffecten dan het Nederlandse beleid. Daarin wordt voornamelijk met 'hinder' als gezondheidseffect rekening gehouden. Dit is te verklaren uit het feit dat de normen zijn opgesteld toen er nog niet voldoende onderzoek beschikbaar was naar slaapverstoring en coronaire hartziekten en/of dat werd verondersteld dat aan stress gerelateerde effecten pas optraden boven de wettelijke normen. Daarnaast zijn de WHO-richtlijnen vooral gebaseerd op gezondheidskundige overwegingen, terwijl bij het vaststellen van het Nederlandse normen, na een advies van de Gezondheidsraad of andere inhoudsdeskundigen, ook afwegingen van economische, juridische aard en aspecten van ruimtelijke inrichting een rol spelen. Hierdoor zijn de advieswaarden en normen niet één-op-één vergelijkbaar met elkaar. Het Nederlandse normenstelsel hanteert, vooral voor weg- en railverkeer, meerdere normwaarden terwijl de WHO per bron steeds een advieswaarde voor het etmaal (L_{den}) en een advieswaarde voor de nacht (L_{night}) gebruikt. Daarbij bestaat er in het Nederlandse beleid bestuurlijke afwegingsruimte. Voor de verlaging van geluidniveaus adviseert de WHO maatregelen die effectief voor de reductie van de negatieve gezondheidseffecten door geluid, terwijl in het Nederlandse beleid maatregelen vaak doelmatig zijn, gericht op het beheer van de geluidruimte en rekening houdend met de kosten en effectiviteit van de maatregelen. In beide benaderingen ondervinden bewoners overigens ook onder advieswaarden, voorkeurswaarden of grenswaarden negatieve effecten van geluid. Daarbij moet worden opgemerkt dat de omvang van de gezondheidseffecten in het gebied tussen de voorkeurswaarden en maximale waarde het gevolg is van het geluidbeleid zoals dat tot nog toe in Nederland is gevoerd. De risico's op gezondheidseffecten blijkt groter dan dat vroeger werd gedacht. Dit geeft de indruk dat maximale waarden minder bescherming bieden dan eerder werd gedacht.
In de WHO-richtlijnen is aangegeven dat de BR-relatie voor geluid van wegverkeer en ernstige hinder over het algemeen minder steil verloopt dan de BR-relatie voor geluid van railverkeer en ernstige hinder. Vanaf 55 dB (L_{den}) ligt de ligt de BR-relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder hoger dan de BR-relatie voor geluid van wegverkeer. Dit beeld wordt bevestigd door nieuwe BR-relaties die zijn afgeleid op basis van de GGD Gezondheidsmonitor [1]. Voorheen werd het geluid van railverkeer als minder hinderlijk dan geluid van wegverkeer beoordeeld.

Op basis van die inzichten is destijds in het Nederlandse geluidbeleid gekozen voor de zogenoemde railbonus.

Tot welke mogelijkheden van versterking van beleid leiden de overwegingen over de WHO-richtlijnen als men gezondheidsverbetering wil nastreven?
Als men gezondheidsverbetering wil nastreven, dan kan het huidige geluidbeleid worden versterkt door gezondheidsverbetering als opzichzelfstaand doel te verankeren in het beleid. Dit geeft een concrete invulling van de algemene begrippen in de regelgeving over bescherming of verbetering van de gezondheid en kwaliteit van de leefomgeving. Hiermee zou gezondheidsverbetering mede leidend worden, in plaats van een mogelijk gevolg van de voorgeschreven plicht om een afweging te maken bij dreigende toename van het geluid. Daarmee zou gekozen worden om gezondheid een groter gewicht te geven in de beleidsafwegingen over geluid. Deze beleidskeuze vergt 'omdenken' van een 'stand still' uitgangspunt naar beleid dat in beginsel gericht is op het verminderen van negatieve gezondheidseffecten door geluid. Deze aanpak kan worden ingezet naast de reeds bestaande beleidsinzet op preventie en sanering. Deze inzet zou een positieve invloed kunnen hebben op het voorkomen en beperken van negatieve gezondheidseffecten, zowel qua hoogte van het risico erop als in de omvang.
Indien men ervoor kiest meer op verbetering gerichte besluiten te nemen, dan zou de relevante groep moeten worden betrokken die veelal groter is dan onder het huidige beleid. Het gaat daarbij om een relevant deel van de mensen die ernstige hinder of slaapverstoring ondervinden te betrekken terwijl momenteel een relatief beperkte groep onderdeel is van de beleidsbeslissingen. Beschouw bij het treffen van maatregelen of aanpassingen waardoor de geluidssituatie wijzigt, niet enkel hoge blootstellingssituaties (sanering) maar situaties met waarden onder een norm of vastgestelde waarde.
Neem "passende" maatregelen om de geluidbelasting te verlagen. Vooral bronінterventies, pad-interventies (overdrachtsmaatregelen) en interventies bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur lijken effectief zijn voor de reductie van hinder.
Geef daarbij rekenschap aan factoren die niet direct geluid-gerelateerd zijn maar wel van invloed op de mate van hinder (niet-akoestische factoren), bijvoorbeeld communicatie met omwonenden of geluidgevoeligheid.

Om tot gezondheidsverbetering te komen wordt aanbevolen vooraf de volgende stappen te doorlopen:

a) breng de impact van geluid op de gezondheid op adequate wijze in beeld, gebruik daartoe:
   - hanteer de best beschikbare BR-relaties;
   - overweeg om voor weg- en railverkeer ook een L_{night} te hanteren, om naast hinder ook slaapverstoring en de effecten daarvan te beperken. Het hanteren van een L_{night} kan vervolgens leiden tot specifieke maatregelen;
   - betrek de relevante groep, waarbij moet worden beseft dat ook mensen buiten de momenteel gehanteerde aandachtsgebieden negatieve effecten ondervinden;

- Werk de invloed van andere akoestische factoren, zoals dynamiek geluidniveau in de tijd met rustperioden etc., en niet-akoestische factoren verder uit, mede om beter aan te sluiten bij de beleving van omwonenden. Meer inzicht in hinderbeleving geeft immers meer sturingsmogelijkheden.

b) Leg voor de relevant groep een doel voor de gezondheidsverbetering vast. Het stelsel van de Omgevingswet geeft hiervoor een kader.

De mogelijkheden, naast de huidige inspanningen voor preventie en sanering, die het beleid kan aangrijpen om tot gezondheidsverbetering te komen:

- Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de beschikbare geluidruimte: dit zorgt ervoor dat de bronhouders zich moeten (blijven) inspannen om de geluidniveaus binnen een bepaalde periode te verminderen, waardoor de kans op het optreden van gezondheidseffecten lager wordt. Verlaag de maximale toegestane geluidemissie per voertuig en verklein de vastgestelde geluidruimte om te stimuleren dat de reductie van de geluidemissie van alle voertuigen wordt geeffectueerd. Mogelijke intensivering van activiteiten is alleen aan de orde als aantoonbare gezondheidsverbetering kan worden geleverd (vergelijk de 50/50-regel bij Schiphol);
- Een alternatief is het (stapsgewijs of periodiek) aanscherpen van de geluidnormen. Daarbij zou het sturen op en eventueel verlagen van de voorkeurswaarde, in het geval van weg- en railverkeer, kunnen helpen bij de verlaging van het gemiddelde geluidniveau. Ook een verlaging van de maximale toegestane waarden zou overwogen moeten worden, gezien het feit dat de huidige maximale waarden minder bescherming tegen gezondheidsrisico's bieden dan bij de afleiding ervan werd gedacht;
- De nieuwe inzichten uit de geactualiseerde BR-relaties en L_{night} geven tevens aanleiding tot het heroverwegen of bijstellen van daarvan afgeleide instrumenten en instructieregels, zoals de cumulatieregels voor geluid, de normstelling (met name railverkeer) en de doelmatigheidstoets voor het treffen van maatregelen vanwege geluid van weg- en spoorverkeer;
- Het aanpassen van de voorwaarden voor bouw op locaties met relatief hoge geluidbelasting. Naast de algemene planologische beperkingen/mogelijkheden kan de toepassing van geluidluwe gevels of andere vormen van geluidadaptief bouwen in bouwplannen (handreikingen, richtlijnen) worden gestimuleerd. Het is aan te raden nader te onderzoeken of dergelijke maatregelen daadwerkelijk bijdragen aan vermindering van gezondheidsrisico's. Als laatste geldt dat de informatieverstrekking voor (toekomstige) bewoners een bijdrage kan leveren aan het beperken van de hinder. Partijen als de GGD kunnen een belangrijke rol spelen bij dit punt.

Het toepassen van concrete maatregelen dient op lokaal niveau te worden afgewogen met in acht neming van het doel voor de gezondheidsverbetering. Onderkend wordt dat niet elke maatregel in alle situaties tot het gewenste resultaat leidt. Een mix van maatregelen

zoals in dit rapport omschreven kan worden ingezet om het vastgestelde doel te bereiken.
Het is evident dat de uitwerking van deze aanbevelingen invloed heeft op de huidige praktijk. Of en in welke mate extra middelen moeten worden ingezet hangt af van de wijze waarop het doel wordt geformuleerd en de uitwerking uiteindelijk vorm krijgt.

1 Inleiding

Het RIVM heeft de opdracht gekregen van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) om een onderzoek uit te voeren naar de betekenis van de publicatie "Environmental noise guidelines for the European Region" [2] (hierna WHO-richtlijnen) voor het Nederlandse beleid. Dit onderzoek was aangekondigd in de kamerbrief van de Staatssecretaris van IenW van 19 december 2018 [3]. Het onderzoek richt zich op het verzoek aan de regering zoals in de motie Schonis [4] is verwoord. Deze motie is ingediend naar aanleiding van de WHO-richtlijnen van het Regional Office for Europe van de Wereld gezondheid organisatie (WHO).

De doelen van dit onderzoek zijn:

- In kaart brengen hoe de WHO-richtlijnen zich verhouden tot de huidige (inter)nationale wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid;
- Onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om de richtlijnen van de WHO te gebruiken ter versterking van het (inter)nationaal beleid en de mogelijke gevolgen daarvan voor de Nederlandse situatie.

Het resultaat van het onderzoek bestaat uit een duiding van de WHO-richtlijnen, een vergelijking van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel van geluidwet- en regelgeving, een overzicht met de mogelijkheden hoe het Nederlandse geluidbeleid versterkt kan worden door de inzichten uit de WHO-richtlijnen en de mogelijke consequenties van deze mogelijkheden. Op basis hiervan kunnen vervolgens beleidskeuzes worden gemaakt.

1.1 Afbakening

In deze rapportage ligt de focus op omgevingsgeluid afkomstig van weg-, rail-, vliegverkeer en windturbines. De WHO-richtlijnen behandelen naast de effecten van geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines, ook de effecten van recreatiegeluid. Laatstgenoemde geluidbron zal in dit onderzoek buiten beschouwing worden gelaten. Dit geldt ook voor de geluidbron industrie. Voor vliegverkeer zal alleen het beleid voor luchthavens van nationale betekenis worden betrokken. Militaire luchthavens zullen in deze rapportage buiten beschouwing worden gelaten.

In de WHO-richtlijnen wordt laagfrequent geluid niet apart behandeld. Verder gaan de WHO-richtlijnen alleen in op de geluidbelasting op de gevel en niet op de binnenwaarde. In dit rapport zullen we dat ook niet doen.

Conform de vraagstelling uit de motie Schonis zullen de WHO-richtlijnen zoveel als mogelijk worden vergeleken met de huidige regelgeving voor omgevingsgeluid afkomstig van weg, rail- en vliegverkeer en windturbines. Daar waar mogelijk en relevant zullen ook vergelijkingen worden gemaakt met toekomstige regelgeving, in het bijzonder het Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet [5].

Het Europese geluidbeleid, zoals vastgelegd in de EU- richtlijn Omgevingslawaai (ofwel de European Noise Directive (END)) [6], wordt meegenomen in de vergelijking van de WHO-richtlijnen met het Nederlandse beleid. Omdat in de END geen specifieke geluidnormen of -advieswaarden worden genoemd, zullen bij de vergelijking alleen de doelstellingen van de END worden betrokken. Tevens wordt kort ingegaan op de vergelijking van de Nederlandse normen met geluidsnormen van andere Europese landen.

1.2 Context

Algemeen
Bij vormgeving van de huidige omgevingskwaliteit hebben partijen in Nederland te maken met diverse grote maatschappelijke opgaven, zoals de bouwopgave, de energietransitie en bereikbaarheid. De betrokken partijen onderkennen veelal dat het realiseren en behouden van een gezonde leefomgeving ook één van de maatschappelijke opgaven is. De afweging van alle belangen voor maatschappelijke opgaven is complex. Daar komt bij dat in de Nederlandse situatie ruimte schaars is, waardoor geluid producerende activiteiten en geluidgevoelige (woon)locaties zich vaak in elkaars nabijheid bevinden. Het is daarbij aan de, veelal lokale, bestuurders om op basis van een integrale afweging een besluit te nemen.

Ontwikkelingen in Nederland
De WHO publiceerde de gezondheidskundige richtlijnen op een moment dat in Nederland enkele belangrijke beleidsontwikkelingen spelen voor het omgevingsgeluid. Deze ontwikkelingen betreffen (i) de stelselherziening voor het omgevingsrecht (Omgevingswet), (ii) de herziening voor de geluidsregelgeving en (iii) de herziening van het luchtvaartbeleid. Deze ontwikkelingen worden hier kort toegelicht.

Ad i en ii. De regels voor het beperken van geluid afkomstig van weg- en railverkeer, die nu zijn opgenomen in de Wet geluidhinder (Wgh) [7] en de Wet milieubeheer (Wm) [8] met de bijbehorende onderliggende regelgeving, zullen worden opgenomen in het stelsel van de Omgevingswet. Daarbij worden onder meer het normenstelsel vereenvoudigd, regels voor naleving voor decentrale infrastructuur toegevoegd en rekenregels gewijzigd [9]. In dit rapport wordt soms verwezen naar deze ontwikkelingen, maar de focus ligt op de huidige regelgeving. Omdat de Wgh en de Wm van toepassing zijn op het moment dat dit rapport wordt gepubliceerd, worden de nu geldende termen voorkeurswaarde en maximale waarde in dit rapport gehanteerd. De geluidregelgeving voor windturbines gaat over van de Wet milieubeheer (Wm) en het onderliggende Activiteitenbesluit milieubeheer naar het stelsel van de Omgevingswet [10]. In het beleid voor de ontwikkeling van windturbines en windenergieparken is geluid een belangrijke factor. Vanwege de energietransitie en de afspraken in het Klimaatakkoord blijft naar verwachting vraag naar meer windturbines en windparken bestaan, met bijbehorende maatschappelijke discussies over mogelijke geluidhinder en andere gezondheidseffecten.
Ad iii. Het huidige beleid voor luchtvaart en luchthavens is vastgelegd in de Wet luchtvaart en onderliggende regelgeving. In tegenstelling tot de regelgeving voor weg- en railverkeer gaat deze wet- en regelgeving niet

over naar de Omgevingswet [11]. Geluid van vliegtuigen is een belangrijk onderdeel in het beleid en de wetgeving voor de ontwikkeling van luchthavens en de omgeving rondom de luchthavens. Veelal bepaalt het vastgestelde maximale geluidniveaus de omvang van het vliegverkeer (aantal vliegbewegingen) en de planologische grenzen voor ruimtelijke ontwikkelingen rond de luchthavens en de aanvliegroutes. Belangrijke ontwikkelingen hierbij zijn de voorbereiding van een nieuwe Luchtvaartnota, een mogelijke uitbreiding van de luchthaven van Lelystad en de wijziging van het Luchthavenverkeerbesluit van Schiphol zoals in de brief van 5 juli 2019 van de Minister van IenW is verwoord [12]. In de nieuwe Luchtvaartnota, die in de zomer van 2020 zal verschijnen, geeft het kabinet aan hoe de luchtvaart zich kan ontwikkelen met het oog op andere belangen zoals leefbaarheid, duurzaamheid en veiligheid. In dit rapport wordt verwezen naar deze ontwikkelingen, maar de focus ligt op de huidige wet- en regelgeving.

Europese ontwikkelingen
Ook op het niveau van de Europese Unie (EU) spelen beleidsontwikkelingen die van belang zijn voor het Nederlandse geluidbeleid. Deze ontwikkelingen waren mede aanleiding voor het opstellen van de nieuwe WHO-richtlijnen en worden daarom nader toegelicht in hoofdstuk 3. Verder is de EU-richtlijn Omgevingslawaai (END) een belangrijk instrument voor de gemeenschappelijke aanpak in de EU [6] en daarmee ook voor het Nederlandse geluidbeleid. De lidstaten hebben aangegeven dat de WHO-richtlijnen een rol moeten spelen bij de revisie van Annex III van de END. In paragrafen 4.2.1 en 5.2.1 worden deze ontwikkelingen verder toegelicht.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is opgebouwd uit twee delen. In het eerste deel (hoofdstuk 3, 4 en 5) wordt in beeld gebracht hoe de WHO- richtlijnen zich verhouden tot de huidige (inter)nationale wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid (hoofdstuk 5). Hierbij wordt eerst ingegaan op de achtergronden en onderbouwing van de WHO-richtlijnen (hoofdstuk 3), de Nederlandse wet- en regelgeving en de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan geluid van weg- en railverkeer, vliegverkeer en windturbines (hoofdstuk 4). Waar mogelijk wordt ingegaan op toekomstige wet- en regelgeving (Omgevingswet).

In het tweede deel van het rapport (hoofdstuk 6, 7 en 8) zal de ziektelast in Nederland door geluid worden vergeleken voor de WHO-advieswaarden en de Nederlandse geluidnormen (hoofdstuk 6), en worden mogelijkheden geschetst om de WHO-richtlijnen te gebruiken om het Nederlandse geluidbeleid te versterken (hoofdstuk 7). Tot slot zullen (in hoofdstuk 8) de conclusies en aanbevelingen worden gepresenteerd.

In hoofdstuk 2 worden de methoden beschreven, die in dit onderzoek zijn gebruikt. Aan het slot van dit rapport is een lijst met gebruikte begrippen en afkortingen opgenomen. In de bijlagen zijn verdere achtergronden terug te vinden over de invloed van geluid op gezondheid en de WHO-richtlijnen.

2 Methoden

In dit hoofdstuk wordt kort beschreven op welke punten de WHO-richtlijnen en de Nederlandse wet- en regelgeving voor omgevingsgeluid in dit onderzoek met elkaar zijn vergeleken en op welke wijze de versterking van het beleid kan worden vormgegeven.

2.1 Vergelijking WHO-richtlijnen en Nederlandse wet- en regelgeving

Het sec vergelijken van de WHO-advieswaarden met de normen uit het Nederlandse geluidnormenstelsel in termen van decibellen is alleen zinvol als tegelijkertijd gekeken wordt naar de context van hetgeen de advieswaarden en de normen beogen en de uitgangspunten of afwegingen waarop ze gebaseerd zijn. Deze noodzaak wordt hier eerst toegelicht, voordat de onderzoeksvragen en –methoden worden beschreven.

Belang van context voor de vergelijking
De gezondheidskundige advieswaarden van de WHO zijn gebaseerd op de laatste stand van kennis over blootstelling aan en respons op omgevingsgeluid. De WHO heeft voor het vaststellen van advieswaarden criteria opgesteld over de te beschouwen gezondheidseffecten, de te beschermen populatie en de mate van bescherming.

Traditioneel beoordelen beleidsmakers de milieukwaliteit met normen (bijvoorbeeld streefwaarden en grenswaarden). In Nederland geldt daarbij vaak als uitgangspunt dat onnodige belasting van de omgevingskwaliteit moet worden vermeden of dat de milieubelasting zo laag als redelijkerwijs mogelijk moet zijn. Mens en milieu worden beschermd tegen maatschappelijk onaanvaardbaar geachte gezondheids- en milieurisico's [13] [14]. Zolang geluidniveaus en concentraties onder de norm blijven, 'zijn gezondheidsrisico's verwaarloosbaar'. Maar milieunormen hebben niet altijd alleen een gezondheidskundige basis. Volgens Roels et al. [13] zijn er veel factoren die invloed hebben op de uiteindelijke norm: de aard van de omgevingsfactor, moet/kan er rekening worden gehouden met beleving, de manier waarop de norm is onderbouwd, de invloed van "Europa" in het betreffende beleidskader, het beschermingsdoel (de mens, gericht op voorkomen van schade), moet onderscheid worden gemaakt tussen bestaande en nieuwe situaties, etc.. Normen (moeten) leiden tot minder negatieve externe effecten en zouden moeten leiden tot externe baten, zoals schonere lucht of een veiligere woonomgeving. Maar elke norm heeft ook een prijs: normen beperken de vrijheid van individuen, bedrijven en/of overheden in hun activiteiten en kunnen leiden tot hogere productiekosten. Bij het formuleren van normen is daarom ook een transparante afweging van voor- en nadelen, kosten en baten van belang.

Een beleidsmatig vastgestelde norm hoeft niet identiek te zijn aan de gezondheidskundige advieswaarde. Er kunnen redenen zijn om van de gezondheidskundige advieswaarde af te wijken. Als de achtergronden en

afwegingen van deze afwijking niet transparant zijn, dan bemoeilijkt dit de interpretatie van de gezondheidskundige effecten van een eventuele normoverschrijding. Een norm die juridisch wordt aangeduid als grenswaarde, kan inhoudelijk een beperkte relatie met een gezondheidskundige advieswaarde hebben [13].

Aspecten waarop is gelet bij de vergelijking
Bij de vergelijking van de WHO-richtlijnen met de Nederlandse wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid is op de volgende aspecten gelet:

1) Wat beogen de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel en wat zijn de (bescherm)doelen?
2) Wat is de aanleiding en op welke problematiek is de aanpak gericht?
3) Hoe zijn de WHO-richtlijnen en het Nederlands stelsel tot stand gekomen? Wat is de wetenschappelijke en/of maatschappelijke onderbouwing van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel?
4) Hoe zien de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel er uit en welke soort normtypen zijn er in opgenomen?

Voor de vergelijking van de WHO-richtlijnen met de Nederlandse wet- en regelgeving is gebruik gemaakt van diverse bronnen:

- Het WHO-richtlijnen rapport [2] en de acht bijbehorende evidence reviews [15-23];
- De Nederlandse wet- en regelgeving voor geluid: eigen literatuuronderzoek en een notitie opgesteld door de Universiteit Utrecht [24]. Om de Nederlandse wet- en regelgeving voor geluid te kunnen beoordelen voor de aspecten in de bovengenoemde vragen, heeft het RIVM aan de Juridische faculteit van de Universiteit van Utrecht opdracht gegeven om de historische ontwikkelingen van geluidsnormen voor weg-, rail,- en vliegverkeer op een rij te zetten en daarbij te kijken naar de overwegingen die een rol hebben gespeeld.
- De adviezen van de Gezondheidsraad uit 1971/1972, 1994 en 2004 [25-27].

Voor het vergelijken van de Nederlandse normen met de geluidnormen uit andere Europese landen verwijzen we naar het rapport dat is opgesteld door M+P voor het EPA Network Interest Group on Noise Abatement (IGNA) [28]. Diverse landen zijn momenteel bezig de WHO-richtlijnen en het eigen beleid te vergelijken. Op diverse congressen en bijeenkomsten worden de conceptresultaten besproken.

Box 1: Belangrijkste resultaten van de vergelijking van geluidnormen uit andere Europese landen met de WHO-richtlijnen

Diverse Europese landen, zoals Duitsland, Polen en Engeland, zijn op dit moment aan het onderzoeken hoe de WHO-richtlijnen zich verhouden tot hun landelijke normenstelsel en op welke manier ze de WHO- richtlijnen kunnen gebruiken in hun eigen beleid. Duitsland heeft dit beschreven in het rapport 'WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region' [29].
Een overzicht van geluidnormeringen in 29 Europese landen is recent in opdracht van de Interest Group on Traffic Noise Abatement (IGNA) opgesteld [28]. Hieruit komt het volgende beeld naar voren:

- de meeste landen hebben wetgeving voor L_{day} en L_{night};
- er is een grote variatie in de hoogte van de normen per geluidbron. Deze hebben een range van 20 dB of meer;
- een kwart van de landen heeft minder strenge normen voor rail dan voor wegverkeer ('railbonus');
- 80% tot 90% van de onderzochte landen heeft normen voor weg- en railverkeer die soepeler zijn dan de WHO-advieswaarden. 60% heeft normen voor windturbines die soepeler zijn dan de WHO-advieswaarden. Alle landen hebben normen voor luchtvaart die soepeler zijn dan de WHO-advieswaarden;
- veel landen hebben normen die gedifferentieerd zijn naar het soort gebied, zoals stadscentra, woonwijken en gemengde zones;
- normen hebben verschillende doelen of functies (streefwaarde, limietwaarde) en ook het toepassingsgebied (nieuwbouw, bestaand) verschilt;
- de mogelijke acties bij overschrijding van normen zijn heel divers: geldboetes, bron- en overdrachtsmaatregelen, gevelisolatie, verbod.

2.2 Mogelijkheden om het Nederlandse geluidbeleid te versterken

In het tweede deel van dit rapport zijn de verschillende opties voor de versterking van het beleid opgenomen. Maar voordat we deze opties presenteren, laten we eerst zien hoe groot de ziektelast door omgevingsgeluid in Nederland op dit moment wordt geschat en hoe deze ziektelast is verdeeld over de verschillende geluidsniveaus. Daardoor krijgen we ook een beeld van de omvang van de ziektelast onder de Nederlandse bevolking bij overschrijding van de door de WHO opgestelde gezondheidskundige advieswaarden en een aantal belangrijke normen uit het Nederlandse geluidbeleid. Voor de in deze rapportage gepresenteerde ziektelastberekeningen maken we gebruik van de resultaten van recente schattingen van de omvang van het aantal mensen in Nederland dat negatieve effecten door omgevingsgeluid ondervindt. De methoden staan beschreven in een aparte rapportage: Van Kempen et al. [1] .

De opties waarmee we denken dat het beleid kan worden versterkt, komen voort uit de vergelijking van de uitgangspunten voor de WHO-richtlijnen met de Nederlandse wet- en regelgeving. Daarbij worden de beschikbare instrumenten betrokken. Het betreft opties gericht op het verminderen van negatieve gezondheidseffecten vanwege de blootstelling aan omgevingslawaai. Het gaat hierbij om opties op

hoofdlijnen. Daar waar mogelijk hebben we wen verdere concretisering gemaakt voor de specifieke geluidbron.

Naar aanleiding van het verschijnen van de WHO-richtlijnen heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, los van het verschijnen van de Motie Schonis, een aantal concrete maatregelen laten onderzoeken. De resultaten van deze onderzoeken zijn terug te vinden in de rapporten zoals vermeld in bijlage 3. Voor een aantal gevallen zijn ook de bijbehorende consequenties opgenomen in de rapportages.

Deel I: Hoe verhouden de WHO-richtlijnen zich tot de huidige (inter)nationale wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid?

3 De WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid

In dit hoofdstuk worden het doel en de totstandkoming van de WHO-richtlijnen toegelicht. Daarbij hebben gezondheidskundige overwegingen een belangrijke rol gespeeld.

- De WHO heeft de Benchmark Dosis Methode gebruikt voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden. Daarvoor is voor verschillende wetenschappelijk relevante uitkomstmaten bepaald bij welke geluidniveaus zich relevante effecten voordoen.
- Daarbij heeft de WHO voor een aantal van te voren vastgestelde relevante responsen met behulp van blootstelling-respons relaties bepaald bij welke geluidniveaus deze zich voordeden. Uiteindelijk koos de WHO ervoor om 10% ernstige hinder en 3% ernstige slaapverstoring als relevante respons te benoemen. Dit was leidend voor het afleiden van advieswaarden.
- Bij het vaststellen van de gezondheidskundige advieswaarden is gebruik gemaakt van de nieuwste BR-relaties. Deze zijn gebaseerd op verschillende internationale studies en afgeleid als onderdeel van evidence reviews.

3.1 Wat is het doel van de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid?

De WHO heeft nieuwe richtlijnen voor omgevingsgeluid beschreven in het document "Environmental Noise Guidelines for the European Region" [2]. Dit document bevat gezondheidskundige advieswaarden en aanbevelingen gericht op de bescherming van de gezondheid van mensen tegen de negatieve effecten van omgevingslawaai. De richtlijnen zijn bedoeld om beleidsmakers en andere (lokale) professionals, zoals onderzoekers of adviseurs, te ondersteunen bij het opstellen van regels, beleid of advies over geluid en gezondheid. De richtlijnen zijn een hulpmiddel om te stimuleren dat gezondheid beter wordt meegenomen in het geluidbeleid. Het zijn geen normen of wettelijke waarden.

Al sinds 1980 stelt de WHO de nadelige gevolgen van omgevingslawaai aan de orde: als onderdeel van de Environmental Health Criteria werden destijds de eerste community guidelines voor omgevingslawaai gepubliceerd [30]. Daarna heeft de WHO onder meer in 1999 richtlijnen over geluid [31] uitgebracht. In bijlage 2.1 staat een nadere toelichting over de geschiedenis van gezondheidskundige richtlijnen voor geluid. De nieuwe richtlijnen zijn ontwikkeld door het Regional Office for Europe van de WHO en zijn gericht op de Europese regio.

3.2 Wat is de aanleiding voor het opstellen van nieuwe richtlijnen?

De aanleiding voor het opstellen van nieuwe WHO-richtlijnen is drievoudig [32]:

In het zevende Algemene milieuactie-programma voor de Europese Unie voor de periode tot en met 2020, getiteld "Goed leven, binnen de grenzen van onze planeet", heeft de EU vastgelegd dat men (binnen de grenzen van wat mogelijk is) de geluidbelasting zodanig wil verlagen, dat de geluidniveaus dichter bij de niveaus komen die door de WHO worden

aanbevolen [33]. Een belangrijk instrument om dit doel te realiseren is de in hoofdstuk 1 genoemde EU-richtlijn Omgevingslawaai (END) [6]. Deze heeft als doel in Europa een gemeenschappelijke aanpak te voeren om schadelijke effecten van de blootstelling aan omgevingslawaai te voorkomen, vermijden of verminderen. In de END is ook vastgelegd hoe het geluid in kaart moet worden gebracht (Annex II) en hoe de nadelige gezondheidseffecten van geluid kunnen worden bepaald (Annex III).

Ten tweede zijn sinds de publicatie van de vorige WHO-richtlijnen in 1999 [31] voor geluid nieuwe onderzoeken uitgevoerd naar de effecten van de blootstelling aan omgevingsgeluid op gezondheid. De resultaten van deze onderzoeken waren dusdanig dat een herziening van de richtlijnen wenselijk was:

- In deze nieuwe onderzoeken werden de effecten op een aantal nieuwe gezondheidseindpunten geconstateerd, zoals beroerte, diabetes, obesitas.
- Er zijn diverse onderzoeken verschenen waarin werd gekeken naar effecten van andere bronnen dan alleen geluid van weg- en vliegverkeer: geluid van railverkeer, geluid van windturbines en recreatief geluid.
- De WHO heeft in 2009 gezondheidskundige richtlijnen voor de blootstelling aan nachtelijk geluid [34] gepubliceerd: de Night Noise Guidelines for Europe.

Voor meer achtergrondinformatie over de geschiedenis van de WHO-richtlijnen van geluid, zie bijlage 2.

Ten slotte heeft ook de verklaring die de Europese ministers tijdens de Vijfde Ministeriële Conferentie Leefmilieu en Gezondheid in Parma op 12 maart 2010 hebben aangenomen een kleine rol gespeeld. Met deze verklaring hebben zij onder meer afgesproken de negatieve impact van omgevingslawaai op de gezondheid te reduceren. De tekst is goedgekeurd door de 53 lidstaten die deelnamen aan deze conferentie. Met deze verklaring werd de WHO gevraagd om nieuwe, geschikte richtlijnen op te stellen [32, 35].

3.3 De WHO-richtlijnen: gezondheidskundige advieswaarden verwerkt in aanbevelingen

In de WHO-richtlijnen worden voor verschillende bronnen gezondheidskundige advieswaarden gepresenteerd. Het gaat om jaargemiddelde geluidniveaus, uitgedrukt in L_{den} of $L_{night,}$ voor buitenniveaus op de hoogst belaste gevel. De definitie van de geluidbelasting die de WHO heeft gehanteerd, komt overeen met de definitie die wordt gebruikt in de EU-richtlijn Omgevingslawaai en Nederlandse wet- en regelgeving.
De gezondheidskundige advieswaarden voor de verschillende bronnen zijn door de WHO verwerkt in aanbevelingen. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.1. Het afleiden en opstellen van de gezondheidskundige advieswaarden en bijbehorende aanbevelingen is verlopen volgens de regels van het "WHO Handbook for Guideline Development" [36]. Dit handboek voorziet in een duidelijk kader om op systematische wijze bewijsmateriaal te gebruiken als basis voor de ontwikkeling van aanbevelingen ter bescherming van de volksgezondheid.

Tabel 3.1 De WHO-richtlijnen voor geluid van weg, vlieg en railverkeer en windturbines samengevat (Bron: [2]).

Bron	**Aanbeveling†‡**
Wegverkeer	De Guideline Development Group (GDG) doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus door wegverkeer te reduceren tot onder **53 dB (L_{den})**, omdat het geluid van wegverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus van wegverkeer te reduceren tot **45 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van wegverkeer boven dit niveau wordt geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG de sterke aanbeveling dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van wegverkeer boven de advieswaarden voor de dag en voor de nacht. Voor specifieke interventies, raadt de GDG aan om het geluidniveau bij de bron en op de route tussen de bron en de populatie te verminderen door veranderingen in de infrastructuur.
Railverkeer	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus van railverkeer te reduceren tot onder **54 dB (L_{den})**, omdat het geluid van railverkeer boven dit niveau wordt geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus van railverkeer te reduceren tot **44 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van railverkeer boven dit niveau is geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG de sterke aanbeveling dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van railverkeer boven de advieswaarden voor de dag en voor de nacht. Er is niet voldoende bewijs voor het gebruik van de ene interventie ten gunste van de andere
Vliegverkeer	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de geluidniveaus van vliegverkeer te reduceren tot onder **45 dB (L_{den})**, omdat het geluid van vliegverkeer boven dit niveau wordt geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten
	De GDG doet de **sterke aanbeveling** om de nachtelijke geluidniveaus van vliegverkeer te reduceren tot **40 dB (L_{night})**, omdat het nachtelijk geluid van vliegverkeer boven dit niveau wordt geassocieerd met negatieve effecten op de slaap
	Om gezondheidseffecten te vermijden, doet de GDG de sterke aanbeveling dat er door beleidsmakers passende maatregelen worden genomen om bevolkingsgroepen te beschermen tegen blootstelling aan geluidniveaus van vliegverkeer boven de richtlijnen voor de dag en voor de nacht. Voor specifieke interventies raadt de GDG aan om geschikte aanpassingen te doen in de infrastructuur.
Windturbines	De GDG **beveelt aan om te overwegen** om de geluidniveaus die worden geproduceerd door windturbines te reduceren tot onder **45 dB (L_{den})**, omdat het geluid van windturbines boven dit niveau wordt geassocieerd met negatieve gezondheidseffecten

Bron	Aanbeveling†‡
	Er worden **geen aanbevelingen** gegeven over de blootstelling aan **nachtelijke geluidniveaus** veroorzaakt door windturbines. De kwaliteit van de bewijslast met betrekking tot de effecten van nachtelijke blootstelling is te laag om een aanbeveling te geven.
	De GDG beveelt ter overweging aan dat er door beleidsmakers geschikte maatregelen worden geïmplementeerd die ervoor zorgen dat de blootstelling van bevolkingsgroepen die zijn blootgesteld aan geluidniveaus van windturbines boven de WHO-richtlijn waarden, worden gereduceerd. Er is echter onvoldoende bewijs om de inzet van een bepaald type interventie aan te bevelen

† De voorgestelde advieswaarden betreffen jaargemiddelde buitenniveaus aan de hoogst belaste gevel; ‡ Bij het opstellen van de aanbevelingen heeft de WHO gebruik gemaakt van de GRADE ('Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation') methode [37]. Dit systeem kent voor een aanbeveling twee niveaus: sterk (strong) en ter overweging of zwak (conditional); Afkortingen: GDG = Guideline Development Group, L_{den} = Level-day-evening-night, L_{night} = Nachtelijk geluid niveau.

3.4 De afleiding van de gezondheidskundige advieswaarden

De gezondheidskundige advieswaarden die de WHO heeft opgenomen in haar richtlijnen, zijn in een aantal stappen tot stand gekomen. Deze stappen worden in deze paragraaf toegelicht.

3.4.1 Systematische beoordeling van bewijs in de literatuur

Voor een aantal door de WHO geselecteerde gezondheidseffecten is door het Systematic Review Team[3] op systematische wijze gezocht naar bewijs in de literatuur om antwoord te vinden op de vraag "Is er een relatie tussen de blootstelling aan geluid veroorzaakt door weg,- rail, en vliegverkeer en windturbines en gezondheidseindpunten?". Dit bewijs is systematisch en methodologisch beoordeeld. Het resultaat is samengevat in de zogenoemde "evidence reviews"[4]. In totaal zijn er zeven evidence reviews uitgevoerd met de volgende onderwerpen:

- Hinder;
- effecten op slaap;
- effecten op leerprestaties en mentale gezondheid;
- effecten op het ongeboren kind;
- effecten op het cardiovasculaire en metabole systeem;
- effecten op het gehoor;
- effecten van interventies.

De resultaten van de evidence reviews zijn gepubliceerd in een speciale uitgave van het "peer-reviewed" International Journal of Environmental Research and Public Health[5]. [15-20, 22, 23] Verdere achtergronden van de evidence review over de effecten op het cardiovasculaire en metabole systeem zijn gepubliceerd in een RIVM-rapportage [21]. In bijlage 2.2

[3]. Het Systematic Review Team (SRT) is een groep van experts op het gebied van geluid en gezondheid. Hun rol was om alle relevante literatuur te reviewen in het licht van de richtlijnen. Twee onderzoekers van het RIVM maakten deel uit van het SRT.

[4] Een evidence review is een literatuuroverzicht dat op een gestructureerde wijze wordt uitgevoerd. Op basis van een vraagstelling wordt gezocht in meerdere elektronische databases. In- en exclusiecriteria worden gehanteerd om de in aanmerking komende artikelen te selecteren. De artikelen worden beoordeeld op methodologische kwaliteit en de benodigde gegevens uit de artikelen geëxtraheerd. Indien mogelijk worden de resultaten van de afzonderlijke onderzoeken samengevat tot één overall schatting van het bestudeerde effect (meta-analyse). Het resultaat wordt op transparante en reproduceerbare wijze gerapporteerd. Omdat de WHO zich voor de richtlijnen wil baseren op het best beschikbare bewijsmateriaal, moesten de auteurs van de reviews ook een oordeel geven over de kwaliteit van de gevonden bewijslast.

staat een nadere toelichting over de gevolgde werkwijze in de verschillende evidence reviews.

3.4.2 Bepaling van relevante doses

Bij het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden heeft de WHO gebruik gemaakt van de Benchmark Dosis Methode (BMD) [38]. Deze methode wordt vaak toegepast in de toxicologie, maar kan ook worden toegepast op epidemiologische data. De belangrijkste benodigdheden om deze methode te kunnen toepassen zijn (i) een van te voren vastgestelde relevante respons, en (ii) een blootstelling-respons (BR) relatie. Een BR-relatie is een wiskundige beschrijving waarmee de samenhang tussen de blootstelling aan geluidniveaus, veroorzaakt door een geluidbron, en de bijbehorende respons (bijvoorbeeld de kans op ernstige hinder of de kans op het krijgen van een hartinfarct) kan worden beschreven.

Het afleiden van gezondheidskundige advieswaarden met de Benchmark Dosis Methode is in een aantal stappen verlopen. Als eerste stap moest voor een aantal van te voren vastgestelde gezondheidseindpunten die de WHO relevant en tevens kritisch achtte voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden, worden bepaald wanneer de respons bij de blootgestelde populatie relevant (bijv. in vergelijking met een referentie) werd bevonden. Deze relevante respons wordt ook wel aangemerkt als benchmarkrespons (BMR) en werd vastgesteld op basis van "expert judgement": deskundigen hebben op basis van hun kennis en ervaring een inschatting gemaakt. In tabel 3.2 wordt een overzicht gegeven van de gezondheidseindpunten die door de WHO als relevant en kritisch werden geacht voor het afleiden van gezondheidskundige advieswaarden met de bijbehorende door de WHO vastgestelde relevante respons (BMR). Uit de tabel blijkt bijvoorbeeld dat de WHO 10% ernstige hinder een maximaal acceptabele respons vindt. Ook wordt een relatieve toename van 5% van het risico op coronaire hartziekten nog acceptabel gevonden.

*Tabel 3.2 Overzicht van de door de WHO vastgestelde relevante respons voor relevante gezondheidseindpunten die volgens de WHO kritisch waren voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden.**

Gezondheidseindpunt	**BMR**
Incidentie van coronaire hartziekten	5% toename in RR
Incidentie van hypertensie	10% toename in RR
Percentage ernstige slaapverstoring	3% absolute toename
Percentage ernstige hinder	10% absolute toename
Permanent gehoorverlies	Geen toename
Begrijpend lezen en mondeling begrip	Een maand vertraging in leesjaren

*Let op: Naast de gezondheidseindpunten in deze tabel waren er ook andere gezondheidseindpunten die de WHO wel relevant achtte in relatie tot de blootstelling aan geluid, maar niet kritisch voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden. Het betrof de effecten op het ongeboren kind, effecten op kwaliteit van leven, welzijn en mentale gezondheid, en metabole uitkomsten zoals diabetes en obesitas. Afkortingen: BMR = Benchmark respons, ofwel de relevante respons. RR = Relatief Risico

Over het algemeen is een gezondheidskundige advieswaarde een blootstellingsniveau waarbij de kans op het optreden van een nadelig gezondheidseffect naar redelijke verwachting nul of (zeer) klein is [38].

Uit tabel 3.2 blijkt dat de WHO daar in haar richtlijnen van afwijkt: ze heeft er voor gekozen om voor een aantal gezondheidseindpunten (bijv. coronaire hartziekten, hypertensie, ernstige hinder, slaapverstoring) het risico op het krijgen van een van deze gezondheidseffecten tot een zeker niveau acceptabel te vinden.

Nadat voor de verschillende relevante en tevens kritische gezondheidseindpunten de relevante respons of BMR was vastgesteld, moest worden bepaald welke dosis bij deze vooraf vastgestelde relevante respons hoort. Dit is de Benchmark Dosis (BMD). Om de verschillende BMDs te bepalen heeft de WHO gebruik gemaakt van de BR-relaties die waren afgeleid voor verschillende gezondheidseindpunten als onderdeel van de evidence reviews. Voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring was dit relatief eenvoudig omdat de "volledige" BR-relatie beschikbaar was [15, 19]. Voor zowel coronaire hartziekten als hypertensie was het lastiger, omdat voor beide effecten alleen een associatiemaat beschikbaar was: Het risico op het krijgen van hypertensie of coronaire hartziekten door geluid werd uitgedrukt als RR per 10 dB. Bovendien konden op basis van de beschikbare data geen conclusies worden getrokken over een drempelwaarde [20, 21]. Een drempelwaarde is het geluidniveau vanaf waar de kans op het krijgen van bijvoorbeeld coronaire hartziekten begint toe te nemen. In plaats van een drempelwaarde besloot de WHO in haar richtlijnen document uit te gaan van het laagste blootstellingsniveau dat was gemeten in de studies waarop de BR-relatie voor respectievelijk de incidentie van coronaire hartziekten en de incidentie van hypertensie was gebaseerd.

Nadat voor de verschillende relevante en tevens kritische gezondheidseindpunten een relevante dosis of BMD was vastgesteld, werd op basis van de prioriteit die een gezondheidseindpunt had, en het laagste blootstellingsniveau een gezondheidskundige advieswaarde afgeleid. Deze prioritering lichten we kort toe.

De WHO heeft de relevante en kritische gezondheidseindpunten geprioriteerd op basis van wegingsfactoren ("severity weights"). Deze zijn door de WHO al eerder gebruikt voor de berekening van het aantal disability-adjusted life years (DALYs) door omgevingsgeluid [39]. Met behulp van wegingsfactoren wordt de ernst van een ziekte uitgedrukt.

Verder heeft de WHO bij het prioriteren van de gezondheidseindpunten rekening gehouden met:

(i) de kwaliteit van de beschikbare bewijskracht voor een relatie met omgevingsgeluid,
(ii) de mogelijkheid om het betreffende gezondheidseindpunt op een valide manier te kunnen meten/vaststellen (in relatie tot geluid), en
(iii) de maatschappelijke impact van het betreffende gezondheidseindpunt.

Ad (i) De kwaliteit van de beschikbare bewijskracht voor een relatie met omgevingsgeluid is voor de verschillende eindpunten bepaald als onderdeel van de 'evidence reviews' (zie ook bijlage 2.2). Daarbij hebben de auteurs van de evidence reviews gebruik moeten maken van de GRADE-methode [37]. In bijlage 2 wordt de werking van deze

methode toegelicht. De kwaliteit van de bewijslast is iets anders dan de sterkte van de associatie die wordt gevonden tussen de blootstelling aan geluid en het betreffende gezondheidseindpunt. De sterkte van een associatie kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt met behulp van een associatiemaat (bijvoorbeeld een RR). Deze associatiemaat kan afkomstig zijn van een enkele studie, maar kan ook zijn bepaald door de resultaten van verschillende studies met elkaar te combineren (meta-analyse). Wanneer met behulp van GRADE een uitspraak wordt gedaan over de kwaliteit van de bewijslast, dan wordt gekeken naar alle beschikbare studies van een zekere kwaliteit waarin de betreffende relatie is onderzocht. Soms is er slechts één studie beschikbaar; in andere gevallen zijn er meerdere studies beschikbaar. Wanneer op basis van de GRADE methode wordt geconcludeerd dat voor een bepaald eindpunt de kwaliteit van de bewijslast "zeer laag" is, wil dat *niet* zeggen dat geluid niet gerelateerd is aan het betreffende eindpunt. Het wil alleen maar zeggen dat op dat moment (nog) geen studies van hoge kwaliteit beschikbaar zijn die laten zien dat geluid met het betreffende gezondheidseindpunt is gerelateerd. Dit was bijvoorbeeld het geval voor de associatie tussen geluid van vliegverkeer en de incidentie voor coronaire hartziekten. Ten tijde van het uitvoeren van de evidence review [20, 21] voor de effecten van geluid op het cardiovasculaire systeem waren er slechts twee ecologische studies [40, 41] beschikbaar waarin de associatie tussen geluid van vliegverkeer en de incidentie van coronaire hartziekten werd onderzocht. Cohort studies of patiënt-controle studies waarin het effect van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op de incidentie werd onderzocht waren destijds niet voorhanden. Na samenvoeging van de resultaten van de twee ecologische studies werd een statistisch significant RR geschat van 1,09 per 10 dB (L_{den}) [20, 21]. Omdat de individuele kwaliteit van de twee ecologische studies als laag werd aangemerkt, werd de kwaliteit van de bewijslast op basis van GRADE als "zeer laag" beoordeeld. Inmiddels zijn er een aantal nieuwe cohort- en patiënt-controle studies verschenen waarin de relatie tussen geluid van vliegverkeer en de incidentie van coronaire hartziekten is onderzocht [42-44].

Ad (ii) Als onderdeel van de evidence reviews is met meta-analyses voor een aantal van de geselecteerde gezondheidseindpunten een BR-relatie afgeleid. Met een BR-relatie kan worden uitgedrukt hoeveel effect er bij een bepaalde blootstelling is te verwachten. Gecombineerd met gegevens van de verdeling van geluidniveaus over de bevolking, kunnen ze worden gebruikt om een schatting te maken van het aantal mensen dat negatieve effecten ondervindt door de blootstelling aan geluid. Meer achtergrondinformatie over BR-relaties is terug te vinden in bijlage 2.3. In Van Kempen et al [1] zal specifiek worden in gegaan op de BR-relaties die er voor de verschillende gezondheidseindpunten momenteel beschikbaar zijn. Hiervan maken ook de BR-relaties deel uit die zijn afgeleid op basis van de verschillende evidence reviews. In bijlage 2.4 is apart voor geluid van windturbines weergegeven hoe men tot een relevante dosis is gekomen. Voor geluid van windturbines waren er als onderdeel van de evidence reviews namelijk geen bruikbare BR-relaties afgeleid.

Ad (iii) De WHO heeft bij het vaststellen van de gezondheidskundige advieswaarden gelet op de maatschappelijke impact. Hierbij is, onder

andere, gekeken naar hoeveel mensen leiden aan het betreffende gezondheidseindpunt en hoe gevoelig het eindpunt is voor maatregelen.

In box 2 wordt weergegeven hoe het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarde door middel van de Benchmark Dosis methode voor wegverkeer in zijn werk is gegaan. Voor geluid van rail –, vliegverkeer en windturbines heeft een vergelijkbaar proces plaatsgevonden.

Box 2. Afleiding van de gezondheidskundige advieswaarde voor geluid van wegverkeer

Tabel.3.2 Relevante doses vastgesteld voor de verschillende kritische gezondheidseffecten ten gevolge van de blootstelling aan geluid van wegverkeer

Gezondheidseindpunt	**Relevante respons**	**BR-relatie**	**Laagst gemeten geluidniveau***	**Relevante Dosis**	**Kwaliteit van de bewijslast†**
Incidentie coronaire hartziekten	RR = 1,05	RR = 1,08 per 10 dB (L_{den})	53 dB (L_{den})	59,3 dB (L_{den})	Hoog
Incidentie hypertensie	RR = 1,10	NB	NB	NB	Laag
Prevalentie ernstige hinder	10% ernstige hinder	%EH = 78,9270 - 3,1162*L_{den} + 0,0342*L_{den}^2	40 dB (L_{den})	53,3 dB (L_{den})	Matig
Permanent gehoorverlies	Geen extra risico	NB	NB	NB	NB
Begrijpend lezen	1 maand vertraging	NB	NB	NB	Zeer laag
Prevalentie ernstige slaapverstoring	3% ernstige slaapverstoring	%ES = 19,4312 – 0,9336*L_{night} + 0,0126*L_{night}^2	43 dB (L_{night})	45,4 dB (L_{night})	Matig

Afkortingen: RR = Relatief Risico, dB = decibel, %EH = Percentage ernstige hinder, %ES = Percentage ernstige slaapverstoring, NB = Niet Beschikbaar. *Laagst gemeten geluidniveau dat is gemeten in de studies waarop in de betreffende evidence review de BR-relatie is gebaseerd. † Kwaliteit van het beschikbare bewijs volgens GRADE [37].

In bovenstaande tabel zijn voor wegverkeer de relevante doses weergegeven die de WHO heeft afgeleid voor de van te voren vastgestelde relevante responsen (ook weergegeven in tabel 3.2). Zo heeft de WHO op basis van de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van coronaire hartziekten (RR = 1,08 per 10 dB (L_{den})) [20, 21] bepaald dat ten opzichte van het laagste geluidniveau van 53 dB, de relevante respons (RR = 1,05) wordt bereikt bij een geluidniveau van 59,3 dB (L_{den}). Volgens de WHO kon de kwaliteit van de bewijslast voor een relatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van wegverkeer als "hoog" worden aangemerkt. Met behulp van de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder, afgeleid door Guski et al [19] en een startwaarde van 40 dB (L_{den}), heeft de WHO bepaald dat bij een geluidniveau van 53,3 dB (L_{den}) men 10% kans heeft

om ernstig gehinderd te zijn door geluid van wegverkeer. Helaas waren er op basis van de evidence reviews geen bruikbare BR-relaties beschikbaar die de associatie tussen geluid van wegverkeer en het risico op hypertensie, permanent gehoorverlies of begrijpend lezen beschreven. Daarnaast werd de kwaliteit van de beschikbare bewijslast voor deze eindpunten in relatie tot de blootstelling aan geluid van wegverkeer ook nog eens beoordeeld als "zeer laag" tot "laag". Op basis van de relevante toename in de kans op ernstige hinder (zie ook tabel 3.2) heeft de WHO uiteindelijk een gezondheidskundige advieswaarde voor de blootstelling aan geluid van wegverkeer vastgesteld op 53,3 dB (L_{den}). Ook voor personen die zijn blootgesteld aan geluidniveaus door wegverkeer die lager zijn dan 53,3 dB (L_{den}) is een kans op ernstige hinder. Voor de overige kritische gezondheidseindpunten wordt de kans dat ze optreden bij geluidniveaus van wegverkeer lager dan 53,3 dB (L_{den}) echter verwaarloosbaar geacht. In aanvulling op de gezondheidskundige advieswaarde van 53,3 dB (L_{den}) is er apart voor de blootstelling aan geluid van wegverkeer tijdens de nacht ook een gezondheidskundige advieswaarde afgeleid. Deze waarde, die door de WHO is vastgesteld op 45,4 dB (L_{night}) is gebaseerd op de relatie tussen nachtelijk geluid van wegverkeer en het percentage ernstige slaapverstoring, afgeleid door Basner en McGuire [15]. Uiteindelijk heeft de WHO de gezondheidskundige advieswaarden afgerond op respectievelijk 53 dB (L_{den}) en 45 dB (L_{night}). Omdat de kwaliteit van het bewijslast door de WHO als voldoende werd beoordeeld, besloot de WHO deze te verwerken in een sterke aanbeveling.

3.5 Verwerken van gezondheidskundige advieswaarden in aanbevelingen

De WHO heeft de afgeleide gezondheidskundige advieswaarden vervolgens verwerkt in aanbevelingen: (i) aanbevelingen waarin de WHO adviseert het geluidniveau vanwege de betreffende bron te reduceren tot de voorgestelde gezondheidskundige advieswaarde. (ii) Om gezondheid optimaal te beschermen, wordt door de WHO aangeraden om de geluidbelasting door middel van passende maatregelen te verlagen tot gezondheidskundige advieswaarden.

Voor deze laatste groep van aanbevelingen baseert de WHO zich in belangrijke mate op de review van Brown en Van Kamp [16] over de effecten van interventies die in de literatuur beschreven zijn op het gebied van omgevingsgeluid. Doel van de review was om te onderzoeken wat het effect van verschillende interventies was op hinder en gezondheid.

Om tot aanbevelingen te komen heeft de WHO verschillende overwegingen gemaakt:

- De kwaliteit van de gevonden bewijslast voor effecten van de blootstelling aan omgevingsgeluid op de gezondheid.
- De verdeling van de blootstelling aan geluid van de betreffende geluidbron over de bevolking in Europa.
- De omvang van de ziektelast die wordt veroorzaakt door blootstelling aan de betreffende geluidbron. Dit geeft een indicatie van de te halen gezondheidswinst bij eventuele implementatie van de afgeleide advieswaarde.

- De maatschappelijke nadelen van het implementeren van maatregelen om te voldoen aan de advieswaarde. Daarnaast is nagegaan hoe deze opwegen tegen de maatschappelijke voordelen wanneer aan de advieswaarde zou worden voldaan.
- Nagegaan is hoe is de kans op blootstelling verdeeld is over de maatschappij.
- Er is een inschatting gemaakt van de kosten en baten van het implementeren van maatregelen waardoor geluidniveaus kunnen worden gereduceerd richting de voorgestelde gezondheidskundige advieswaarden.
- Er is gekeken naar de haalbaarheid van de onder het vorige punt aangeduide maatregelen. Daaronder wordt verstaan de mate van acceptatie van de kosten voor de maatschappij, en in hoeverre ze evenredig zijn verdeeld over de maatschappij.

Ook bij het opstellen van de aanbevelingen heeft de WHO gebruik gemaakt van de GRADE ('Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation') methode [37]. Dit systeem kent voor een aanbeveling twee niveaus (dit in tegenstelling tot kwaliteit van de bewijslast): sterk (strong) en ter overweging/zwak (conditional). Een sterke aanbeveling voor het verlagen van geluidniveaus tot een voorgestelde gezondheidskundige waarde betekent dat iedereen die boven deze niveaus is blootgesteld, gebaat zou zijn bij deze verlaging. Een aanbeveling weerspiegelt de zekerheid dat een maatregel of interventie om de blootstelling te reduceren tot het niveau van de voorgestelde advieswaarde, meer voordelen dan nadelen heeft.

Ter illustratie is in box 3 het proces van het opstellen van aanbevelingen uitgewerkt voor geluid van wegverkeer.

Box 3 Overwegingen die een rol hebben gespeeld bij het formuleren van aanbevelingen door de WHO voor wegverkeerslawaai.

Wegverkeer is volgens de WHO een van de meest wijdverspreide bronnen van omgevingsgeluid als het gaat om het aantal blootgestelde personen. Volgens het Europese Milieuagentschap (EEA) zijn in Europa naar schatting meer dan 100 miljoen mensen blootgesteld aan geluidniveaus van wegverkeer van meer dan 55 dB (L_{den}). Daarnaast zijn er in Europa meer dan 72 miljoen mensen blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus veroorzaakt door wegverkeer van meer dan 50 dB (L_{night}) [45]. Het is volgens de WHO niet waarschijnlijk dat de hoeveelheid geluid van wegverkeer de komende tijd significant zal afnemen [46]: Volgens gegevens van Eurostat zal het aantal personenauto's alleen maar toenemen [47]. Bovendien gaan er steeds meer mensen in de bebouwde omgeving (steden) wonen. Door de toenemende mobiliteit en de oprukkende bebouwing en infrastructuur zal de ruimtelijke afwisseling tussen stilte en lawaai op den duur echter verdwijnen. Naar verwachting zal daarom het aantal plekken in de stedelijke omgeving waar mensen kunnen genieten van rust en stilte in de toekomst afnemen [48].
Op basis van de ziektelastberekeningen die de WHO in 2011 [39] presenteerde, concludeert de WHO dat de ziektelast veroorzaakt door geluid van wegverkeer aanzienlijk is. De WHO verwacht daarom dat het mogelijk is om een aanzienlijke gezondheidswinst te kunnen behalen door het implementeren van de gezondheidskundige

richtlijnen voor geluid van wegverkeer. De WHO realiseert zich dat, afhankelijk van het type, maatregelen die het geluidniveau veroorzaakt door wegverkeer reduceren (zoals verkeersbeperkingen) ook nadelige effecten kunnen hebben op het vervoer van goederen of de mobiliteit van personen. Bijvoorbeeld: het geheel autovrij maken van een buurt of winkelgebied heeft natuurlijk het meeste effect op de geluidkwaliteit, maar stuit vaak op bezwaren van burgers en bedrijven. Echter, volgens de WHO wegen deze bezwaren en nadelige effecten niet op tegen de voordelen.
Speciaal in bebouwde omgevingen blijken mensen stille gebieden te waarderen als gezondheidsbevorderend [49-51]. Tegelijkertijd is de WHO zich er van bewust dat het gemak om je met bijvoorbeeld een personenauto zelfstandig te kunnen verplaatsen, door een groot gedeelte van de bevolking wordt gewaardeerd. Dit wordt ook wel geïllustreerd door het feit dat het aantal kilometers gereden door personenauto's onverminderd hoog blijft [46, 52]. Deze tegenstrijdige belangen leiden, volgens de WHO, tot verschillen tussen de personen die de negatieve gevolgen van geluid van wegverkeer ondervinden en de personen die de negatieve gevolgen van geluid van wegverkeer niet ondervinden. Uit onderzoek van Bristow et al [53] is gebleken dat naarmate personen zijn blootgesteld aan hogere geluidniveaus van wegverkeer bereid zouden zijn om meer te betalen voor de reductie van hun blootstelling.
De WHO benadrukt verder dat het risico op blootstelling aan geluid van wegverkeer niet evenredig is verdeeld over de maatschappij. Zo blijken mensen met een lagere sociaal-economische status (SES) vaker te wonen in gebieden met hogere geluidbelastingen en/of veel milieuvervuiling. Daarnaast is een lagere SES ook gerelateerd aan een verhoogde kwetsbaarheid en hebben mensen met een lagere SES vaak minder middelen om maatregelen te treffen tegen een hoge geluidbelasting of ander soort milieuvervuiling, zoals geld om te verbouwen of te verhuizen [54].
De WHO erkent dat een goede kosten-baten analyse voor maatregelen waarmee de blootstelling aan geluid en de negatieve effecten van geluid kunnen worden gereduceerd, voor Europa ontbreekt. Uit de review van Brown en Van Kamp [16] bleek dat er verschillende maatregelen zijn waarmee de blootstelling aan geluid van wegverkeer gereduceerd kan worden en de gezondheid van bewoners kan worden verbeterd. De benodigde middelen om deze interventies te implementeren verschillen en hangen af van het type interventie en de context. Volgens de WHO zijn in elk geval de volgende vier oplossingen kosteneffectief: de keuze voor stille banden, het gebruik van zeer open asfaltbeton (ZOAB), het bouwen van geluidsschermen en het vergroten van de geluidwering van de gevel door bijvoorbeeld aanbrengen van geluidisolatie [55].
Als het gaat over de haalbaarheid van het implementeren van deze interventies, is de WHO van mening dat veel van de genoemde oplossingen kunnen worden gepland als onderdeel van regulier onderhoud en worden versneld door het moderniseren van de wegverkeersvloot en de wegen. De WHO geeft een specifiek voorbeeld: stille banden en ZOAB zijn slechts een fractie duurder dan de bestaande banden en wegdekken.

Ten slotte heeft de WHO/GDG gekeken naar de bewijslast met betrekking tot interventies opgesteld door Brown & Van Kamp [16]. Daaruit bleek dat:

- Het aanpakken van de bron door maatregelen zoals het verbeteren van geschikte banden, toepassen van stiller wegoppervlak, invoeren van beperkingen voor vrachtverkeer, en/of het reduceren van de verkeersstroom de blootstelling aan geluid van wegverkeer kan reduceren.
- Interventies die de weg tussen bron en ontvanger beïnvloeden ("path interventions"), zoals geluidisolatie en geluidschermen, de blootstelling aan geluid, hinder en slaapverstoring reduceren.
- Aanpassingen van de infrastructuur zoals de constructie van tunnels, de blootstelling aan geluid, hinder en slaapverstoring reduceren.
- Andere fysieke interventies, zoals de beschikbaarheid van een stille zijde van een woning, de blootstelling aan geluid, hinder en slaapverstoring reduceren.

De WHO concludeerde dat het inderdaad mogelijk is om het geluidniveau veroorzaakt door wegverkeer te reduceren. Omdat daarvoor volgens de WHO al goede maatregelen bestaan, besloot de WHO een sterke aanbeveling te maken voor het reduceren van geluid van wegverkeer door maatregelen.
Tegelijkertijd is de WHO zich ervan bewust dat de kosten en baten van de voorgestelde oplossingen niet altijd evenredig verdeeld zijn over de maatschappij. De baten zullen vooral optreden bij mensen die wonen in de bewoonde omgeving (stad). De kosten zullen volgens de WHO echter breder moeten worden gedragen: door weggebruikers, bedrijven en publieke instanties

Ten slotte

Naast de WHO zijn er ook in Nederland instanties geweest die specifiek voor de Nederlandse situatie gezondheidskundige advieswaarden voor de blootstelling aan omgevingsgeluid hebben vastgesteld: het gaat om adviezen van de Gezondheidsraad uit 1971/1972, 1994, en 2004 en de GGD uit 2019 [25, 26]. Deze zullen in paragraaf 4.4 worden besproken.

4 Nederlandse wet- en regelgeving voor omgevingsgeluid

In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijnen voor de verschillende geluidbronnen beschreven hoe het huidige stelsel van wet- en regelgeving is opgebouwd en tot stand is gekomen. Ook worden de toekomstige ontwikkelingen geschetst. Aan het einde van dit hoofdstuk wordt de verdeling van de Nederlandse bevolking over niveaus veroorzaakt door de verschillende bronnen van omgevingsgeluid weergegeven.

- Aandacht voor hinder heeft geleid tot de ontwikkeling van geluidregelgeving. Bij afwegingen over geluidnormen hebben meerdere aspecten, waaronder gezondheid, mobiliteit, economie en woningbouw een rol gespeeld.
- De adviezen van de Gezondheidsraad gaan in op gezondheidskundige advieswaarden en hebben een rol gespeeld bij de totstandkoming van de huidige geluidwetgeving.
- De Nederlandse regelgeving is gericht op preventie, het vastleggen van geluidbelasting (geluidruimte) en aanpakken van situaties met een onaanvaardbaar risico (sanering). Reductie van het aantal personen met negatieve gezondheidseffecten is niet het primaire doel.
- De regels voor de verschillende geluidbronnen zijn vastgelegd in separate wettelijke stelsels.
- Voor het vastleggen van geluidruimte bestaat een variëteit aan instrumenten. Voor sommige geluidbronnen geldt alleen een norm voor het gehele etmaal (L_{den}) en voor andere bronnen ook voor de nachtperiode (L_{night}). De vorm- en naamgeving is divers: voorkeurswaarden, maximale en grenswaarden, binnenwaarden, beperkingen aan ruimtegebruik of maximum aantal geluidbelaste woningen binnen bepaalde contouren.
- Het nieuwe stelsel van de Omgevingswet bevat aanzetten voor gezondheidsverbetering en de verruiming van decentrale afwegingsruimte. Volgens de Gezondheidsraad is het afwegen van het gezondheidsbelang geen garantie voor gezondheidsverbetering.
- In Nederland worden de meeste personen blootgesteld aan geluid afkomstig van wegverkeer, met name op gemeentelijke wegen. Circa 29% van hen (ofwel bijna 5 miljoen personen) wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de voorkeurswaarde. Het aantal personen dat wordt blootgesteld aan geluidniveaus van weg- of railverkeer hoger dan de maximale waarden is relatief beperkt.

4.1 Ontstaansgeschiedenis Nederlandse geluidregelgeving

De basis van de huidige geluidregelgeving in Nederland ontstond in de jaren zeventig van de vorige eeuw nadat in de jaren zestig het onderwerp geluidhinder op de politieke agenda kwam. In deze paragraaf wordt kort het ontstaan van de geluidsregelgeving en -beleid voor weg- en railverkeer, vliegverkeer en windturbines beschreven. Vervolgens wordt kort ingegaan op de gevolgen van deze ontstaansgeschiedenis

voor de onderbouwing van de normering en de rol van het gezondheidsbelang.

4.1.1 Ontstaan geluidbeleid en -regelgeving

Bij de ontwikkeling van de geluidregelgeving werd gekozen voor afzonderlijke wettelijke kaders voor geluid van weg- en railverkeer, vliegverkeer en (later) windturbines. In 1979 werd het beoordelingskader voor geluid van weg- en railverkeer vastgelegd in de Wet geluidhinder (Wgh). Deze wet richtte zich op het beperken en voorkomen van geluidhinder en bevatte normen voor de geluidbelasting op de gevel [56]. Later werden ook binnenwaarden in geluidgevoelige gebouwen toegevoegd [57]. Het beoordelingskader voor geluid van vliegverkeer werd elders geregeld, namelijk in de Luchtvaartwet uit 1978. De Luchtvaartwet ging uit van het reguleren van hinder en planologische maatregelen. Bij vormgeving van wettelijk beoordelingskader speelden de adviezen van de commissie Kosten uit de jaren zestig een belangrijke rol. De commissie moest advies uitbrengen over de te treffen maatregelen om ernstige geluidhinder veroorzaakt door vliegtuigen buiten luchtvaartterreinen te voorkomen c.q. te bestrijden [58]. Het kabinet gaf daarbij het volgende kader: men kon zich niet permitteren eenzijdig maatregelen te treffen die de ontwikkeling van de luchtvaart zouden belemmeren. Later werd de Luchtvaartwet vervangen door de huidige Wet Luchtvaart. De geluidbelasting door windturbines viel onder de regelgeving voor industrielawaai, met een norm van 50 dB(A) overdag, 45 dB(A) 's avonds en 40 dB(A) 's nachts. Het wettelijke kader met een aparte normstelling voor geluid van windturbines ontstond later.

Vanaf deze beginperiode werd geluidbeleid verder ontwikkeld en de regelgeving aangepast. In Nationale Milieubeleidsplannen (NMP's) werden doelstellingen opgenomen voor het voorkomen en terugdringen van geluidhinder door weg- en railverkeer [59-61]. Ook kwam er meer aandacht voor bronbeleid, innovatie en gebiedsgericht geluidbeleid [62].

In 2002 startte een traject voor de herziening van de geluidregelgeving voor wegen, rail en industriewaai onder de noemer "Samen werken aan de uitvoering van nieuw geluidbeleid" (Swung). Doelen bij deze herziening van de regelgeving waren de bescherming tegen onbeheerste groei van geluidbelastingen op geluidgevoelige gebouwen en locaties, de reductie van bestaande hoge geluidbelastingen en het bevorderen van bronbeleid. Voor de rijksinfrastructuur en hoofdspoorwegen werd in 2012 een systematiek met geluidsproductieplafonds geïntroduceerd en verschoof dit deel van geluidregelgeving naar de Wet milieubeheer[6] [63]. De herziening voor de overige wegen en lokaal spoor wordt in de tweede fase van Swung naar verwachting in 2021 ingevoerd. Dit gebeurt gelijktijdig met de integratie in de Omgevingswet via de Aanvullingswet Geluid en het Aanvullingsbesluit geluid [9] .

Voor het vliegverkeer werd in het Plan van Aanpak Schiphol en Omgeving met de bijbehorende Planologische Kernbeslissing (PKB) in

[6] De Wet geluidhinder en de Wet milieubeheer gebruikten verschillende termen die echter nagenoeg hetzelfde betekenen. De term geluidgevoelige object wordt in beide wetten gehanteerd, maar de Wet milieubeheer maakt geen onderscheid in woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen zoals de Wet geluidhinder. Voor de leesbaarheid is gekozen voor één term, die van de Wm.

1995 een beleidskader vastgelegd voor de uitbreiding van Schiphol en de hinderbeperking [64]. Deze PKB ging uit van een dubbele doelstelling: Schiphol kan zich ontwikkelen tot mainport, maar wel op een zodanige wijze dat dit gaat zonder verslechtering en deels zelfs met verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving. De milieudoelstellingen werden opgehangen aan drie planologische contouren voor 1) isolatie van geluidgevoelige gebouwen, 2) beperkingen aan nieuwbouw en 3) ambitie voor het begrenzen van het aantal ernstig gehinderden in 2003 ten opzichte van 1990. Later werd een nachtcontour toegevoegd, die werd gebaseerd op een BR-relatie voor het percentage slaapverstoorden in relatie tot geluidniveaus in de woning. Verdere beleidsvorming resulteerde in 2000 in de Nota Toekomst van de Nationale Luchthaven. Deze nota introduceerde een stelsel met nieuwe grenswaarden uitgedrukt in L_{den}.
Voor de geluidregelgeving voor Schiphol is van belang dat in 2003 in de Wet luchtvaart is vastgelegd dat het beschermingsniveau voor de omgeving niet mag verslechteren ten opzichte van het niveau beoogde beschermingsniveau van de PKB uit 1995 (gelijkwaardigheidsprincipe). In 2006 werd de Tafel van Alders ingesteld om het kabinet te adviseren over de ontwikkeling van Schiphol. De Alderstafels voor Eindhoven en Lelystad deden onder andere voorstellen over de condities waaronder de luchthavens Eindhoven en Lelystad zouden kunnen bijdragen aan de opvang van de groeiende vervoersvraag op Schiphol. In haar eindadvies adviseerde de Alderstafel over een nieuw normen- en handhavingsstelsel waarbij Schiphol kan door ontwikkelen met zo min mogelijk geluidhinder voor de omgeving [65]. Er werd onder meer voorgesteld het '50/50-principe' toe te passen. Dit houdt in dat wanneer geluidruimte ontstaat door hinderbeperkende maatregelen, die ruimte voor 50% mag worden gebruikt voor de luchthavenontwikkeling en 50% komt ten goede hinderbeperking voor de omgeving. In de rapportage over "Vlieggeluid: meten, rekenen en beleving" is een meer uitgebreide beschrijving van wet – en regelgeving voor vliegverkeer opgenomen[66].

Voor windturbines werd in 2011 een aparte normstelling vastgelegd in de Wet milieubeheer (Wm) en onderliggende regelgeving. Er werd gekozen voor de grenswaarden van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night}. Bij de behandeling van de L_{den}-normstelling in de Tweede Kamer in 2009 is een motie aangenomen om aanvullend een norm voor de L_{night} vast te stellen. Daaraan is uitvoering gegeven door voor de L_{night} een grenswaarde van 41 dB vast te stellen. Indien voldaan wordt aan de norm van ten hoogste 47 dB L_{den}, zal bij een turbine die in vol bedrijf is de 41 dB L_{night} bij uitzondering overschreden worden.
Na een Deens onderzoek naar een norm voor laagfrequent geluid van windturbines [67] is in 2013 onderzocht of ook in Nederland aanleiding was voor extra regelgeving voor windturbines. Uit onderzoek van onder meer het RIVM [68] bleek dat er onvoldoende reden was separate, aanvullende eisen te stellen voor het laagfrequente deel van het geluid: "De Nederlandse 47 dB L_{den}/41 dB L_{night} normen geven een mate van bescherming tegen laagfrequent geluid die goed vergelijkbaar is met de Deense norm, ook al is de werkelijke omvang van de bescherming nu nog niet precies bekend. Een en ander is afhankelijk van het type windmolen en het windmolenpark en de geluidwering van de woning."

Het Nederlandse geluidbeleid werd ook beïnvloed door het geluidbeleid van de Europese Unie (EU). Zo werd bijvoorbeeld in 2006 de Europese dosismaat L_{den} zo breed mogelijk ingevoerd in de Nederlandse geluidsregelgeving voor weg- en railverkeer. In de Wet milieubeheer een systematiek met geluidbelastingkaarten en actieplannen opgenomen. Deze systematiek is gebaseerd op de EU-richtlijn omgevingslawaai (END). Het doel van die EU-richtlijn is een gemeenschappelijke aanpak in Europa om schadelijke effecten van de blootstelling aan omgevingslawaai te voorkomen, vermijden of verminderen.

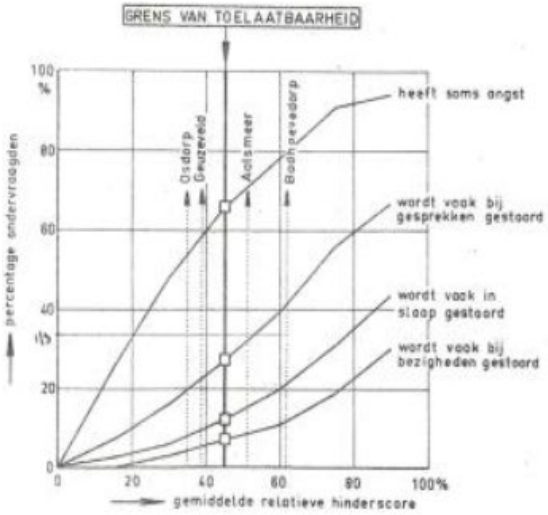
4.1.2 Gevolg ontstaansgeschiedenis voor geluidsnormen en belang van gezondheid

De ontstaansgeschiedenis van de beoordelingskaders voor geluid van wegen, rail, vliegverkeer en windturbines heeft gevolgen voor de onderbouwing van normen, de weging van belangen en de te beschermen groepen mensen. Deze gevolgen werken ook door in de huidige geluidregelgeving.

Hoewel de hinder voor de omgeving een belangrijke aanleiding was voor het ontwikkelen van de Nederlandse geluidregelgeving en geluidsnormen, werd bij het bepalen van de normen niet alleen gekeken naar het hinderaspect. Er werd ook gekeken naar gevolgen voor bijvoorbeeld stedenbouwkundige ontwikkelingen en economische groei. Deze afweging leidde bijvoorbeeld voor weg- en railverkeer tot een normstelling die gebaseerd was op een ‘vrij goede woonsituatie’ vanuit milieu-hygiënisch oogpunt [56]. Ook de limiet in de Luchtvaartwet is een compromis tussen de uitbreiding van de luchtvaart en de bescherming van omwonenden. Dit werd vervolgens uitgewerkt in een planologisch instrumentarium dat zorgde voor de verdeling van beschikbare (geluid)ruimte tussen economische belangen en de bescherming van woningen en andere geluidgevoelige objecten. Ter illustratie volgt een korte toelichting voor wegverkeer en vliegverkeer.

Voorbeeld wegverkeer:
De oorspronkelijke normen voor weg- en railverkeer in de Wgh waren gebaseerd op diverse onderzoeken van onder andere Rijkswaterstaat, TNO en de interdepartementale Commissie Geluidhinder [69, 70]. In de onderzoeken is niet alleen gekeken naar geluidhinder, maar ook naar gevolgen voor zaken als ruimtelijke ordening, verkeer en economie [70]. De grondslag voor de normstelling was de internationale norm ISO R-1996 uit 1971. Deze ISO-norm beval, overeenkomstig een advies van de Gezondheidsraad, een basiscriterium aan van 40 dB(A) voor gebieden met woonbebouwing, met correcties voor avond- en nachtperiode. Volgens de wetgever zouden echter een waarde van 45 dB(A) Leq en een waarde voor de nacht van 35 dB(A) tot onaanvaardbare gevolgen op stedenbouwkundig, financieel-economisch en verkeerkundig gebied. Daarom werd de voorkeurswaarde gesteld op 50 dB(A) overdag, 45 dB(A) voor de avondperiode en 40 dB(A) voor de nachtperiode. Voor railverkeer werd gekozen voor een 5 dB hogere norm dan voor wegverkeer omdat spoorweglawaai volgens studies bij een gelijk geluidniveau als minder hinderlijk werd ervaren.

Voorbeeld vliegverkeer:
In de Luchtvaartwet werd een grens van 25% ernstig gehinderden als uitgangspunt genomen met een bijbehorende geluidniveau van 35 Kosten Eenheden[7] (Ke) voor nieuwbouw van woningen. Deze grens is gebaseerd op onderzoek van de Cie Kosten: in opdracht van het toenmalige ministerie van Volksgezondheid moest worden vastgesteld bij welk geluidniveau eenderde van de bewoners aan de nog toelaatbare niveaus werden blootgesteld. De term "toelaatbaar" werd door de Cie Kosten gekoppeld aan "hinder in woonwijken". Voor het te voeren beleid was het dus van belang om te weten welk deel van de mensen in een woonwijk gehinderd was. Om deze informatie te achterhalen voerde de Cie Kosten een vragenlijstonderzoek uit in een aantal wijken rondom Schiphol. Anders dan wat nu gebruikelijk is, werd hinder gemeten met de Bitterschaal. Uiteindelijk bleek dat bij een hinderscore van 45 er sprake was van "overwegend matige hinder": bij eenderde van de bevolking was de tolerantie grens overschreden. De argumentatie daarvoor is echter onduidelijk.



Figuur 4.1 Het percentage bewoners die zich vaak gestoord voelen bij een gesprek, slaap of bezigheden. Ontleend aan de Adviescommisse Geluidhinder door Vliegtuigen (juni 1967) die in opdracht van de toenmalige Minister van Volksgezondheid moest bepalen bij welke geluidsbelasting de grens van toelaatbaarheid werd overschreden. Uiteindelijk bepaalde de Cie dat de grens van de totale lawaaibelasting in woonwijken op 45 eenheden moest worden gesteld, gezien de daarmee corresponderende weergegeven hinder ("overwegend matige hinder").

Het uiteindelijke uitgangspunt voor de luchtvaartnormen is 25% ernstige hinder. Uitgaande van de BR-relatie zoals afgeleid door Cie Kosten, wordt dit niveau op 35 Ke bereikt. De Ke gaat uit van het vliegverkeer gedurende het gehele etmaal en wordt bepaald voor de situatie buitenshuis. Daarbij worden vliegpassages met een maximaal geluidniveau lager dan 65 dB(A) $L_{A\ max}$ buiten beschouwing gelaten.

[7] De Kosten Eenheid (Ke) is ontworpen door en vernoemd naar professor Kosten, voorzitter van de adviescommissie Geluidhinder door Vliegtuigen.

Het geluidniveau van de nachtcontour (deze werd in 1996 ingevoerd) werd gebaseerd op een BR-relatie zoals beschreven in het Aanvullend Milieu-effectrapport Schiphol en omgeving ([71] in: [72]) . Bij deze BR-relatie wordt aangenomen dat door de geluidsisolatie van de woningen in het gebied het percentage slaapverstoorden niet toeneemt boven een geluidbelasting van 26 dB(A) (L_{AEq}23-06 uur, binnenwaarde). In het Besluit geluidbelasting grote luchtvaarterreinen (BGGL'81 en BGGL van 1 december 1996) werden beperkingszones gedefinieerd voor geluidscontouren van 35, 40, 45, 55 en 65 Ke. Deze zones hadden gevolgen voor de mate waarin woningbouw mogelijk was of (isolatie)maatregelen nodig waren.

Bij de vormgeving van beleid over geluidhinder door weg-, rail- en vliegverkeer werden doelstellingen en maatregelen vooral gericht op de bescherming van mensen tegen overlast van hoge geluidbelastingen. De Wet geluidhinder regelde deze bescherming voor nieuwe situaties. Voor het verkrijgen van een acceptabel geluidniveau bij bestaande woningen werd voor weg- en railverkeer gestart met een saneringsoperatie. Voor woningen met een hoge geluidbelasting werd bekeken of de geluidbelasting op de gevel verlaagd kon worden met bron- of overdrachtsmaatregelen. Anders werden gevelweringsmaatregelen uitgevoerd. Deze operatie[8] loopt nog. Deze trend was ook bij (grote) luchtvaart te zien. Woningen in de beperkingszone met een geluidbelasting hoger dan 65 Ke werden wegbestemd; deze zone gold als de sloopzone. Geluidgevoelige gebouwen met een geluidbelasting hoger dan 40 Ke moesten worden geïsoleerd; deze zone gold als een isolatiezone.

Het beoordelingskader voor windturbines is in een latere periode ontstaan, waardoor gebruik gemaakt kon worden van andere, nieuwe inzichten over hinder en gezondheid. Voor de invoering van de regelgeving in 2011 is getracht een neutrale normomzetting van de $L_{A,RT}$ voor industrielawaai naar de nieuwe maten L_{den} en L_{night} te maken. Dit is slechts bij benadering mogelijk omdat de $L_{A,RT}$ niet één op één om te rekenen is [73]. Voor de gekozen grenswaarde van 47 dB L_{den} bleek uit een vergelijking met de BR-relatie opgesteld door TNO [74] dat bij deze waarde circa 9% ernstige hinder kan worden verwacht (zie figuur 4.7). Deze norm werd als toereikend gezien vanuit het oogpunt van bescherming tegen geluidhinder omdat een dergelijk niveau van ernstige hinder goed vergelijkbaar is met het aantal ernstig gehinderden bij de normering voor wegverkeer, railverkeer en industrielawaai. Uit het onderzoek bleek ook dat geluid van windturbines bij gelijke belasting als hinderlijker wordt ervaren dan geluid van wegverkeer, railverkeer of industriële bedrijvigheid.

4.2 Huidige regelgeving omgevingsgeluid

In deze paragraaf wordt voor geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines, kort de huidige regelgeving beschreven. Met deze beschrijving pretenderen we niet volledig te zijn.

[8] Voor sanering langs rijks- en spoorwegen gebeurt dit via het Meerjarenprogramma Geluidsanering. De aanpak van de sanering langs gemeentelijke en provinciale wegen is de verantwoordelijkheid van de decentrale overheden (www.rijkswaterstaat.nl; www.mjpgspoor.nl; www.bureausaneringverkeerslawaai.nl)

4.2.1 *Algemeen*

De EU-richtlijn Omgevingslawaai (END) [6] is in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd, onder andere in artikel 11 van de Wet milieubeheer (Wm). Het doel van de END is te komen tot een gemeenschappelijke aanpak te voeren om schadelijke gevolgen van blootstelling aan omgevingslawaai te voorkomen, vermijden en verminderen. Zo is in een Annex (Annex III, END) aangegeven welke BR-relaties het beste gebruikt zouden kunnen worden om de omvang van negatieve effecten van geluid in de bevolking te bepalen. Het doel uit de END is in de Wm onder meer uitgewerkt in de verplichting tot het vijf jaarlijks actieplan om het geluid van wegen, spoorwegen en luchthavens nabij woningen te beperken[9] . In het toekomstig stelsel van de Omgevingswet[10] is geregeld dat in het actieplan wordt aangegeven welke maatregelen worden overwogen of in uitvoering zijn om overschrijdingen van de plandrempel te voorkomen of ongedaan te maken. Een plandrempel wordt door het bevoegd gezag vastgesteld en kan voor verschillende categorieën van gevallen verschillend zijn. Ook wordt aangegeven dat een actieplan een beschrijving van het beleid voor de eerstkomende vijf jaar en, voor zover redelijkerwijs mogelijk, voor de vijf jaar daarna om de geluidbelasting L_{den} en L_{night} die wordt veroorzaakt door de betrokken geluidbron of geluidbronnen te beperken. Ook wordt de bijbehorende planning aangehaald waarbij een relatie wordt gelegd met de plandrempel en een schatting wordt gegeven van het effect van de op het aantal bewoners van woningen.
In de Memorie van Toelichting van de Aanvullingswet geluid Omgevingswet (paragraaf 4.7) is aangegeven dat, in verband met de systematiek van geluidproductieplafonds van wegen en spoorwegen, door het inzetten of stimuleren van bronmaatregelen zonder aanvullende juridische procedures binnen de bestaande geluidproductieplafonds wijzigingen aan de infrastructuur of het gebruik daarvan kunnen worden doorgevoerd om bijvoorbeeld de bereikbaarheid te verbeteren [9]. In de Nota van Toelichting van het Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet staat in paragraaf 1.4 dat dergelijke actieplannen vooral zijn gericht op prioritaire problemen waar een plandrempel wordt overschreden [75].
Waar de END zich richt op het reduceren van negatieve effecten, lijkt het Nederlandse stelsel, vooral in de aanvullingen op de Omgevingswet, zich te richten op het behoud van de geluidruimte door vooral te richten op overschrijding van plandrempels en accommoderen van extra verkeer. In het Nederlandse stelsel is geen link gelegd met de negatieve effecten vanwege geluid.

4.2.2 *Weg- en railverkeer*

Voor weg- en railverkeer wordt eerst de systematiek voor rijksinfrastructuur beschreven en vervolgens voor decentrale infrastructuur.

Rijksinfrastructuur (rijkswegen en hoofdspoorwegen)
De rijksinfrastructuur[11] moet voldoen aan de geluidregels in de Wet milieubeheer (Wm). De overige (decentrale) infrastructuur en

[9] Dit is vastgelegd in artikelen 11.4 – 11.15 Wm. Deze verplichting geldt overigens niet voor alle (spoor)wegen, zo geldt het bijvoorbeeld niet voor provinciale wegen met minder dan drie miljoen voertuigpassages per jaar.
[10] Dit is vastgelegd in artikel 4.22 lid 3 en artikel 4.23 lid 1 Besluit kwaliteit leefomgeving.
[11] Dit betreft de infrastructuur die is opgenomen in de Regeling geluidplafondkaart milieubeheer.

geluidgevoelige objecten moeten voldoen aan de regelgeving uit de Wet geluidhinder. Daarnaast zijn in de Wet milieubeheer verplichtingen opgenomen voor het opstellen van geluidbelastingkaarten en actieplannen.

In hoofdstuk 11 van de Wm en de onderliggende regelgeving zijn regels vastgelegd voor het beheer, de aanleg en het doorvoeren van wijzigingen aan de rijksinfrastructuur. De drie pijlers van het huidige systeem zijn 1) het beheersen van geluidbelastingen, 2) reductie van hoge geluidbelastingen (saneringsoperatie) en 3) versterkte inzet van bronmaatregelen (eisen aan de minimum akoestische kwaliteit bij aanleg of vervanging van een weg) [63].

Voor de beheersing van geluidbelastingen wordt gewerkt met geluidsproductieplafonds (gpp's). Een gpp houdt in dat een toegestane maximale geluidproductie geldt op een keten van fictieve referentiepunten aan weerskanten van rijkswegen en hoofdspoorwegen. De beheerder van de (spoor)weg draagt zorg voor de naleving van de geluidproductieplafonds. Daarmee wordt de stijging van de geluidbelasting door autonome verkeerstoename begrensd en worden omwonenden beschermd tegen toename van geluid door de autonome groei van (spoor)wegverkeer. Voor bestaande wegen met een gpp moet in het vijfjaarlijkse actieplan worden beschreven welk beleid voor beperking van de geluidbelasting zal worden gevoerd en in hoeverre het voornemen bestaat de gpp's aan te passen aan ontwikkelingen voor bronbeleid[12]. Bij aanleg van nieuwe infrastructuur stelt de minister geluidproductieplafonds op zodanige wijze vast dat de geluidbelasting op de geluidgevoelige objecten de voorkeurswaarde niet overschrijdt. Als geen geluidbeperkende maatregelen in aanmerking komen om te voldoen aan de voorkeurswaarde, kan hiervan worden afgeweken tot de maximale waarde. Bij een (dreigende) overschrijding van het plafond moet de beheerder maatregelen treffen, bijvoorbeeld toepassing van stiller wegdek of spoor, aanbrengen van geluidschermen of verlagen van de maximumsnelheid. Wel moet hierbij getoetst worden aan het doelmatigheidscriterium[13]. Volgens dit criterium worden de kosten van een maatregel afgewogen tegen de baten (d.w.z het aantal personen dat baat heeft bij de maatregel). Indien maatregelen niet doelmatig zijn, kan een besluit tot verhoging van het gpp worden genomen. Bij het vaststellen van een nieuwe waarde voor de gpp moet voldaan worden aan bepaalde waarden bij bestaande geluidgevoelige objecten (artikel 11.30 Wm). Een verhoging van het gpp is mogelijk tot de maximale waarde. In tabel 4.1 staan de huidige normen volgens artikel 11.2 Wet milieubeheer.

Tabel 4.1 Geluidnormen uit de Wet milieubeheer bij aanleg of wijziging van gpp bij rijksinfrastructuur in L_{den}

Geluid bron	Voorkeurs-waarde (dB)	Maximale waarde (dB)	Binnen-waarde A* (dB)	Binnen-waarde B† (dB)
Wegen	50	65	36	41
Spoorwegen	55	70	36	41

*Nieuwbouwsituatie; † Bestaande situatie

[12] Dit is geregeld in artikel 11.11 Wet milieubeheer
[13] Dit criterium is vastgelegd in artikel 11.29 Wet milieubeheer.

In het verleden werd de stijging van de geluidbelasting niet begrensd en konden omwonenden daardoor worden blootgesteld aan geluidniveaus tot boven de maximale waarde, het zogenaamde handhavingsgat. Voor de nieuwbouw van woningen in de omgeving van rijksinfrastructuur gelden andere normen, zie tabel 4.2.

Decentrale infrastructuur en geluidgevoelige objecten
De systematiek voor geluid van decentrale (spoor)wegen en het normenstelsel voor ontwikkeling van geluidgevoelige objecten langs wegen (inclusief rijksinfrastructuur) zijn geregeld in de Wet geluidhinder (Wgh). De systematiek voor decentrale wegen en lokaal spoor gaat uit van een zone langs een (spoor)weg, waarbinnen de geluidbelasting op de gevel van woningen moet voldoen aan bepaalde waarden. Bij de vaststelling van een bestemmingsplan voor de aanleg van een weg of een planologische ontwikkeling in de omgeving langs een weg (zone) moeten deze waarden in acht worden genomen. De hoogte van deze waarden, de voorkeurswaarde en de maximale waarde, is onder meer afhankelijk van de ligging (binnen of buiten stedelijk gebied) en bestaande of nog te bouwen woningen. Deze waarden zijn jaargemiddelden etmaalwaarden en gelden voor het geluidniveau op de gevel van geluidgevoelige gebouwen en terreinen. Voor de nachtperiode (L_{night}) is geen aparte norm opgenomen. Overigens gelden geen zones voor wegen binnen een woonerf en voor zogenaamde 30 km/u-wegen.

Een planologische ontwikkeling in de omgeving (zone) langs een weg is mogelijk als de geluidbelasting lager is dan de voorkeurswaarde. Als de geluidbelasting veroorzaakt door weg of spoor hoger is dan de maximale waarde, zijn geluidgevoelige bestemmingen in principe niet toegestaan. Bij een geluidbelasting tussen de voorkeurswaarde en de maximale waarde zijn planologische ontwikkelingen alleen mogelijk onder voorwaarden. Indien de geluidbelasting op een geluidgevoelig object tussen de voorkeurswaarde en maximale (ontheffings)waarde ligt, moet worden gekeken of geluidmaatregelen getroffen kunnen worden om de geluidbelasting te verlagen tot de voorkeurswaarde. Maatregelen die worden toegepast zijn bijvoorbeeld vrachtverkeer langs een andere route laten rijden, stillere wegdekken, gevelisolatie bij woningen.
Als dit niet mogelijk of niet financieel doelmatig is, kan het bevoegd gezag een hogere geluidbelasting toestaan door het vaststellen van een zogenoemde hogere waarde. Bij deze procedure biedt de wetgeving de ruimte om vanwege redenen van financiële, stedenbouwkundige, landschappelijke of vervoerstechnische aard een hoger geluidniveau op de gevel dan de voorkeurswaarde te accepteren.

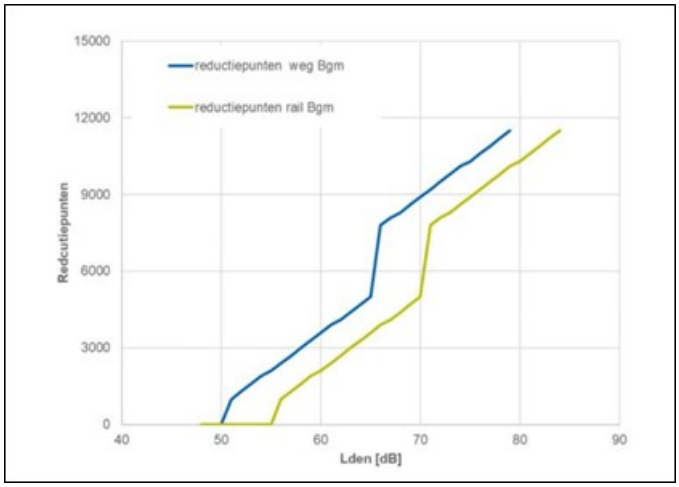
Tabel 4.2 Geluidsnormen voor woningbouw langs wegen en spoorwegen. Tevens zijn de normen opgenomen voor de wijziging/aanleg van gemeentelijke en provinciale wegen en lokaal spoor

Bronsoort	**Voorkeurs-waarde (dB)**	**Maximale ontheffingswaarde**	
		Woningbouw (dB)	**Infrabeheer (dB)**
Gemeentelijke -en provinciale wegen	50-53	55-73	60-73
Lokaal spoor	55	68	68-71
Rijkswegen	50	55-60	*
Spoorwegen	55	68	*

*Zie tabel 4.1

Naast de geluidbelasting op de gevel kent het Nederlandse stelsel ook een binnenwaarde voor het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten van een geluidgevoelig object. De binnenwaarde moet garanderen dat mensen in hun woning worden behoed tegen te hoge geluidniveaus. De binnenwaarde vormt daarmee het sluitstuk van het Nederlandse stelsel.

Doelmatigheidscriterium bij geluidmaatregelen
Voor het bepalen of een pakket van geluidmaatregelen financieel doelmatig is, wordt een vergelijking gemaakt tussen de kosten van de maatregel(en) en een fictief budget. Het budget en de kosten worden daarbij op basis van het zogenaamde doelmatigheidscriterium uitgedrukt in reductiepunten en maatregelpunten. Reductiepunten worden toegekend vanaf een bepaalde drempelwaarde van de geluidbelasting. Deze drempelwaarde is de voorkeurswaarde uit de Wgh, te weten 50 dB voor wegverkeer of 55 dB voor railverkeer. Het aantal toegekende reductiepunten loopt op met een toenemende geluidbelasting (zie figuur 4.2). Als het aantal benodigde maatregelpunten hoger is dan het budget dat beschikbaar is, is dat maatregelpakket niet financieel doelmatig. Als basis gelden de BR-relaties van Miedema & Oudshoorn [76] die de associatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer of railverkeer en (ernstige) hinder beschrijven. Deze BR-relaties zijn gebaseerd op de gegevens van een groot aantal vragenlijstonderzoeken die in verschillende landen zijn uitgevoerd in de periode 1965-1994. De BR-relaties die zijn afgeleid door Miedema & Oudshoorn [76] werden tot voor kort ook aanbevolen door de EU. Bij het opstellen van de reductiepuntencurve hebben echter ook andere beleidsmatige overwegingen een rol gespeeld. Eén van deze overwegingen was dat hoge geluidbelastingen als ongewenst werden beschouwd. Daarom is besloten tot een sprong in de curve van de reductiepunten bij geluidbelastingen boven de grenswaarde[14]. Een andere keuze is geweest om uitsluitend reductiepunten toe te kennen boven de standaardwaarde [77].



Figuur 4.2 Reductiepunten uit het Bgm voor weg- en railverkeer

[14] Bij de overgang naar de Omgevingswet wordt de terminologie uit de huidige geluidregelgeving (met o.a. voorkeurswaarde, maxjmale waarde, hoogst toelaatbare waarde en binnenwaarde) aangepast. Onder de Omgevingswet wordt gebruik gemaakt van de standaardwaarde en de grenswaarde.

Saneringsopgave
In de Wgh is een saneringsplicht opgenomen voor woningen die een te hoge geluidbelasting ondervonden op 1 maart 1986. Hiervoor loopt een saneringsaanpak. De sanering kan bestaan uit maatregelen aan de bron (bijvoorbeeld verkeersmaatregelen of een stiller wegdek), in de overdracht (schermen of wallen) of aan de woning (gevelisolatie). Voor woningen die langs rijkswegen en hoofdspoorwegen zetten Rijkswaterstaat en Prorail via het Meerjarenprogramma Geluidsanering[15] in op de aanpak van woningen met een geluidbelasting boven de maximale (saneringS)waarde. Voor woningen langs gemeentelijke en provinciale wegen ligt het initiatief voor sanering bij gemeenten. In totaal waren er circa 64.000 saneringssituaties vanwege railverkeerslawaai en circa 445.000 saneringssituaties vanwege wegverkeerslawaai. Circa een derde van deze saneringssituaties is opgelost [78].

L_{night}-norm
Op dit moment gelden er voor geluid van weg- en railverkeer geen specifieke normen voor L_{night}. Bij de laatste wijziging van de Wet geluidhinder in 2012 is geen vermelding gemaakt van de L_{night}. Bij de handhaving van de huidige voorkeurswaarde in de Wet milieubeheer van 50 dB L_{den} heeft het invoeren van een voorkeurswaarde van 45 dB L_{night} geen toegevoegde waarde. Dit komt doordat woningen waarbij de voorkeurswaarde L_{night} zou worden overschreden, per definitie al een overschrijding van de voorkeurswaarde voor L_{den} hebben. Onder normale omstandigheden is het verschil tussen L_{den} en L_{night} voor wegverkeer gemiddeld 8,5 dB. Dit betekent dat, wanneer wordt voldaan aan de voorkeurswaarde van 50 c.q. 53 dB, de L_{night} gemiddeld niet boven de 41,5 c.q. 44,5 dB zal uitkomen. Voor railverkeer is het verschil tussen L_{den} en L_{night} gemiddeld 7 tot 8 dB. Wanneer wordt voldaan aan de voorkeurswaarde van 55 dB zal de L_{night} dus gemiddeld niet boven de 47 dB zijn [79, 80].

Geluidbelastingkaarten en actieplannen
In de Wet milieubeheer is een systematiek met geluidbelastingkaarten en actieplannen opgenomen. Deze systematiek geldt voor wegen in beheer bij het Rijk, hoofdspoorwegen, luchthavens[16] en een deel van de provinciale en gemeentelijke (spoor)wegen. De systematiek is gebaseerd op de EU-richtlijn Omgevingslawaai (END). Bevoegde overheden dienen elke 5 jaar een geluidbelastingkaart te genereren. Ook moeten zij op basis van deze kaarten een actieplan opstellen om omgevingslawaai zo nodig te voorkomen en te verlagen, in het bijzonder daar waar hoge blootstellingsniveaus schadelijke effecten kunnen hebben voor de gezondheid van de mens, en de milieukwaliteit te handhaven waar die goed is [6, 8].

4.2.3 Vliegverkeer
De geluideisen voor luchthavens zijn niet in de Wet luchtvaart (Wlv) zelf opgenomen, maar in de onderliggende besluiten. De wet maakt onderscheid in regelgeving voor specifiek voor de luchthaven Schiphol

[15] Zie www.rws.nl\mjpg voor meer informatie.

16 Dit betreft de luchthaven Schiphol en luchthavens als bedoeld in artikel 1.1 eerste lid , van de Wet luchtvaart.

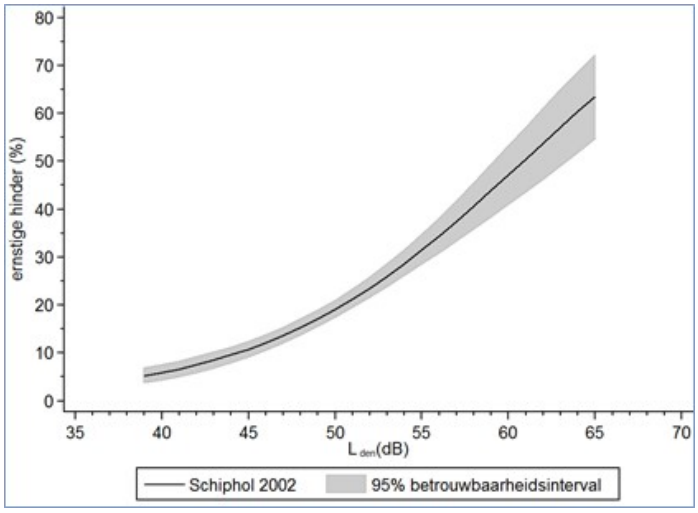
en regelgeving voor overige (burger)luchthavens van nationale of regionale betekenis.
Voor Schiphol is geluid geregeld in het Luchthavenverkeerbesluit en in het Luchthavenindelingsbesluit (LIB). In het Luchthavenverkeerbesluit staan regels voor de exploitant en de gebruikers van Schiphol over de maximale geluidbelasting die Schiphol mag produceren. Het totale volume van de geluidbelasting mag niet meer dan 63,46 dB(A) L_{den} en 54,44 dB(A) L_{night} (tussen 23:00 en 07:00 uur) bedragen. De geluidniveaus worden gecontroleerd op zogenaamde handhavingspunten rondom Schiphol. Daarnaast is in het Luchthavenverkeersbesluit het maximum aantal nachtvluchten vastgesteld op 32.000 vluchten per jaar. De beschikbare geluidruimte voor Schiphol wordt ook begrensd door de criteria voor gelijkwaardigheid [81, 82]. Volgens de Wlv moet een nieuw luchthavenverkeerbesluit ten minste een gelijkwaardig of beter beschermingsniveau bieden als het eerste luchthavenverkeerbesluit uit 2004. De wet bevat alleen de term geluidbelasting zonder een verdere specificatie voor het bepalen van de gelijkwaardigheid. Het "Millieueffectrapport Schiphol 2003" geeft wel een specificatie door de volgende criteria voor gelijkwaardigheid van de geluidbelasting af te leiden:

- het aantal woningen met een geluidbelasting ≥ 58 dB(A) L_{den};
- het aantal ernstig gehinderden met een geluidbelasting ≥ 48 dB(A) L_{den};
- het aantal woningen met een geluidbelasting ≥ 48 dB(A) L_{night};
- het aantal ernstig slaapverstoorden met een geluidbelasting ≥ 40 dB(A) L_{night}.

Het LIB definieert voor het ruimtegebruik rond Schiphol vijf zones:

1) Sloopzone woningen vanwege externe veiligheid;
2) Sloopzone woningen vanwege geluid. Dit komt overeen met de 71 dB(A) L_{den}-contour;
3) Beperkingengebied voor (beperkt) kwetsbare gebouwen met oog op externe veiligheid;
4) Beperkingengebied voor nieuwe woningen, onderwijs en gezondheidszorginstellingen. Dit komt overeen met de 58 dB(A) L_{den}-contour;
5) Afwegingsgebied geluid en externe veiligheid. Hier geldt een motiveringsplicht voor nieuwbouw van woningen.

Voor het bepalen van het aantal ernstig gehinderden wordt gebruik gemaakt van de BR-relatie uit de GezondheidsEvaluatieSchiphol (GES) [83]. Het bepalen van het aantal ernstig slaapverstoorden gebeurt ook met een BR-relatie uit de GES 2002.



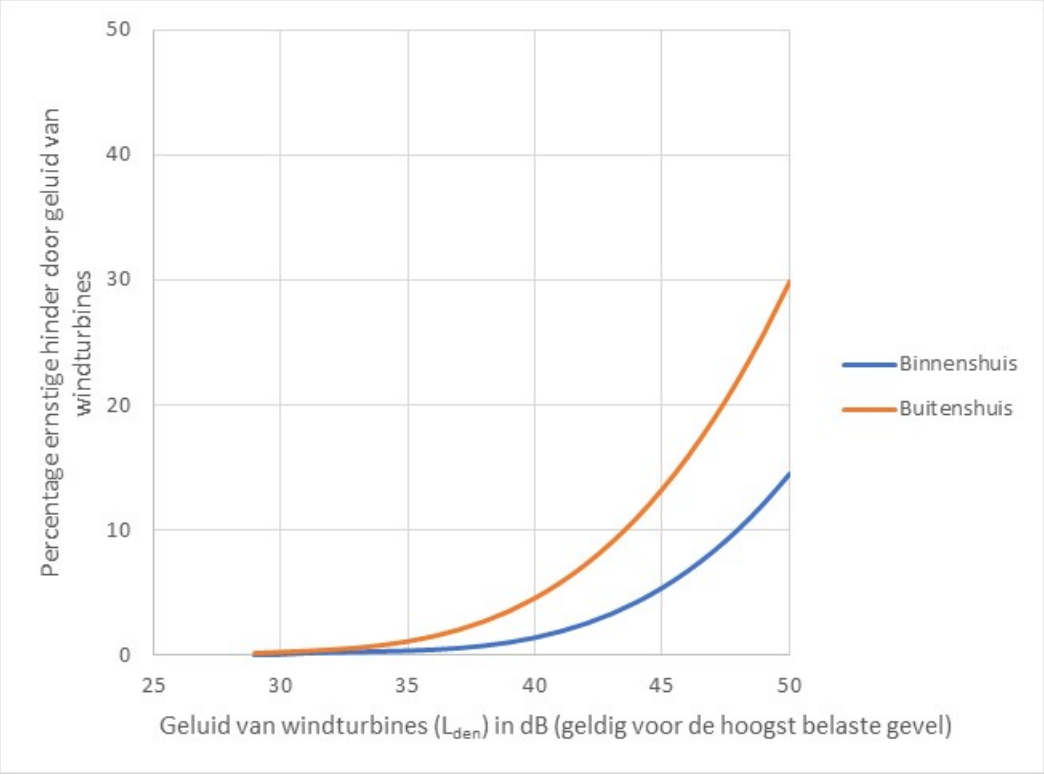
Figuur 4.3: BR-relatie die op dit moment wordt gebruikt bij de bepaling van het aantal ernstig geluidgehinderden door vliegverkeer van Schiphol (bron: [83]).

Voor de overige burgerluchthavens (van nationale of regionale betekenis) wordt de geluidsbelasting geregeld in een luchthavenbesluit. In een besluit staan grenswaarden en regels met het oog op geluidbelasting. Een luchthavenbesluit bevat ten minste de volgende geluidcontouren: 48, 56 en 70 dB(A) L_{den}. Binnen deze contouren gelden ruimtelijke beperkingen om het aantal ernstig gehinderden te beperken. Binnen de 70 dB(A) L_{den} geldt als sloopzone voor geluidgevoelige gebouwen, binnen de contour van 56 dB(A) L_{den} is nieuwbouw van geluidgevoelige gebouwen niet toegestaan. Verder is het bij de vaststelling van luchthavenbesluiten verplicht een afweging te maken over ruimtelijke ontwikkeling van het gebied tussen de contouren van 56 dB(A) L_{den} en 48dB(A) L_{den}. Voor nieuwe luchthavenbesluiten voor regionale luchthavens wordt de geluidsbelasting tot en met 40 dB(A) L_{den} en 40 dB(A) L_{night} inzichtelijk gemaakt en worden de aantallen woningen, ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden berekend binnen deze contouren (Deze contouren hebben echter geen wettelijke status) [84].

Norm L_{night}
Voor luchtvaartlawaai gelden, in tegenstelling tot weg- en railverkeer, wel specifieke normen voor de nachtperiode. Voor Schiphol is een L_{night} van 54,44 dB(A) (totaal volume geluid) vastgelegd in het luchthavenverkeersbesluit. Verder geldt een maximum aantal nachtvluchten per jaar. In het gelijkwaardigheidsprincipe is de geluidbelasting in de nacht ook apart meegenomen, waarbij het aantal woningen in de 48 dB(A) L_{night} contour en het aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 40 dB(A) L_{night} contour aan een maximum is verbonden. Voor overige burgerluchthavens is het gebruik begrensd door een maximum aan de geluidruimte [84]. Met uitzondering van Rotterdam Airport en Eindhoven Airport zijn regionale luchthavens van nationaal belang gesloten in de nachtperiode (23.00 -6.00 uur). Mochten in de toekomst structureel nachtvluchten mogelijk worden gemaakt, dan is ook hier de L_{night} van toepassing.

4.2.4 *Windturbines*

Voor geluidbelasting door windturbines zijn in het Activiteitenbesluit milieubeheer normen opgenomen van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} op de gevel van geluidgevoelige gebouwen en voor gevoelige terreinen op de grens van het terrein door de blootstelling van geluid van een enkele windturbine of van een combinatie van windturbines (zoals in een windturbinepark). In afwijking van de normen van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} kan het bevoegd gezag maatwerk verlenen. Indien sprake is van cumulatie van geluid van verschillende windturbines kunnen lagere normen voorgeschreven worden aan één of meer windturbines. De norm kan aan bestaande of nieuw te plaatsen windturbines opgelegd worden. Het eerste geval vereist wel meer motivering. Ook als bijzondere lokale omstandigheden daartoe aanleiding geven, kunnen andere waarden worden voorgeschreven. In het Activiteitenbesluit milieubeheer wordt niet beschreven welke bijzonder omstandigheden dit dan zijn. Grenswaarden gelden niet voor woningen gelegen op een gezoneerd industrieterrein en de geluidbelasting van windturbines op een gezoneerd industrieterrein blijven buiten beschouwing bij het toetsen aan de zone.



Figuur 4.4 De relatie tussen geluid van windturbines L_{den} (op de gevel, buitenshuis) en het percentage ernstig gehinderden binnenshuis en buitenshuis door windturbines (bron: [85]).

De Nederlandse norm voor windturbine geluid is afgeleid met behulp van een BR-relatie die is afgeleid door Janssen et al. [85] en die de associatie tussen geluid van windturbines en ernstige hinder beschrijft. Deze BR-relatie is gebaseerd op drie vragenlijstonderzoeken [86-88], waarvan twee zijn uitgevoerd in Zweden en een in Nederland. In alle drie de onderzoeken is naar hinder door geluid windturbines binnenshuis

en buitenshuis gevraagd. De uiteindelijk afgeleide BR-relaties staan vermeld in figuur 4.4.

4.3 Toekomst

Deze paragraaf schetst enkele ontwikkelingen voor het geluidbeleid voor achtereenvolgens weg- en railverkeer, vliegverkeer en windturbines. Het voorgenomen beleid van het Rijk is dat de huidige stelsels van de geluidsregelgeving voor weg- en railverkeer en windturbines opgaan in het stelsel van de nieuwe Omgevingswet. De geluidregels voor luchtvaart blijven in de Wet luchtvaart staan.

4.3.1 Overgang naar stelsel van de Omgevingswet

Het nieuwe stelsel van de Omgevingswet zal naar verwachting in 2021 in werking treden. Een deel van de geluidregelgeving is al in de Omgevingswet en de onderliggende besluiten opgenomen. De geluidregels voor windturbines zijn verwerkt in de Besluit kwaliteit leefomgeving. Voor weg- en railverkeer gaan de regels uit de Wet geluidhinder en de Wet milieubeheer via de Aanvullingswet geluid met het onderliggende Aanvullingsbesluit geluid en de Aanvullingsregeling geluid op in het stelsel van de Omgevingswet. Daarbij worden de regelgeving en het normenstelsel uit de Wet geluidhinder en Wet milieubeheer gestroomlijnd en vereenvoudigd.

Een van de maatschappelijke doelen van de Omgevingswet is het realiseren en behouden van een gezonde fysieke leefomgeving. De gedachte in de Omgevingswet is dat door de integrale benadering van de leefomgeving gezondheid eerder een rol kan krijgen in het proces voor ruimtelijke afwegingen. De Gezondheidsraad heeft in 2016 een advies uitgebracht over het meewegen van gezondheid in het omgevingsbeleid. Dit advies wordt in paragraaf 4.4 kort toegelicht. In 2019 is een motie [89] ingediend waarin de regering wordt verzocht om het belang van de volksgezondheid expliciet op te nemen in het definitieve Aanvullingsbesluit geluid (en daarmee ook in het uiteindelijke Besluit kwaliteit leefomgeving Omgevingswet). Zie voor het Aanvullingsbesluit geluid ook paragraaf 4.2.1.

Onder de Omgevingswet blijft voor weg- en railverkeer de huidige systematiek met een voorkeurswaarde en een maximale waarde, al wijzigt wel de naamgeving (in respectievelijk standaardwaarde en grenswaarde). Een belangrijke wijziging is dat gpp's straks ook zullen worden toegepast op provinciale wegen. Voor gemeentelijke en waterschapswegen wordt een andere, nieuwe monitoringssystematiek met basisgeluidemissies ingevoerd. Ook krijgen gemeenten voor gemeentelijke wegen meer beleidsruimte om binnen een bepaalde bandbreedte zelf afwijkende waarden vast te stellen.

Tabel 4.3: Geluidnormen zoals nu opgenomen in het Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet

Geluidbron	Standaard waarde (dB)	Grenswaarde (dB)		Binnen waarde (dB)
		Nieuwe woningen	Aanleg/aanpassing geluidbron	
Rijkswegen en provinciale en gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom	50	60	65	33, 36 of 41[17]
Provinciale en gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom	53	70	70	
Vrijliggende spoorwegen	55	65	70	

Voor windturbines kunnen gemeenten in het nieuwe stelsel de standaardwaarde aanpassen en een hogere of lagere norm vastleggen in het omgevingsplan. Het omgevingsplan moet er wel in voorzien dat het geluid op geluidgevoelige gebouwen aanvaardbaar is. Wat aanvaardbaar is, is afhankelijk van zaken als de plaatselijke situatie en historie, lokaal geluidbeleid, de bestaande en verwachte geluidhinder en kosten en baten van technische voorzieningen.

4.3.2 *Toekomst geluidbeleid luchthavens*

Voor de toekomstplannen van Schiphol, heeft de minister van IenW op 5 juli 2019 een brief gestuurd naar de Tweede Kamer. Hierin geeft zij onder meer aan dat de focus wordt verlegd naar hinderbeperking. Basis voor de toekomstplannen zijn onder andere het verslag van de voorzitter (de heer Alders) van de Omgevingsraad Schiphol (ORS) en het advies van de Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur. Op de korte termijn zullen de regels die nu worden gehanteerd, worden verankerd in de wetgeving. De bedoeling is op middellange termijn vast te leggen dat bij verdere groei van de luchtvaart de omgevingskwaliteit aantoonbaar moet worden verbeterd en dat daarmee het principe van gelijkwaardigheid kan vervallen. Dit voornemen is in het Regeerakkoord en bovengenoemde brief verwoord. Voor luchthaven Lelystad is inmiddels een geactualiseerde milieueffectrapportage (MER) opgesteld. Ook voor de wijziging van het Luchthavenverkeersbesluit Schiphol is een nieuwe concept-MER opgesteld, waarin geluid een belangrijk onderwerp is.

De regionale luchthavens van nationale betekenis kennen een eigen Luchthavenbesluit waarin de kaders voor de geluidproductie zijn opgenomen. In de brief van 6 september 2019 aan de Tweede Kamer is

[17] Voor nieuwe woningen geldt een binnenwaarde van 33 dB. Voor bestaande gebouwen in het aandachtsgebied van wegen of spoorwegen geldt een grenswaarde van 41 dB voor de binnenwaarde van geluidgevoelige gebouwen die door wijziging van de gebruiksfunctie geluidgevoelig is geworden, voor geluidgevoelige gebouwen langs rijkswegen en hoofdspoorwegen waarvoor de bouwvergunning is afgegeven voor 1 januari 1982 en langs een weg ligt die in gebruik is genomen voor 1 januari 1982 of een spoorweg die in gebruik is genomen voor 1`juli 1987, en voor geluidgevoelige gebouwen in het aandachtsgebied van provinciale, gemeente- en waterschapswegen en lokale spoorwegen waarvoor de bouwvergunning is afgegeven voor 1 januari 1982 waarvoor sanering is of wordt uitgevoerd of woningen als bedoeld in artikel 111b, eerste lid onder a van de Wgh. Voor andere bestaande geluidgevoelige gebouwen geldt een binnenwaarde van 36 dB.

aangekondigd dat voor vliegbasis Eindhoven wordt ingezet op geluidsreductie met in de eerste jaren geen groei [90].

4.4 Gezondheidskundige normen in Nederland

In de afgelopen 50 jaar zijn er door de Gezondheidsraad aan de rijksoverheid verschillende adviezen gegeven op het gebied van omgevingsgeluid. Met name de adviezen uit 1971/1972 [25], 1994 [26] en 2004 [27] gaan in op gezondheidskundige advieswaarden; bovendien hebben deze adviezen op de een of andere manier een rol gespeeld bij de totstandkoming van de huidige wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid. Daarnaast heeft de Gezondheidsraad in 2016 nog een advies gegeven over het meewegen van gezondheid in omgevingsbeleid [14].

Op gemeentelijk niveau wordt vaak advies gevraagd aan Gemeentelijke of Gemeenschappelijke Gezondheidsdiensten (GGD). Recent heeft de GGD haar richtlijn 'Omgevingsgeluid en gezondheid' gepubliceerd [91]. Deze GGD-richtlijn helpt GGD'en om geluid te beoordelen en burgers en beleidsmakers te adviseren bij vragen over geluid. Op basis van advisering door de GGD kunnen gemeenten lokaal beleid ontwikkelen om hun inwoners te beschermen.

In deze paragraaf gaan we nader in op de adviezen van de Gezondheidsraad en de GGD. Ook proberen we te laten zien hoe de adviezen van de Gezondheidsraad en de GGD zich verhouden tot het advies van de WHO.

4.4.1 Adviezen Gezondheidsraad

In 1972 bracht de Gezondheidsraad op verzoek van de toenmalige Staatssecretaris van Sociale Zaken en Volksgezondheid een advies uit over "in het belang van de volksgezondheid te nemen maatregelen tot beteugeling van de lawaaiproductie en het bestrijden van de geluidhinder." Als onderdeel van dit advies werd de Gezondheidsraad gevraagd een oordeel te geven over "richtlijnen met betrekking tot grenzen van toelaatbaarheid van lawaai en geluid voor het individu in zijn woon- en leefmilieu". Om tot een kwalitatief zo goed mogelijk advies te komen werd een adviescommissie samengesteld. Deze commissie werd ook wel aangeduid als de Commissie Geluidhinder en Lawaaibestrijding (CGL). In het Gezondheidsraad rapport concludeerde de CGL dat geluid ongewenste effecten kan hebben in de vorm van hinder, verstoring van de slaap, belasting van het vegetatieve zenuwstelsel, verstoring van de communicatie, beïnvloeding van de arbeidsprestatie en beschadiging van het gehoor. Verstoring van de slaap kon volgens de CGL al optreden vanaf niveaus van 45 dB(A). Het gehoororgaan kon onherstelbaar worden beschadigd, indien dit lange tijd aan geluidniveaus van meer dan 80 dB(A) wordt blootgesteld. De mogelijke effecten van omgevingsgeluid op de gezondheid werden in die tijd nog niet of nauwelijks beschreven aan de hand van blootstelling-respons relaties. Uitzondering daarop vormde gehoorbeschadiging en in mindere mate ook geluidhinder. In het rapport beschrijft de CGL namelijk het vragenlijstonderzoek dat in 1963 rondom Schiphol is uitgevoerd, waarbij de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder werd onderzocht.

Tabel 4.4. Maximaal aanvaardbare geluidniveaus voor woonomgevingsgeluid vastgesteld door de CGL in 1972 [25].

Type gebied	**Maximaal aanvaardbaar geluidniveau***
Gebieden met stilte behoevende elementen†	35 dB(A)
Woonwijken	40 dB(A)
Industrie terreinen	55 dB(A)
Gebieden met snelwegen	Afhankelijk van de lokale situatie

*De geluidmaat is niet gespecificeerd. Vermoedelijk gaat het om het gemiddelde equivalente geluidniveaus overdag; † dan gaat het om bijv. ziekenhuizen, bibliotheken, musea, wandelparken.

In haar advies stelde de CGL het belang vast van ruimtelijke ordening voor de bestrijding en voorkoming van ontoelaatbaar lawaai. Belangrijke middelen die men daarbij kon inzetten waren bestemmings- en/of streekplannen. In dergelijke plannen werd geadviseerd om geluid belastende elementen (vliegvelden, wegverkeer, etc.) te scheiden van geluidgevoelige elementen (bijvoorbeeld woongebieden, recreatiegebieden). Daarbij kon het betreffende gebied worden onderverdeeld in zones, die ieder een eigen maximaal aanvaardbaar geluidniveau hebben. Uiteindelijk maakte de CGL onderscheid tussen vier soorten zones. In tabel 4.4 is te zien welke maximaal aanvaardbare geluidniveaus volgens de CGL bij de verschillende zones horen.

Ruim 20 jaar later, wordt de Gezondheidsraad opnieuw gevraagd om een advies te maken [26]. Op verzoek van de ministers van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, en van Sociale Zaken is de Gezondheidsraad gevraagd om een overzicht te maken van de laatste stand van zaken op het gebied van wetenschappelijk onderzoek naar de invloed van blootstelling aan omgevingsgeluid op de gezondheid. Daarnaast werd de Gezondheidsraad gevraagd een oordeel te geven over de bewijskracht voor het bestaan van oorzakelijke verbanden tussen de blootstelling aan geluid en bepaalde gezondheidseffecten. Ten slotte werd de Gezondheidsraad gevraagd om aan te geven welke gezondheidskundige advieswaardes op basis van deze gegevens geformuleerd konden worden, waarbij ze o.m. moest aangeven in hoeverre een en ander doorwerkt naar normstelling.
In haar advies onderscheidde de Gezondheidsraad een aantal gezondheidseffecten ten gevolge van de blootstelling aan geluid: permanent gehoorverlies, verschijnselen die met stress samenhangen (bijv. hypertensie, coronaire hartziekten), psychologische effecten zoals hinder, slaapverstoring, en beïnvloeding van het prestatievermogen. Voor elk van deze gezondheidseffecten heeft de Gezondheidsraad in haar advies geprobeerd om aan te geven wat de bewijskracht was voor het bestaan van oorzakelijke verbanden. Wanneer voor een gezondheidseffect de bewijskracht als voldoende kon worden aangemerkt, zijn waarnemingsniveaus gespecificeerd.
Ten slotte is er door de Gezondheidsraad een poging gedaan om een schatting te maken van de omvang van de effecten. Het resultaat wordt samengevat in onderstaande tabel (tabel 4.5).

Tabel 4.5. Classificatie van de bewijskracht voor het bestaan van een oorzakelijk verband tussen geluid en gezondheidseffect, alsmede gegevens over waarnemingsniveaus en de omvang van de effecten (bron: [26]).

Gezondheidseffect	**Bewijs Kracht***	**Waarnemings niveau†**	**Geluidbron of situatie**	**Geschatte omvang effecten**
Gehoorverlies	A	70 dB $L_{Aeq,24h}$	Woonomgeving	Geen effect
Aan stress gerelateerde effecten				
Hypertensie	A	70 dB $L_{Aeq,06\text{-}22h}$	Woonomgeving: weg- en luchtvaart	1.000-10.000
Coronaire hartziekten	A	70 dB $L_{Aeq,06\text{-}22h}$	Woonomgeving: weg- en luchtvaart	100-1.000
Hormonale systeem	B	-	Woonomgeving	-
Immuunsysteem	B	-	Woonomgeving	-
Geboortegewicht baby's	B	-	Woonomgeving	-
Geboorteafwijkingen baby's	D	**	Woonomgeving	-
Psychosociale effecten				
Ernstige geluidhinder	A	< 42 dB L_{dn}	Wegverkeer Burger(luchtvaart) Railverkeer Industrie	>1.000.000 100.000-1.000.000 100.000-1.000.000 100.000-1.000.000
Psychiatrische stoornissen	B	‡	Woonomgeving: luchtverkeer	-
Psychosociaal welbevinden	B	-	Woonomgeving: wegverkeer	-
Slaapverstoring				
Subjectieve (verminderde) slaapkwaliteit	A	40 dB L_{night}	Slaap: verkeer	>1.000.000 (globale schatting)
Hormonale systeem	B	-	Slaap	-
Immuunsysteem	C	-	Slaap	-
Humeur volgende dag	A	< 60 dB L_{night}	Slaap	-
Prestaties volgende dag	B	-	Slaap	-

*De bewijskracht is door de Gezondheidsraad vastgesteld aan de hand van de indeling van de International Agency for Research on Cancer (IARC) [92]. Hierbij worden vier categorieën gehanteerd: (A) voldoende bewijs voor het bestaan van een oorzakelijk verband, (B) beperkte bewijslast voor het bestaan van een oorzakelijk verband, (C) gebrekkige bewijskracht voor het bestaan van een oorzakelijk verband, en (D) bewijskracht voor het ontbreken van een oorzakelijk verband, De categorieën worden verder toegelicht in paragraaf 2.3 van het rapport van de Gezondheidsraad [26]; †De laagste waarde van de blootstelling waarvoor, gemiddeld gesproken, in epidemiologisch onderzoek een effect van blootstelling is waargenomen. ‡ Er bestaan slechts beperkte aanwijzingen dat een zeer lawaaiige woonomgeving, met L_{dn}-waarden groter dan 70 dB(A) ten gevolge van geluid van vliegverkeer, leidt tot relatief meer opnamen in psychiatrische ziekenhuizen dan een rustige; ** Bij blootstelling met een L_{dn}-waarde minder dan 62 dB(A) treedt dit effect in elk geval niet op.

Uit tabel 4.5 blijkt het volgende: In Nederland zijn hinder en slaapverstoring door geluid in de woonomgeving de belangrijkste gevolgen van geluid. Het waarnemingsniveau voor ernstige hinder is 42 dB (L_{dn}); effecten op de zelf-gerapporteerde slaapkwaliteit treden al op vanaf 40 dB (L_{night}). Andere gevolgen van blootstelling aan geluid in de woonomgeving, zoals coronaire hartaandoeningen, hypertensie en opname in psychiatrische ziekenhuizen, treden pas op bij betrekkelijk hoge geluidniveaus (70 dB(A) $L_{Aeq6\text{-}22h}$).
Voor de gezondheidseffecten waarvoor er volgens de Gezondheidsraad in 1994 voldoende bewijskracht voorhanden was, is nagegaan of er blootstellings-respons relaties beschikbaar waren. Het bleek dat in sommige gevallen de BR-relaties werden uitgedrukt in termen van een Relatief Risico (RR) boven het waarnemingsniveau. Dit was het geval voor coronaire hartziekten en hypertensie; voor beide gezondheidseffecten is uitgegaan van een RR van 1,5 boven 70 dB(A) ($L_{Aeq6\text{-}22h}$). [93]. Ook waren er BR-relaties voor ernstige hinder in de woonomgeving door geluid afkomstig van weg, rail -en vliegverkeer en industrie beschikbaar. Deze waren afgeleid door Miedema [94]. Hoewel er voldoende bewijs was voor het bestaan van een oorzakelijk verband tussen nachtelijke blootstelling aan geluid en effecten op de slaap, waren in die tijd slechts voor enkele van deze effecten BR-relaties afgeleid, te weten voor ontwaakreacties en veranderingen van het slaapstadium door intermitterend geluid. In die BR-relaties werd de blootstelling aan geluid uitgedrukt met behulp van een SEL-waarde. Er waren ten tijde van het opstellen van de rapportage van de Gezondheidsraad in 1994 nog geen BR-relaties voorhanden die de relatie tussen de blootstelling aan nachtelijk geluid, uitgedrukt als L_{night}, en slaapverstoring beschreven.

Met betrekking tot het formuleren van gezondheidskundige grenswaarden concludeerde de Gezondheidsraad in 1994 het volgende: "Gewoonlijk zijn blootstellingslimieten niet alleen gebaseerd op gezondheidskundige overwegingen, maar vormen zij de uitkomst van een politiek beslissingsproces waarin ook sociale en economische factoren meespelen. Gezondheidskundige advieswaarden "hangen af van criteria aangaande het beschouwde effect als eindpunt, de te beschermen populatie, de mate van bescherming en de in aanmerking te nemen veiligheidsmarges. Gaat het om het voorkomen van enig effect in de doorsneebevolking, dan zijn de aangegeven waarnemingsniveaus de geschikte gezondheidskundige grenswaarden voor zover men geen veiligheidsmarges aanhoudt. Wenst men zo'n marge wel en wenst men bovendien rekening te houden met extra gevoelige groepen, dan moeten de gezondheidskundige grenswaarden lager gekozen worden dan de waarnemingsniveaus, teneinde de beoogde mate van preventie te realiseren." In elk geval zijn de meer ernstige effecten als hypertensie en coronaire hartziekten die optreden bij hogere geluidniveaus, volgens de Gezondheidsraad in 1994 mogelijk te voorkomen door het in acht nemen van bestaande wettelijke grenswaarden, in zowel de woon- als de werkomgeving.

In 2003 verzocht de toenmalige staatssecretaris van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) advies aan de Gezondheidsraad over de invloed van nachtelijk geluid op slaap, gezondheid en welbevinden [27]. Dit verzoek betrof de effecten die optreden bij

blootstelling aan geluid tijdens de slaap, hoe deze effecten zich verhouden met de andere effecten door geluid en de vraag of voor andere bronnen dan geluid van vliegverkeer een nachtbescherming wordt ingevoerd, en zo ja hoe zou deze er dan uit moeten zien.
Met betrekking tot de optredende effecten van blootstelling aan geluid tijdens de slaap maakte de Gezondheidsraad onderscheid tussen biologische effecten en de gecumuleerde effecten op gezondheid en welbevinden van blootstelling door het slapen in een omgeving met nachtelijke geluiden. De laatste groep heeft men in vijf groepen onderverdeeld: Slaapkwaliteit, algemeen welbevinden, sociale contacten en concentratie, aandoeningen en verlies van levensjaren. Ook nu weer bleek dat effecten van nachtelijk geluid op de slaap een belangrijk probleem was: zo werd geschat dat het aantal volwassenen in Nederland met erge slaapverstoring door verkeersgeluid tussen de 100.000 en 1.000.000 personen ligt; het aantal volwassenen dat aan slapeloosheid zou leiden is naar schatting tussen 10.000 en 100.000. Het aantal personen dat door verkeersgeluid aan slapeloosheid leidt, beloopt volgens de Gezondheidsraad 2% van de mensen met erge slaapverstoring.
Verder vermeldde de Gezondheidsraad in haar advies dat men nachtelijke grenzen zou kunnen instellen en dat de maat L_{night} hiervoor bruikbaar werd geacht. Daarbij wees de Gezondheidsraad erop dat veel mensen in Nederland eerder dan 11 uur in de avond naar bed gaan en veel mensen na 7 uur in de ochtend nog slapen. Het nachtelijk geluid zou volgens de Gezondheidsraad aan banden kunnen worden gelegd door eisen te stellen aan het aantal en de aard van de geluidgebeurtenissen [27].

In 2016 heeft de Gezondheidsraad geadviseerd over het meewegen van gezondheid in het omgevingsbeleid (ondertitel: ‘Evenwichtig en rechtvaardig omgaan met risico’s en kansen’) [14]. De Gezondheidsraad constateert dat er geen geheel nieuw afwegingskader nodig is. Het gebruik van een afwegingskader op zichzelf biedt echter geen garantie op gezondheidswinst. De Gezondheidsraad wijst er op dat het stelsel vooral gericht is op de bescherming van de gezondheid mede door de wettelijke milieukwaliteitsnormen niet te overschrijden. Deze normen zijn echter niet alleen gebaseerd op gegevens over gezondheidseffecten, maar ook op economische overwegingen zoals haalbaarheid. Naast gezondheidsbescherming zou gezondheidsbevordering moeten worden gestimuleerd.

4.4.2 Hoe verhouden de adviezen van de Gezondheidsraad zich tot het advies van de WHO?

Bij vergelijking van de adviezen van de Gezondheidsraad uit 1971/1972 en 1994 met de WHO-richtlijnen dat de gezondheidseffecten die volgens de WHO met de blootstelling aan omgevingsgeluid te zijn gerelateerd, grotendeels dezelfde zijn als de effecten die werden genoemd door de Gezondheidsraad. Wel zijn gezondheidseindpunten steeds verder gespecificeerd: In de rapportage uit 1971/72 noemde de Gezondheidsraad nog effecten op het vegetatieve zenuwstelsel, terwijl het in 1994 ging over gezondheidseindpunten als hypertensie en coronaire hartziekten. In de WHO-richtlijnen zijn daar nieuwe gezondheidseindpunten als beroerte en effecten op het metabole systeem (diabetes en obesitas) bijgekomen. Ook voor effecten op de

mentale gezondheid, is er een verdere uitsplitsing naar eindpunten. De WHO beschouwt ook effecten op de cognitieve en sociaal-emotionele ontwikkeling als belangrijke gezondheidseindpunten. De adviezen van de Gezondheidsraad waren vooral gericht op de effecten van geluid afkomstig van weg- en vliegverkeer. In de WHO-richtlijnen is ook aandacht voor de effecten van geluid van railverkeer en windturbines.

Hoewel in de WHO-richtlijnen dus meer gezondheidseffecten van geluid in beschouwing worden genomen, blijkt de kwaliteit van de bewijskracht niet voor al deze effecten even groot te zijn in vergelijking met de adviezen van de Gezondheidsraad. De kwaliteit van de bewijskracht blijkt nog steeds het hoogst te zijn voor effecten als coronaire hartziekten, ernstige hinder, en ernstige slaapverstoring. Vanwege het ontbreken van studies die aan de inclusiecriteria van de WHO voldeden, zijn in de WHO-richtlijnen geen uitspraken gedaan over de kwaliteit van de bewijslast voor gehoorverlies. Ook werd de kwaliteit van de bewijslast in het WHO-advies voor hypertensie als relatief laag beoordeeld. De Gezondheidsraad oordeelde in 1994 voor zowel hypertensie als gehoorverlies dat er voldoende bewijs was voor het bestaan van een oorzakelijk verband met de blootstelling aan omgevingsgeluid.
De WHO baseerde haar oordeel over de kwaliteit van de bewijslast voor de verschillende gezondheidseindpunten op de resultaten van evidence reviews (zie ook bijlage 2), waarin de resultaten van de verschillende studies op systematische wijze op een rij werden gezet en beoordeeld. Een oordeel van de kwaliteit van de bewijslast voor een effect van omgevingsgeluid op een gezondheidseindpunt werd gegeven aan de hand van de GRADE-methode, zie paragraaf 3.4.2 voor nadere toelichting. Het feit of het biologisch plausibel is dat er een effect van geluid op een gezondheidseindpunt te verwachten is, wordt bij deze methode niet goed meegewogen. De beoordeling van de bewijslast door de Gezondheidsraad is op een minder systematische manier verricht dan voor het WHO-advies. Daarbij is gebruik gemaakt van het systeem dat de International Agency for Research on Cancer (IARC) hanteerde voor de bewijskracht inzake kankerverwekkende eigenschappen van stoffen [92]. Als onderdeel van het systeem van de IARC werd ook beoordeeld of een eventueel oorzakelijk verband wel biologisch plausibel was.

Een belangrijk verschil is dat de beschikbare gegevens ten tijde van het verschijnen van de Gezondheidsraadadviezen veel minder gedetailleerd en minder kwantitatief van aard waren. Zo was er ten tijde van het Gezondheidsraadadvies uit 1972 alleen een BR-relatie beschikbaar voor gehoorverlies. Ten tijde van het Gezondheidsraadadvies uit 1994, waren er ook al bron-specifieke BR-relaties voor hinder beschikbaar, en was er voor zowel hypertensie als coronaire hartziekten een RR boven een bepaald waarnemingsniveau. Als onderdeel van de WHO-richtlijnen worden er niet alleen nieuwe BR-relaties gepresenteerd voor ernstige hinder, hypertensie en coronaire hartziekten; ook blijken er BR-relaties te zijn voor andere eindpunten zoals bijvoorbeeld ernstige slaapverstoring, beroerte of diabetes. Omdat de kwaliteit van de bewijskracht voor een relatie met geluid niet altijd door de WHO als voldoende hoog werd beoordeeld, zijn niet alle BR-relaties ook daadwerkelijk gebruikt voor het vaststellen van de advieswaardes. Bovendien blijken ook niet alle in de WHO-richtlijnen gepresenteerde

BR-relaties even bruikbaar te zijn voor het maken van een schatting van de ziektelast door geluid. Meer achtergronden over de bruikbaarheid van de verschillende BR-relaties voor het berekenen van de omvang van de ziektelast door geluid is terug te vinden in Van Kempen et al (in prep.) en Van Kamp et al[95].

In 1972 presenteerde de Gezondheidsraad maximaal toelaatbare geluidniveaus voor verschillende type gebieden waaronder woonwijken (zie ook tabel 4.4). In haar advies uit 1994 presenteerde de Gezondheidsraad voor een aantal gezondheidseffecten waarnemingsniveaus. In de WHO-richtlijnen worden voor een aantal geluidbronnen gezondheidskundige advieswaardes gepresenteerd.
De door de Gezondheidsraad gepresenteerde maximaal toelaatbare geluidniveaus en waarnemingsniveaus moeten worden beschouwd als No-adverse effect levels en zijn dus niet zondermeer vergelijkbaar met de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO.
In hoofdstuk 3 werd al uitgelegd dat de WHO-advieswaarden zijn bepaald met de BMD-methode: voor elk gezondheidseindpunt werd met een BR-relatie bepaald bij welk geluidniveau een relevant effect zich voordoet ten opzichte van een referentie niveau. Men zou deze referentieniveaus kunnen vergelijken met de waarnemingsniveaus die de Gezondheidsraad in haar advies van 1994 presenteerde: In haar rapportage uit 1994 geeft de Gezondheidsraad dat een effect als ernstige geluidhinder optreedt vanaf niveaus van ongeveer 42 dB (L_{dn}). Wanneer gekeken wordt naar de BR-relaties die de WHO heeft gebruikt voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden, dan blijkt dat personen al kans maken op ernstige geluidhinder vanaf niveaus in de range 40-45 dB (L_{den}), afhankelijk van de geluidbron. Dit beeld wordt bevestigd wanneer gekeken wordt naar BR-relaties die recent zijn afgeleid op basis van data verzameld met behulp van de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016.
Voor ernstige slaapverstoring is een vergelijkbaar beeld: In 1994 geeft de Gezondheidsraad dat ernstige slaapverstoring optreedt vanaf niveaus van 40 dB (L_{night}). Bij de BR-relaties die de WHO heeft gebruikt voor het afleiden van haar advieswaarden blijkt dat personen al kans maken op ernstige slaapverstoring vanaf niveaus van 40 dB (L_{night}) veroorzaakt door geluid van weg- of railverkeer. Voor nachtelijk geluid van vliegverkeer zouden mensen nog bij lagere geluidniveaus ernstig in hun slaap kunnen worden verstoord. Helaas waren de onderliggende data voor de BR-relatie, die de WHO heeft gebruikt voor het afleiden van haar advieswaarden, niet geschikt om uitspraken te doen over de kans op ernstige slaapverstoring bij lagere geluidniveaus dan 40 dB (L_{night}) veroorzaakt door vliegverkeer. De data die in 2002 rondom Schiphol waren verzameld en waarop de BR-relatie van Breugelmans et al. [83] is gebaseerd, waren dat wel. Deze BR-relatie laat zien dat mensen al ernstige hinder door geluid vliegverkeer kunnen ondervinden bij nachtelijke geluidniveaus rond 30 dB (L_{night}).
Voor effecten op het hartvaatstelsel zijn wel duidelijkere veranderingen te zien. De Gezondheidsraad geeft in 1994 aan dat er vanaf 70 dB ($L_{Aeq6-22hr}$) effecten als coronaire hartziekten optreden (zie ook tabel 4.5). Op basis van deze observatie concludeert de Gezondheidsraad zelfs dat men in feite niets extra meer aan de hoge waarden hoeft te doen. Men verwoordt dit als volgt: "De meeste andere gevolgen van blootstelling aan geluid, zoals ischemische hartaandoeningen, hypertensie en

opname in psychiatrische ziekenhuizen, treden pas op bij betrekkelijk hoge geluidniveaus. Het lijkt mogelijk ze te voorkomen door het in acht nemen van bestaande wettelijke grenswaarden, in zowel de woon- als de werkomgeving." Echter, als gekeken wordt naar hetgeen de WHO in haar nieuwe richtlijnen zegt, dan blijkt dat de inzichten zijn bijgesteld. Hoewel nog steeds niet goed kan worden aangeven vanaf welke geluidniveaus precies het risico op effecten zoals coronaire hartziekten zal toenemen, is de opvatting tegenwoordig wel dat dit bij aanzienlijk lagere niveaus zal zijn dan vroeger werd gedacht. In hun evidence review over coronaire hartziekten hebben Van Kempen et al. [21] het over een niveau ergens tussen de 50 en 55 dB (L_{den}). In haar richtlijnen heeft de WHO het over een waarde van 53 dB (L_{den}) (Overigens komt deze toevallig overeen met de gezondheidskundige advieswaarde).

De BR-relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder die de WHO heeft gebruikt, verloopt nu vergelijkbaar of zelfs steiler dan de BR-relatie die onderzoekers in 1994 hebben afgeleid voor geluid van wegverkeer. Dit blijkt bij het vergelijken van de BR-relaties die werden gebruikt ten tijde van en kort na het advies van de Gezondheidsraad uit 1994 , en de BR-relaties van Guski et al[19] , die de WHO heeft gebruikt voor het afleiden van haar gezondheidskundige advieswaarden Dit beeld wordt ook bevestigd wanneer gekeken wordt naar de BR-relaties die zijn afgeleid op basis van data die zijn verzameld met de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016. Ten tijde van het Gezondheidsraad advies van 1994 was dit anders: toen verliep de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder steiler dan die voor railverkeer. Voor geluid van vliegverkeer verandert het beeld niet. De BR-relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder verloopt het steilst van de drie bronnen. Dit wordt bevestigd wanneer de BR-relaties met elkaar worden vergeleken die zijn afgeleid op basis van data van de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016. Bekeken moet worden welke consequenties de veranderingen in de BR-relatie voor geluid van railverkeer en ernstige hinder hebben voor de verschillen in normstelling tussen geluid van weg- en railverkeer en het achterliggend instrumentarium zoals een doelmatigheidscriterium.

4.4.3 GGD-richtlijn

In november 2019 publiceerde de GGD haar richtlijn 'Omgevingsgeluid en gezondheid' [91]. Deze richtlijn helpt GGD'en om geluid te beoordelen en burgers en beleidsmakers te adviseren bij vragen over geluid. Op basis van advisering door de GGD kunnen gemeenten lokaal beleid ontwikkelen om hun inwoners te beschermen. Het doel is de lokale geluidssituatie te verbeteren en daarmee zoveel mogelijk gezondheidswinst te behalen. Bij haar advisering gaat de GGD uit van de gezondheidseffecten van geluid en niet zo zeer van de wettelijke normen. Daarnaast kijkt de GGD naar de blootstelling aan geluid bij gevoelige bestemmingen en neemt waar mogelijk het geluid van alle bronnen mee in haar advies. De GGD-richtlijn behandelt niet alleen geluid door weg, rail- en vliegverkeer, maar ook geluid veroorzaakt door bedrijven en industrie. Voor de advisering over gezondheid is volgens de GGD een waarde van 50 dB (L_{den}) en 40 dB (L_{night}) of lager op de gevel van een gebouw gewenst. Deze gezondheidskundige richtwaarden gelden voor de bronnen wegverkeer, railverkeer, en bedrijven.

4.4.4 *Hoe verhoudt het advies van de GGD zich tot de WHO-richtlijnen?*

De gezondheidskundige richtwaarde van de GGD van 50 dB L_{den} is lager dan de afzonderlijke gezondheidskundige advieswaarden voor geluid van weg- en railverkeer (respectievelijk 53 en 54 dB L_{den}) die door de WHO worden geadviseerd. Bij het vaststellen van de gezondheidskundige richtwaarde is de GGD vooral uitgegaan van de kans op het krijgen van coronaire hartziekten door geluid. In de review van Van Kempen wordt aangegeven dat de kans op coronaire hartziekten door de blootstelling aan geluid van wegverkeer toeneemt vanaf 50-55 dB (L_{den}). Bij het advies van de WHO zijn de effecten van geluid op hinder leidend geweest.

Ook de gezondheidskundige richtwaarde van de GGD voor de nachtsituatie (40 dB L_{night}) ligt lager dan de gezondheidskundige advieswaarden voor nachtelijk geluid van weg- en railverkeer (respectievelijk 45 en 44 dB L_{night}). Bij het vaststellen van haar gezondheidskundige richtwaarde gaat de GGD uit van een acceptabel binnenniveau met een geopend raam (33 dB L_{den}). Voor geluid afkomstig van weg- en railverkeer neemt men aan dat 33 dB (L_{den}) overeen komt met een nachtelijk blootstellingsniveau van circa 25 dB (L_{night}). De GGD gaat ervan uit dat mensen keuzevrijheid zouden moeten hebben om met open of gesloten raam te slapen. Een gevel met beperkt te openen ramen zou het geluidniveau reduceren tot 15 dB (L_{night}). Dit betekent volgens de GGD dat 40 dB (L_{night}) op de gevel tot een acceptabel binnenniveau leidt. Bij het advies van de WHO zijn de effecten van nachtelijk geluid op slaapverstoring leidend geweest.
Voor de blootstelling aan geluid van vliegverkeer wordt in de GGD-richtlijn geen gezondheidskundige richtwaarde gegeven. De GGD adviseert om voor vliegverkeer uit te gaan van de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO [2].

De GGD realiseert zich dat het in een stedelijke omgeving zeer lastig is om de voorgestelde gezondheidskundige richtwaarden te bereiken. In die gevallen zou het doel moeten zijn om in elk geval zo dicht mogelijk bij deze waarden te komen, bij voorkeur door maatregelen aan de bron en door middel van overdrachtsmaatregelen. Als bron- en overdrachtsmaatregelen niet mogelijk of onvoldoende effectief zijn, zijn isolerende maatregelen, gericht op een acceptabel binnen niveau nodig. De GGD adviseert daarbij altijd een geluidsluwe, aangename zijde. Daarmee wordt een toegankelijke, bruikbare, liefst groene en schone zijde bedoeld met een geluidbelasting van minder dan 50 dB L_{den} en 40 dB L_{night}. De slaapkamers moeten zoveel mogelijk aan deze geluidsluwe zijde zijn gesitueerd.

Conclusie
De adviezen van de Gezondheidsraad 1971/1972, 1994 en 2004 gaan in op gezondheidskundige advieswaarden en hebben op de een of andere manier een rol gespeeld bij de totstandkoming van de huidige wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsgeluid.
De gezondheidseffecten die volgens de Gezondheidsraad met de blootstelling aan omgevingsgeluid zijn gerelateerd, blijken grotendeels dezelfde zijn als de effecten die door de WHO wederom worden genoemd. Wel blijkt dat de WHO in haar advies een verdere uitsplitsing maakt van gezondheidseindpunten, en dat er nieuwe

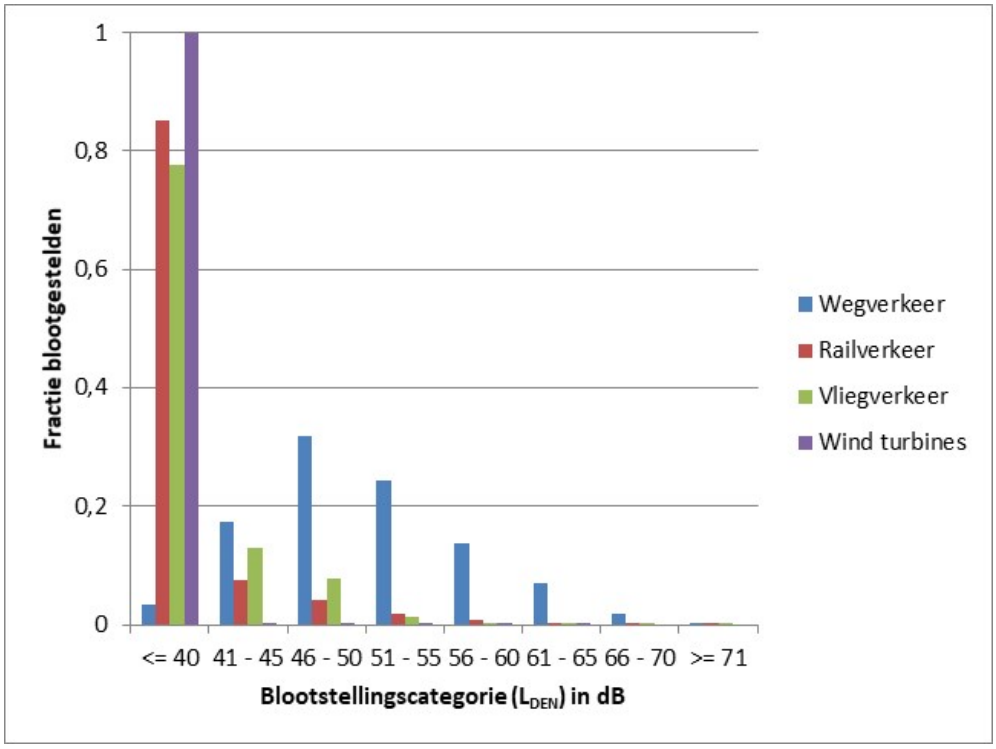
gezondheidseindpunten in verband worden gebracht met de blootstelling aan geluid.

De door de Gezondheidsraad gepresenteerde waarnemingsniveaus en maximaal toelaatbare geluidniveaus kunnen niet worden vergeleken met de gezondheidskundige advieswaardes van de WHO. Wel is te zien dat de door de Gezondheidsraad gepresenteerde waarnemingsniveaus voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring grotendeels overeenkomen met de laagste geluidniveaus van de door de WHO gebruikte BR-relaties. De inzichten op het gebied van waarnemingsniveaus voor effecten op het hartvaatstelsel zijn echter wel veranderd: Effecten lijken op te treden bij veel lagere niveaus dan ten tijde van het opstellen van de adviezen van de Gezondheidsraad werd gedacht.
Ten slotte blijkt dat de BR-relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder vergelijkbaar of zelfs steiler lijk te verlopen dan de BR-relatie geluid van wegverkeer en ernstige hinder. Ten tijde en vlak na het Gezondheidsraad advies van 1994 was dit anders: toen verliep de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder steiler dan die voor railverkeer.

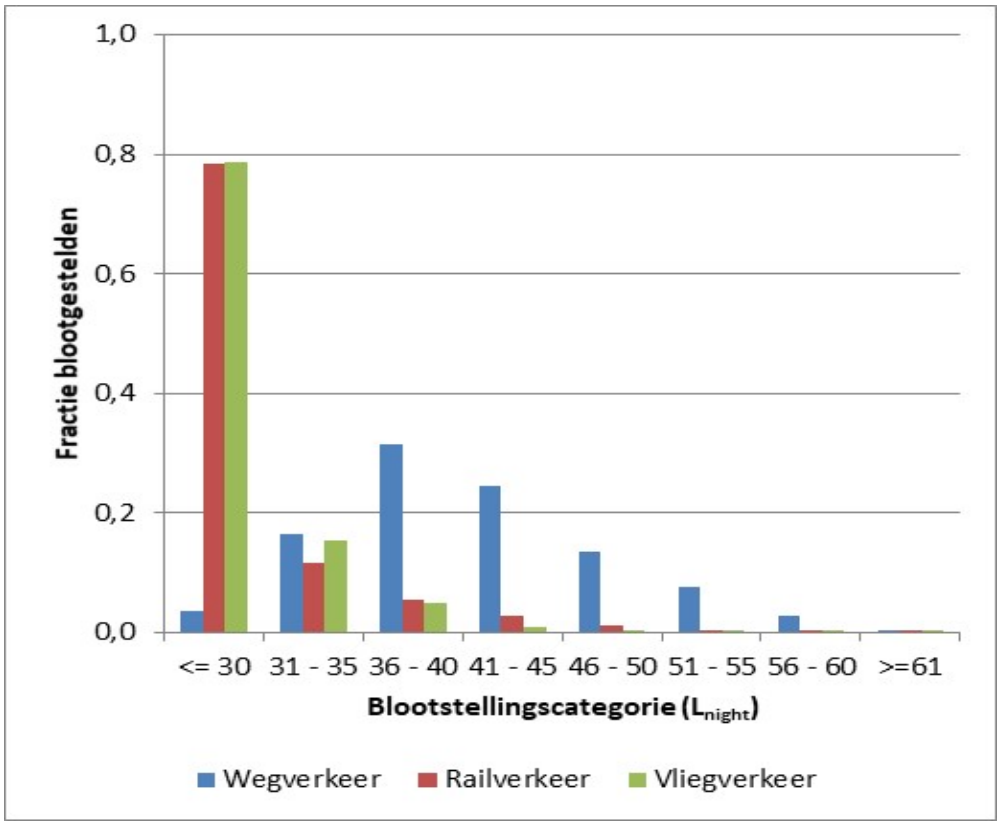
Bekeken moet worden wat de veranderde inzichten over de waarnemingsniveaus van effecten op het hartvaatstelsel en de veranderingen in de BR-relatie voor geluid van railverkeer en ernstige hinder voor gevolgen hebben voor de Nederlandse wet- en regelgeving. Recent heeft ook de GGD een gezondheidskundige advieswaarde voor geluid gepresenteerd. Net als de WHO-richtlijnen hebben gezondheidskundige motieven een rol gespeeld bij het vaststellen van deze waarde; in het bijzonder de kans op coronaire hartziekten.

4.5 Mate van blootstelling aan geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines in Nederland

In figuur 4.5 en figuur 4.6 zijn de blootstellingverdelingen voor geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines gedurende het etmaal en de nachtperiode te zien. Deze blootstellingsverdelingen zijn gebaseerd op modelberekeningen. Met een model wordt geprobeerd aan de hand van een aantal parameters een weergave van de werkelijkheid weer te geven. Het is dus niet exact de werkelijkheid, maar het geeft wel een goede indicatie van wat er aan de hand is.



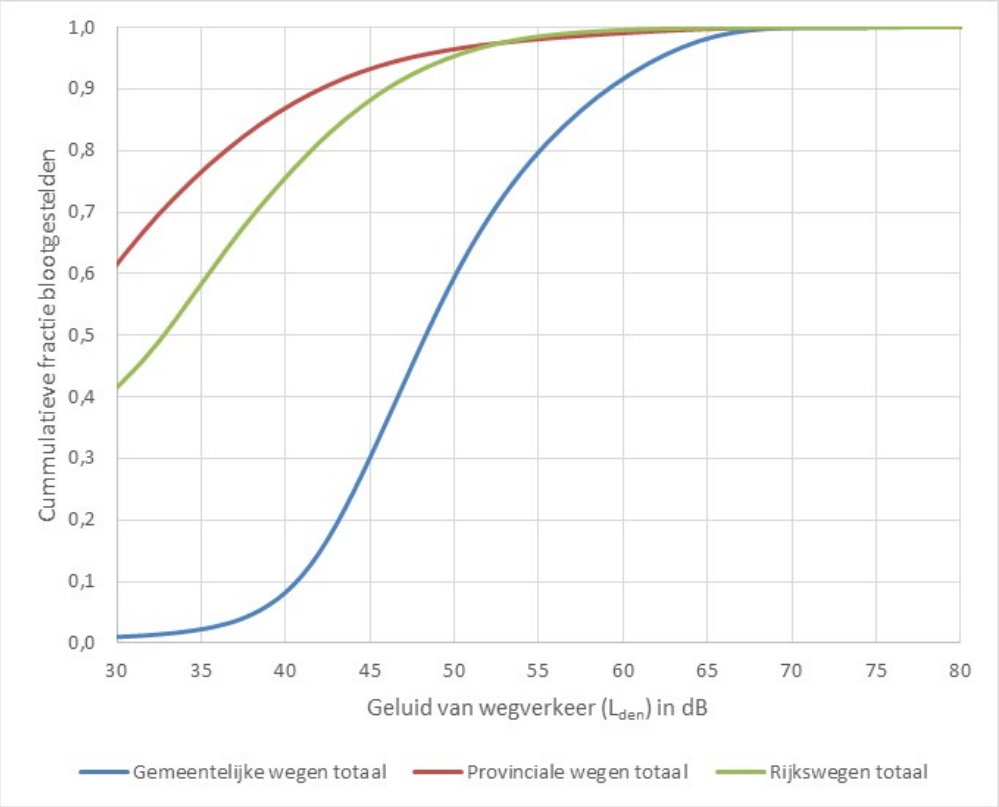
Figuur 4.5 De verdeling van de blootstelling (uitgedrukt in L_{den}) aan geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en windturbines in Nederland.



Figuur 4.6 De verdeling van de nachtelijke blootstelling (uitgedrukt in L_{night}) aan geluid van weg-, rail- en vliegverkeer in Nederland.

4.5.1 *Geluid van wegverkeer*

Uit figuur 4.5 en 4.b blijkt dat de meeste mensen in Nederland worden blootgesteld aan geluid van wegverkeer. Uit figuur 4.5 blijkt bijvoorbeeld dat ruim 47% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan 50 dB (L_{den}) veroorzaakt door wegverkeer. Daarnaast blijkt uit figuur 4.6 dat ongeveer 24% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus van meer dan 45 dB (L_{night}) door wegverkeer (zie figuur 4.6). Om tot een blootstellingsverdeling van geluid van wegverkeer te komen heeft het RIVM gebruik gemaakt van blootstellingsgegevens uit de periode 2011-2016.



Figuur 4.7. Verdeling van blootstelling van personen aan de geluidbelasting afkomstig van gemeentelijke, provinciale en rijkswegen in Nederland. Het RIVM heeft de geluidbelasting door de verschillende bronnen van wegverkeer met data over de periode 2011-2016 in kaart gebracht.

De meeste mensen die worden blootgesteld aan geluid van wegverkeer, worden blootgesteld aan geluid van wegverkeer afkomstig van gemeentelijke wegen. Dit blijkt ook uit figuur 4.7 waarin de verdeling van de blootstelling van geluid afkomstig van gemeentelijke, provinciale en rijkswegen over de Nederlandse bevolking is weergegeven. Uit de figuur blijkt bijvoorbeeld dat ruim 43% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus van gemeentelijke wegen van 50 dB (L_{den}) of meer afkomstig.

4.5.2 *Hoe verhoudt de blootstelling aan geluid van wegverkeer zich tot huidige geluidnormen voor wegverkeer?*

Voor geluid van wegverkeer zijn in het Nederlandse stelsel meerdere normen opgenomen. In tabel 4.6 en 4.7 is voor de belangrijkste normen van geluid van wegverkeer gekeken hoeveel mensen worden blootgesteld aan geluidniveaus boven deze normen. Blootstelling aan geluidniveaus lager of gelijk aan de norm zijn volgens het Nederlandse stelsel nog acceptabel.

Tabel 4.6 Aantal mensen in Nederland dat is blootgesteld aan geluidniveaus van wegverkeer (Lden) die hoger zijn dan de voor de betreffende bron geldende voorkeurswaarde.*

Bron	**Voorkeurswaarde (L_{den})**	**Aantal of percentage† personen > voorkeurswaarde**	
Gemeentelijk‡	53	4.953.800	29†
Provinciaal‡	50	640.200	4†
Rijks**	50	879.980	5†

*Het gaat om de totale bevolking; †Het gaat om het percentage berekend met behulp van het totaal aantal mensen in Nederland dat aan geluid afkomstig van deze bron wordt blootgesteld; ‡ Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2011 in kaart gebracht; **Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2016 in kaart gebracht.

*Tabel 4.7 Aantal mensen in Nederland dat is blootgesteld aan geluidniveaus van wegverkeer (Lden) die hoger zijn dan de maximale waarde.**

Bron	**Situatie***	**Maximale waarde (L_{den})**	**Aantal of percentage† personen > maximale waarde**	
Gemeentelijk‡	Bin beb kom	68	74.700	1†
	Bui beb kom	58	194.200	13†
Provinciaal‡	Bin beb kom	63	45.200	0,3†
	Bui beb kom	57	123.500	8†
Rijks**	-	57	175.000	1†

*Het gaat om de totale bevolking; †Het gaat om het percentage berekend m.b.v. het totaal aantal mensen in Nederland dat aan geluid afkomstig van deze bron wordt blootgesteld. ‡ Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2011 in kaart gebracht; **Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2016 in kaart gebracht. Afkorting: Bin beb kom = binnen de bebouwde kom, Bui beb kom = Buiten de bebouwde kom

Uit tabel 4.6. blijkt dat 29% van de mensen die in Nederland worden blootgesteld aan geluid afkomstig van gemeentelijke wegen, worden blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de voorkeurswaarde van 53 dB (L_{den}). Het gaat om bijna 5 miljoen mensen. Voor geluid afkomstig van provinciale en rijkswegen liggen deze fracties lager. Uit tabel 4.7 blijkt dat 13% van de mensen die in Nederland buiten de bebouwde kom worden blootgesteld aan geluid afkomstig van gemeentelijke wegen, worden blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de maximale waarde van 58 dB (L_{den}). Het gaat om ruim 194.000 personen.
Voor geluid afkomstig van provinciale wegen blijkt dat 8% van de mensen wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de huidige maximale waarde van 57 dB (L_{den}). Het gaat dan om bijna 124.000 personen.

4.5.3 *Geluid van railverkeer*

Uit figuur 4.5 blijkt dat ruim 3% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus van meer dan 50 dB (L_{den}) afkomstig van railverkeer. Daarnaast wordt bijna 2% van de Nederlandse bevolking blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus van meer dan 45 dB (L_{night}) afkomstig van railverkeer (zie figuur 4.6). De blootstelling aan geluid van railverkeer is met behulp van data uit 2016 in kaart gebracht.

Tabel 4.8 Aantal mensen in Nederland dat is blootgesteld aan geluidniveaus van railverkeer (Lden) die hoger zijn dan de voorkeurs of maximale waarde.,‡*

Soort norm	**Norm (L_{den})**	**Aantal personen norm**	**Percentage personen > nor**
Voorkeurswaarde	55	262.000	1,5†
Maximale waarde	68	6.600	0,04†

*Het gaat om de totale bevolking; † Het gaat om het percentage berekend met behulp van het totaal aantal mensen in Nederland dat aan geluid afkomstig van railverkeer wordt blootgesteld; ‡ Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2016 in kaart gebracht.

Voor geluid van railverkeer zijn in het Nederlandse geluidnormenstelsel meerdere normen opgenomen. In tabel 4.8 is voor de belangrijkste normen gekeken hoeveel mensen worden blootgesteld aan geluidniveaus boven deze normen.

4.5.4 *Geluid van vliegverkeer*

Bijna 2% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus van meer dan 50 dB (L_{den}) veroorzaakt door vliegverkeer. Minder dan 1 % van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus van meer dan 45 dB (L_{night}) die worden veroorzaakt door vliegverkeer. De blootstelling aan geluid van vliegverkeer is gebaseerd op geluidberekeningen van het NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015/6. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn niet in de berekening meegenomen. In figuur 4.5 en figuur 4.6 is te zien hoe de blootstelling aan geluid van vliegverkeer zich verhoudt tot de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer en windturbines.
In tegenstelling tot geluid van weg- en railverkeer is bij de normering voor geluid van vliegverkeer geen sprake van een bandbreedte-stelsel. In het Nederlandse geluidnormenstelsel heeft elke luchthaven zijn eigen grenzen voor geluidsoverlast.

4.5.5 *Geluid van windturbines*

Op basis van blootstellingsgegevens uit 2015 wordt geschat dat bijna 0,2% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus van 41 dB (L_{den}) en meer. Voor geluid van windturbines is de norm 47 dB (L_{den}). Op basis van gegevens uit 2015 wordt geschat dat 0,02% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus die hoger zijn dan de norm van 47 dB (L_{den}).

Conclusie

In Nederland worden de meeste personen blootgesteld aan geluid afkomstig van wegverkeer. Daarbij gaat het vooral om verkeer op gemeentelijke wegen. 29% van deze personen wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de voorkeurswaarde. Dit betreft bijna 5 miljoen mensen. Het aantal mensen dat wordt blootgesteld aan geluidniveaus van weg- of railverkeer hoger dan de huidige maximale waarden is in de meeste gevallen relatief beperkt.

5 Vergelijking tussen WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel

In dit hoofdstuk worden de WHO-richtlijnen (hoofdstuk 3) en het Nederlandse stelsel (hoofdstuk 4) met elkaar vergeleken voor de aspecten zoals die in hoofdstuk 2 staan beschreven. De *belangrijkste verschillen* zijn:

- Het doel van de twee stelsels verschilt. De WHO beoogt een vermindering in de omvang van het aantal negatieve gezondheidseffecten onder burgers, terwijl het Nederlandse stelsel uitgaat van het "stand still" principe en heeft daardoor als belangrijkste doel om de huidige situatie te beheersen en schadelijke effecten te voorkomen. De WHO wil handvatten te geven om gezondheid beter mee te nemen bij beleid. Bij het Nederlandse stelsel is reductie van negatieve gezondheidseffecten door geluid geen doel op zich.
- Bij de WHO-richtlijnen en het Nederlandse geluidnormenstelsel heeft vooral hinder een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van de advieswaarden of geluidnormen. Ook is in beide gevallen rekening gehouden met andere gezondheidseffecten van geluid dan hinder. Daarbij hebben BR-relaties in meer of mindere mate een rol gespeeld. Bij de totstandkoming van het Nederlandse geluidnormenstelsel is daarnaast ook rekening gehouden met factoren zoals economische belangen en ruimtelijke functies van een gebied. Bij de totstandkoming van de WHO-richtlijnen heeft voornamelijk gezondheid een rol gespeeld.
- Het Nederlandse stelsel bevat voor geluid van weg- en railverkeer normen voor verschillende situaties (bijvoorbeeld binnen de bebouwde kom, buiten de bebouwde kom, nieuw aan te leggen infra). Deze normen worden uitgedrukt in een L_{den}. Het Nederlandse normenstelsel hanteert voor geluid van vliegverkeer en windturbines een nachtwaarde (uitgedrukt in L_{night}). In de WHO-richtlijnen wordt per bron een gezondheidskundige advieswaarde aanbevolen voor het etmaal (L_{den}) en speciaal voor de nacht (L_{night}).
- In het Nederlandse geluidnormenstelsel worden er voor geluid van wegverkeer strengere normen gehanteerd dan voor geluid van railverkeer. In de WHO-richtlijnen valt dit verschil weg, mede op basis van de nieuwe BR-relaties.
- Om geluidniveaus te verlagen tot de gezondheidskundige advieswaarde, adviseert de WHO passende maatregelen: maatregelen die effectief zijn in termen van reductie van negatieve gezondheidseffecten. Volgens het Nederlandse normenstelsel moeten maatregelen om het geluidniveau te reduceren en te beheersen vooral doelmatig zijn.

Een opmerking vooraf: Het Nederlandse geluidnormenstelsel is ingebed in regelgeving en beleid. De regelgeving bepaalt wanneer een norm wel of niet moet worden nageleefd, welk doel wordt nagestreefd en welk effect het naderen of overschrijden van die normwaarde heeft. Bij het

vergelijken van de WHO-richtlijnen met de Nederlandse normen wordt in dit hoofdstuk daarom het Nederlandse stelsel als geheel beschouwd (normen en beleid).

5.1 Wat is de aanleiding voor het opstellen van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel?

De aanleiding voor de WHO-richtlijnen is de behoefte aan actuele richtlijnen over de impact van omgevingsgeluid op gezondheid. Bij de richtlijnen wordt niet uitgegaan van een planologische benadering van het probleem zoals in het Nederlandse stelsel.

Het Nederlandse normenstelsel is ontstaan doordat er behoefte was aan normen en contouren om de bestaande akoestische situatie vanuit een planologische benadering te beheersen. Bijvoorbeeld: In het rapport "Grondslagen" uit 1955 over de uitbreiding van Schiphol wordt geconstateerd dat onder invloed van de luchtvaart en technische ontwikkelingen het probleem van geluidhinder wereldwijd actueel werd. Er ontstaan echter mogelijke conflicten als tegelijk met de groei van de luchtvaart ook het stedelijk gebied groeit. De opvatting was dat geluid een probleem is dat voorkomen kan worden door functies als "wonen" en "verkeer" te scheiden met gebruik van planningsinstrumenten: slechte planning zou uiteindelijk verantwoordelijk zijn voor de hinder. Ook het advies van de Gezondheidsraad uit 1971/1972 benoemde het belang van ruimtelijke ordening voor de bestrijding en voorkoming van ontoelaatbaar lawaai (zie ook paragraaf 4.4). Belangrijke middelen die men daarbij volgens de Gezondheidsraad kon inzetten waren bestemmings- en streekplannen. In dergelijke plannen wordt geadviseerd om geluidbelastende functies (luchthavens, wegverkeer, etc.) te scheiden van geluidgevoelige functies (woongebieden, recreatiegebieden, etc.). Daarbij kan het betreffende gebied worden onderverdeeld in zones, die ieder een eigen maximaal aanvaardbaar geluidniveau hebben.

Men wilde bij ruimtelijke ontwikkelingen een afweging kunnen maken over de (beperking van) toename van geluidsoverlast voor de omgeving. Sindsdien is in diverse vormen de geluidruimte voor activiteiten vastgelegd. De geluidruimte geeft aan hoeveel geluid maximaal mag worden geproduceerd en hoe hoog de geluidbelasting in het omliggende gebied mag zijn. Voor de bronhouder (bijvoorbeeld de wegbeheerder of de luchthaven) is duidelijk wat de geluidruimte voor de geluidbron is en voor de omgeving is duidelijk welke (planologische) beperkingen en mogelijkheden er vanwege geluid zijn.

5.2 Wat beogen de Nederlandse wetgever en de WHO?

Het doel van het Nederlandse geluidnormenstelsel is anders dan het doel van de WHO-richtlijnen. Dit wordt hieronder toegelicht.

De WHO beoogt een vermindering in de omvang van het aantal negatieve gezondheidseffecten door omgevingsgeluid bij mensen. Zoals vermeld in hoofdstuk 3 zijn de richtlijnen zijn bedoeld als handvatten om gezondheidsaspecten beter te kunnen meenemen in het beleid. Dat blijkt zowel uit de aanbevelingen van de WHO in haar richtlijnendocument als uit de aanleiding voor het opstellen van de

richtlijnen (de ministersconferentie) en de "guiding principles" zoals verwoord in het richtlijnen document.

Het huidige Nederlandse stelsel is niet primair gericht op gezondheid, maar beoogt voor alle geluidbronnen bescherming van mensen tegen hinder door een hoge geluidbelasting. De belangrijkste doelen zijn:

a) het beheersen van de huidige geluidssituatie;
b) het voorkomen en verminderen van excessen.

Ad a. De regelgeving is over het algemeen gericht op het "beheersbaar" houden van de situatie. Dit blijkt ook uit het feit dat bij de saneringsoperatie alleen voor geluidgevoelige gebouwen in gebieden met een zeer hoge geluidbelasting (een geluidbelasting boven de maximaal toelaatbare geluidbelasting) maatregelen worden getroffen om de geluidbelasting op de gevel of in de woning te verlagen. Het huidige beleid biedt, in tegenstelling tot wat de WHO-richtlijnen adviseren, in hoofdzaak geen of weinig stimulans om actief de geluidbelasting (en daarmee de omvang van negatieve gezondheidseffecten) verder terug te brengen dan de maximale of eerder vastgestelde waarde.

Ad b. Alleen bij hoge geluidbelastingen door weg- en railverkeer loopt een saneringsoperatie. Dit betekent dat de Nederlandse regelgeving alleen in dergelijke gevallen de reductie van geluidbelasting stimuleert en daardoor lokaal (als neveneffect) negatieve gezondheidseffecten van geluid vermindert. Dit komt overeen met wat de WHO-richtlijnen beogen. Echter, uit paragraaf 4.5 blijkt dat relatief weinig mensen in Nederland worden blootgesteld aan geluidniveaus boven de maximale waarde. Alleen voor geluid van wegverkeer afkomstig van gemeentelijke en provinciale wegen buiten de bebouwde kom blijkt dat respectievelijk 13% en 8% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de maximale waardes van 58 en 57 dB (L_{den}).

5.2.1 De Europese richtlijnen voor omgevingsgeluid en de WHO-richtlijnen

De doelstellingen van de Europese geluidwetgeving liggen meer in de richting van wat de WHO beoogt. In doelstellingen van de EU-richtlijn Omgevingslawaai (END) staat in artikel 1 namelijk het volgende vermeld: "1. Het doel van deze EU-richtlijn is een gemeenschappelijke aanpak te bepalen om op basis van prioriteiten de schadelijke gevolgen, hinder inbegrepen, van blootstelling aan omgevingslawaai te vermijden, te voorkomen of te verminderen." Daarnaast staat er "2. Deze EU-richtlijn heeft ook ten doel een grondslag te bieden voor het ontwikkelen van Gemeenschapsmaatregelen om lawaai van de belangrijkste bronnen te verminderen, in het bijzonder weg- en spoorwegvoertuigen en –infrastructuur, vliegtuigen, materieel voor gebruik buitenshuis en in de industrie en verplaatsbare machines." In de END zijn echter (in tegenstelling tot het Nederlandse geluidnormenstelsel) geen normen opgenomen. Dat komt omdat EU-richtlijnen alleen doelstellingen bevatten waar alle lidstaten van de Europese Unie aan moeten voldoen. Het beoogde resultaat staat dus vast, maar hoe een lidstaat daaraan voldoet niet. Daarbij mogen lidstaten zelf bepalen hoe ze een EU-richtlijn uitwerken en mogen ze rekening houden met de specifieke situatie in hun land.

5.3 De wetenschappelijk onderbouwing van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse geluidnormen stelsel

5.3.1 Met welke gezondheidseffecten is rekening gehouden?

Volgens de WHO-richtlijnen is hinder nog steeds een van de belangrijkste effecten van geluid. Eerder concludeerde de Gezondheidsraad dat ook al in 1971 en 1994 [25, 26]. De Nederlandse geluidsnormen houden qua gezondheidseffecten voornamelijk rekening met hinder. Dit is voor weg-, rail- en vliegverkeer deels praktisch te verklaren. In de tijd dat geluidsnormen ontstonden was er weinig onderzoek beschikbaar naar de effecten van geluid op bijvoorbeeld coronaire hartziekten. Men wist dat geluid een effect had op het vegetatieve zenuwstelsel en bloeddruk [25], maar onderzoek over bij welke geluidniveaus deze effecten precies optraden was ten tijde van het advies van de Gezondheidsraad in 1971/1972 niet of nauwelijks voorhanden.

In de jaren negentig veranderde dat: De Gezondheidsraad geeft in 1994 aan dat er vanaf 70 dB ($L_{Aeq6\text{-}22hr}$) effecten als coronaire hartziekten optreden (zie ook tabel 4.5 in paragraaf 4.4). Echter, als we kijken naar wat de WHO in haar nieuwe richtlijnen zegt, dan blijkt dat de inzichten inmiddels weer zijn bijgesteld. Hoewel we nog steeds niet goed kunnen aangeven vanaf welke geluidniveaus precies het risico op bijvoorbeeld een effect als coronaire hartziekten zal toenemen, denken we tegenwoordig wel dat dit bij aanzienlijk lagere niveaus moet zijn dan wat we vroeger dachten. In haar richtlijnen heeft de WHO het over een waarde van 53 dB (L_{den}). Dit is een belangrijke observatie, omdat de Gezondheidsraad in 1994, concludeerde dat men in feite niets extra's aan de hoge waarden hoeft te doen. Deze conclusie werd gedaan op basis van de observatie dat effecten als hart -en vaatziekten pas vanaf 70 dB ($L_{Aeq,6\text{-}22hr}$) optreden. De Gezondheidsraad verwoordde dit als volgt: "De meeste andere gevolgen van blootstelling aan geluid, zoals ischemische hartaandoeningen, hypertensie en opname in psychiatrische ziekenhuizen, treden pas op bij betrekkelijk hoge geluidniveaus. Het lijkt mogelijk deze gevolgen te voorkomen door het in acht nemen van bestaande wettelijke grenswaarden, in zowel de woon- als de werkomgeving." Met de nieuwe inzichten van de WHO over de waarnemingsniveaus van effecten als coronaire hartziekten kan men zich echter afvragen of de huidige maximale waarden nog wel voldoende bescherming bieden.

Toch is er bij de totstandkoming van de huidige Nederlandse geluidnormen wel degelijk rekening gehouden met het optreden van *andere* gezondheidseffecten van geluid dan hinder. In haar advies in 1971/1972 concludeerde de Gezondheidsraad immers al dat geluid ongewenste effecten kan hebben in de vorm van hinder, verstoring van de slaap, belasting van het vegetatieve zenuwstelsel, verstoring van de communicatie, beïnvloeding van de arbeidsprestatie en beschadiging van het gehoor. Op basis van haar bevindingen heeft de Gezondheidsraad in haar advies van 1971/1972 daarom maximaal aanvaardbare geluidniveaus afgeleid voor vier verschillende soorten omgevingen/zones (zie ook paragraaf 4.4). Later stelde de Gezondheidsraad (zoals hierboven is beschreven) op basis van de waarnemingsniveaus voor het optreden van de meer ernstige effecten

als coronaire hartziekten, dat de destijds/huidige geldende maximale geluidniveaus voldoende bescherming zouden bieden.
Hoewel in het Nederlandse normenstelsel geen aparte geluidnormen voor de blootstelling aan nachtelijk geluid van weg- en railverkeer zijn opgenomen, is er wel impliciet rekening gehouden met de behoefte aan ongestoorde nachtrust. Zowel in de oorspronkelijke geluidmaat L_{etmaal} als in de huidige maat L_{den} wordt het geluidniveau 's nachts daartoe met een toeslag van 10 dB meegeteld.

De WHO heeft haar gezondheidskundige advieswaarden bepaald op basis van zes van tevoren geselecteerde gezondheidseindpunten die zij relevant en kritisch achtte. Naast ernstige hinder, gaat het dan om hypertensie (verhoogde bloeddruk), coronaire hartziekten, permanent gehoorverlies, begrijpend lezen en mondeling begrip, en ernstige slaapverstoring. Het gaat om gezondheidseindpunten die al heel lang in meer of mindere mate worden gerelateerd aan de blootstelling van geluid. Ook in de verschillende adviezen van de Gezondheidsraad is dat gebeurd; het is dus niet nieuw. Bovendien verschillen ze niet zoveel van de gezondheidseindpunten waarmee bij de totstandkoming van de Nederlandse geluidnormen rekening is gehouden. Wel verschilt de manier waarop en in welke mate er rekening is gehouden met de verschillende gezondheidseffecten.

5.3.2 *Hoe heeft gezondheid een rol gespeeld bij het afleiden van normen en gezondheidskundige advieswaardes?*

Het Nederlandse geluidnormenstelsel is vooral gebaseerd op wat beleidsmatig nog als acceptabel wordt gezien, waarbij rekening is gehouden met hinder, maar waarbij nog steeds andere nadelige gezondheidseffecten kunnen voorkomen. In de vorige paragraaf hebben we al proberen te laten zien hoe de destijds beschikbare kennis op het gebied van geluid en gezondheid heeft geleid tot maximaal toelaatbare geluidniveaus voor verschillende woonomgevingen, hoe de kennis over waarnemingsniveaus van met name de ernstige effecten (bijvoorbeeld coronaire hartziekten) is toegepast om de hoogte van maximale geluidniveaus te verantwoorden, en hoe men een goede nachtrust probeerde te waarborgen door de nachtelijke geluidniveaus in de L_{den} extra te belasten.

Bij het afleiden van geluidnormen is echter ook rekening gehouden met andere factoren dan gezondheid. Zo wordt bij het vaststellen van de normen een afweging gemaakt tussen hinder voor omwonenden en andere (economische) belangen. Ter illustratie een voorbeeld uit de luchtvaart: In 1967 werd de Commissie Kosten bijvoorbeeld gevraagd om te onderzoeken welk geluidniveau van vliegverkeer nog toelaatbaar was. Uiteindelijk werd de term "Toelaatbaar" door de Commissie Kosten gekoppeld aan "hinder in woonwijken". Al in 1961 werd de Commissie Kosten gevraagd om een advies uit te brengen over de te treffen maatregelen om ernstige hinder veroorzaakt door vliegtuigen buiten luchtvaartterreinen te voorkomen c.q. te bestrijden." De speelruimte was erg beperkt. Namelijk: "het bezwaar geluidhinder weegt niet op tegen nationale belang via Schiphol op het luchtvaartnetwerk te zijn aangesloten."
Bij de totstandkoming van de Nederlandse geluidnormen, heeft ook de ruimtelijke ordening een rol gespeeld. Ter illustratie het voorbeeld voor

weg- en railverkeer: Voor de Nederlandse normstelling is qua gezondheidseffecten in eerste instantie rekening gehouden met wat qua hinder nog als acceptabel werd beschouwd. Vervolgens is dit bijgesteld vanwege de te verwachten gevolgen voor de ruimtelijke functies (wonen, industrie en verkeer) en economische ontwikkelingen van een gebied. Daarbij is advies gevraagd aan verschillende instanties (bijvoorbeeld Gezondheidsraad en TNO). Op basis van deze adviezen zijn de uiteindelijke voorkeurswaarden en maximaal toelaatbare waarden voor geluid van wegverkeer geformuleerd. Voor spoorweglawaai is een 5 dB hogere norm vastgelegd omdat spoorweglawaai, volgens de toen bestaande hinderstudies, als minder hinderlijk werd ervaren dan wegverkeerslawaai. In paragraaf 4.4 en in Van Kempen et al [1] is al toegelicht dat dit verschil er niet meer is.

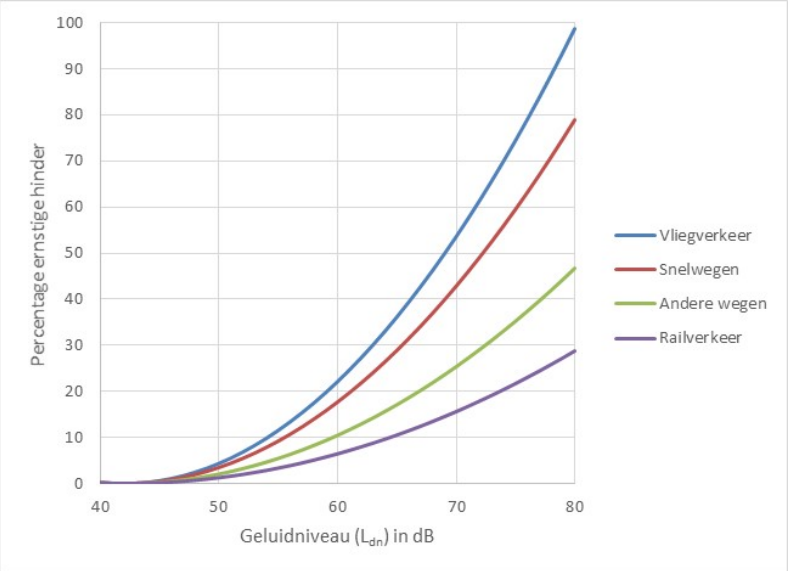
In tegenstelling tot de afwegingen die gemaakt zijn ten behoeve van Nederlandse geluidnormen, heeft de WHO voor het afleiden van haar advieswaarden eigenlijk vooral rekening gehouden met gezondheid. Om het meer behapbaar te maken heeft de WHO zes gezondheidseindpunten geselecteerd die zij relevant en kritisch achtte. Voor elk van deze geselecteerde gezondheidseindpunten is vervolgens bepaald wanneer de respons bij de blootgestelde populatie nog relevant was bijvoorbeeld in vergelijking met een referentie. Deze zogenaamde relevante respons of Bench Mark Dosis werd vastgesteld op basis van expert judgement. Een belangrijke keuze van de WHO die later van zwaarwegend belang is geweest, is de keuze om 10% ernstige hinder en 3% ernstige slaapverstoring als maximaal acceptabele responsen te benoemen. De WHO heeft ook voor andere gezondheidseindpunten een relevante respons bepaald: voor coronaire hartziekten werd een relatieve toename van maximaal 5% door de WHO als acceptabel beschouwd. Met behulp van de destijds nieuwste BR-relaties heeft de WHO vervolgens bepaald bij welke geluidniveaus de verschillende relevante responsen naar verwachting optreden. Echter, 10% van de mensen zal al bij een lager geluidniveau ernstig wordt gehinderd dan dat het risico op coronaire hartziekten met maximaal 5% is toegenomen. Dit is een belangrijke reden waarom de uiteindelijke gezondheidskundige advieswaarde vaak ongeveer gelijk is aan het geluidniveau waar 10% van de mensen ernstig is gehinderd. Door met de advieswaarde dicht in de buurt van de geluidniveaus gaan zitten waar 10% van de mensen mogelijk ernstig wordt gehinderd, zou er in elk voldoende bescherming worden geboden tegen het optreden van de meer ernstige gezondheidseffecten zoals coronaire hartziekten.

Hoewel, een gezondheidskundige advieswaarde veronderstelt dat het risico op het optreden van een gezondheidseffecten nul of nauwelijks verhoogd is, blijkt na bestudering van gevolgde procedure dat ook de WHO net als het Nederlandse geluidnormenstelsel een zekere kans op het krijgen van gezondheidseffecten door geluid accepteert. Hoe dit voor de WHO in zijn werk is gegaan wordt beschreven in hoofdstuk 3.
Ter illustratie wordt hier de situatie voor weg- en railverkeer en windturbines beschreven. Toen in de jaren 90 de eerste BR-relaties tussen geluid van weg- en railverkeer en hinder door Miedema [94] zijn vastgesteld, bleek dat de voorkeurswaarde voor wegverkeerslawaai overeenkwam met ~3% ernstig gehinderden. Dit is weliswaar lager dan het percentage wat momenteel door de WHO als acceptabel wordt

beschouwd (10% ernstige hinder), maar het Nederlands stelsel kent naast een voorkeurswaarde ook een maximale waarde. Deze maximale waarde ligt wat hoger en daarbij werd op basis van de BR-relaties van Miedema [94] ~10-15% ernstige hinder geaccepteerd. Volgens de huidige inzichten liggen deze percentages nu hoger. De normen voor geluid van windturbines zijn pas in 2011 vastgesteld. Hierbij is de dosismaat gewijzigd van $L_{A,RT}$ naar L_{den}. Er is geprobeerd een norm neutrale omzetting te realiseren. Hierbij is uiteindelijk gekozen voor 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night}. Dit kwam overeen met 9% ernstige hinder. Voor vliegverkeer is het lastig om te illustreren welk percentage hinder men nog accepteert. De normen per luchthaven verschillen immers. Wel is duidelijk dat het werk van de cie. Kosten een belangrijke rol heeft gespeeld bij de totstandkoming van de huidige normen rondom Schiphol.

5.3.3 *Welke rol hebben BR-relaties gespeeld bij het afleiden van geluidnormen en advieswaardes?*

Bij de totstandkoming van Nederlandse geluidnormen hebben ook BR-relaties een rol gespeeld. De mogelijke effecten van omgevingsgeluid op de gezondheid werden ten tijde van het afleiden van de geluidnormen nog niet of nauwelijks beschreven aan de hand van blootstelling-respons relaties. Uitzondering daarop vormde gehoorbeschadiging en in mindere mate ook geluidhinder. In haar advies van 1971/1972 beschrijft de Gezondheidsraad namelijk het vragenlijstonderzoek dat in 1963 rondom Schiphol is uitgevoerd, waarbij de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder werd onderzocht (Commissie Kosten). De eerste bron-specifieke BR-relaties die de relatie tussen de blootstelling aan geluid van weg, rail en vliegverkeer beschrijven worden pas begin jaren 90 opgesteld: het gaat om de BR-relaties die zijn afgeleid door Miedema [94] (zie ook figuur 5.1). Deze BR-relaties waren gebaseerd op gegevens afkomstig van verschillende studies uit verschillende landen. Ze konden worden beschreven aan de hand van een formule (zie ook tabel 4.2 in [94]).



Figuur 5.1 De relatie tussen geluid van vlieg-, weg- en railverkeer en ernstige hinder (Bron: [94]).

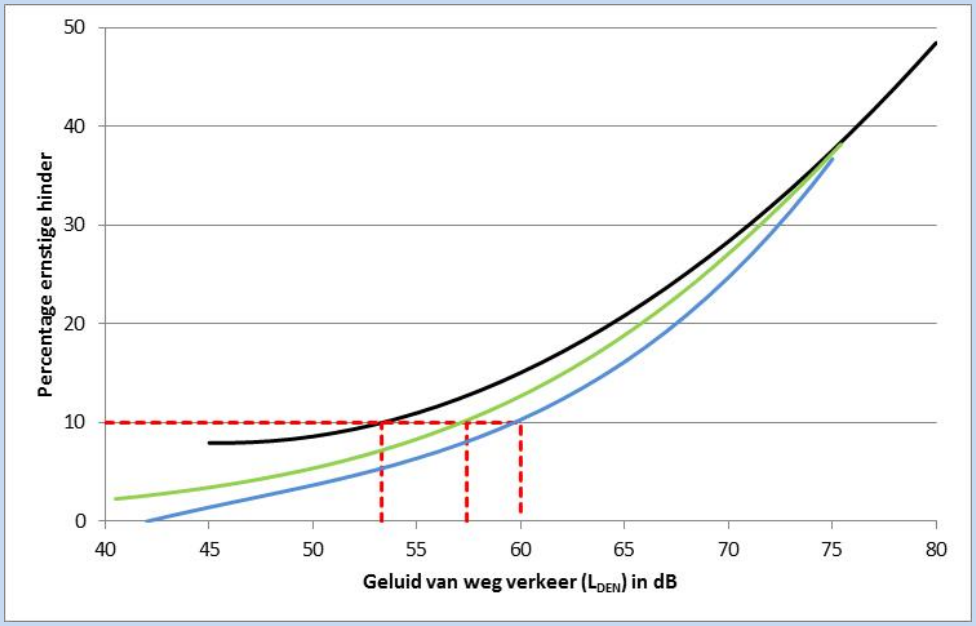
Om ten tijde van het opstellen van normen in de jaren 70 toch te kunnen bepalen bij welke geluid niveaus van een bepaalde geluidsbron welke kans op hinder werd verwacht, werden voor het bepalen van hinder van wegverkeer en vliegverkeer enquêtes afgenomen om de hinder van omwonenden te bepalen. Een goed voorbeeld is het werk van de Commissie Kosten [96]. Daarnaast werd ook gekeken naar de resultaten van diverse buitenlandse studies waarin hinder in beeld is gebracht.
Zoals in paragraaf 4.4 al werd beschreven, is in de jaren negentig ook de relatie tussen geluid en de effecten op het hartvaatstelsel een rol gaan spelen. In de tijd van het Gezondheidsraadadvies in 1994 werd deze relatie uitgedrukt in termen van een Relatief Risico (RR) boven het waarnemingsniveau. Dit was het geval voor coronaire hartziekten en hypertensie; voor beide gezondheidseffecten werd door de Gezondheidsraad een RR van 1,5 boven 70 dB(A) ($L_{Aeq6\text{-}22h}$) gerapporteerd. Op basis van deze BR-relatie concludeerde de Gezondheidsraad dat de maximale geluidniveaus destijds voldoende bescherming boden.
Omdat de normen voor windturbines pas later zijn opgesteld, heeft men bij het bepalen daarvan wel gebruik kunnen maken van een bron-specifieke BR-relatie. Het gaat om de BR-relatie die is afgeleid door Janssen et al [85]. Deze BR-relatie is echter gebaseerd op slechts drie studies. Dit wijkt af van de andere BR-relaties: De bestaande BR-relaties voor bijvoorbeeld geluid van wegverkeer zijn echter op een veel groter aantal studies gebaseerd.

Zoals in hoofdstuk 3 al is toegelicht, heeft de WHO haar gezondheidskundige advieswaarden bepaald met de Benchmark Dosis Methode. Om te bepalen welke benchmark dosis bij de van tevoren vastgestelde relevante responsen hoorde, heeft de WHO gebruik gemaakt van de BR-relaties die zijn afgeleid als onderdeel van de verschillende evidence reviews. Uiteindelijk waren slechts voor drie van de zes geselecteerde gezondheidseffecten die de WHO relevant en kritisch achtte, BR-relaties beschikbaar die volgens de WHO van voldoende kwaliteit waren: het ging om BR-relaties die de invloed op ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en de incidentie van coronaire hartziekten beschreven. Om de benchmark-dosis voor ernstige hinder te bepalen is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van de resultaten van de evidence review van Guski et al. [19]: als onderdeel van deze review zijn met behulp van een meta-analyse BR-relaties afgeleid voor de blootstelling aan geluid van weg, rail- en vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder. De BR-relaties waren gebaseerd op de resultaten van studies die waren uitgevoerd in verschillende landen in Europa en Azië. Om de benchmark dosis voor ernstige slaapverstoring te bepalen is gebruik gemaakt van de resultaten van de evidence review van Basner en McGuire [15]: als onderdeel van deze review zijn met behulp van een meta-analyse BR-relaties afgeleid voor de blootstelling aan nachtelijk geluid van weg, rail- en vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring. Ook nu waren de BR-relaties gebaseerd op de resultaten van studies die waren uitgevoerd in verschillende landen. Voor coronaire hartziekten was er alleen een BR-relatie van voldoende kwaliteit beschikbaar voor de associatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van coronaire hartziekten. Deze was gebaseerd op de resultaten van 7

studies en was afgeleid door middel van een meta-analyse als onderdeel van de evidence review van Van Kempen et al.[21].

Box 4 Het effect van het gebruik van verschillende BR-relaties

Het gebruik van verschillende BR-relaties is van invloed geweest op de hoogte van de af te leiden norm of advieswaarde. In onderstaande figuur wordt voor geluid van wegverkeer geïllustreerd hoe de keuze van de BR-relatie van invloed is geweest op de benchmark dosis voor ernstige hinder door geluid van wegverkeer.



Figuur 5.2 Bepaling van de benchmark dosis behorende bij een benchmark respons van 10% met behulp van verschillende relaties die de associatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder beschrijven. Zwarte lijn: BR-relatie afgeleid door Guski et al. [19], groene lijn: BR-relatie afgeleid op basis van data verzameld in de GGD-gezondheidsmonitor van 2016 (Breugelmans, in prep), blauwe lijn: BR-relatie afgeleid door Miedema & Oudshoorn [76] die is aanbevolen voor gebruik in de EU.

In figuur 5.2 zijn drie BR-relaties getekend: de BR-relatie die is afgeleid als onderdeel van de evidence review van Guski et al. [19] de BR-relatie afgeleid door Miedema & Oudshoorn [76] en een BR-relatie afgeleid op basis van data verzameld met de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016. De reeds bestaande BR-relatie van Miedema & Oudshoorn [76] was, net als de BR-relatie van Guski, ook gebaseerd op gegevens van studies uit verschillende landen. Een belangrijk verschil is dat de onderliggende studies bij Guski vaak jonger zijn dan de studies waar de BR-relatie van Miedema op is gebaseerd (zie voor meer verschillen ook Van Kempen et al. [1]).
Uit Figuur 5.2 blijkt dat het nogal wat uitmaakt welke BR-relatie gebruikt wordt om een benchmark-dosis te bepalen. Hoewel de BR-relatie die is afgeleid op basis van gegevens verzameld met de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016 de situatie in Nederland waarschijnlijk het beste weergeeft, is het voorstelbaar dat de WHO bij het vaststellen van de verschillende benchmark doses juist gebruik heeft gemaakt van de nieuwste BR-relaties, gebaseerd op internationale data. De WHO-richtlijnen zijn immers geldig voor de Europese regio en niet speciaal voor Nederland.

Conclusie
Bij zowel de WHO als het Nederlandse geluidnormenstelsel heeft vooral hinder een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van de huidige normen en de gezondheidskundige advieswaarden. Daarnaast is bij beide ook in meer of mindere mate rekening gehouden met andere gezondheidseffecten van geluid dan hinder. Bij de totstandkoming van het Nederlandse geluidnormenstelsel is daarnaast ook rekening gehouden met factoren zoals bijvoorbeeld economische belangen en de ruimtelijke functies van een gebied. Uiteindelijk heeft dit geleid tot normen die beleidsmatig acceptabel zijn, waarbij nog steeds nadelige gezondheidseffecten voorkomen.
Door rekening te houden met een aantal van tevoren geselecteerde gezondheidseindpunten die zij relevant en kritisch achtte, is de WHO tot gezondheidskundige advieswaarden gekomen. Hoewel, een gezondheidskundige advieswaarde veronderstelt dat het risico op het optreden van een gezondheidseffecten nul of nauwelijks verhoogd is, blijkt na bestudering van gevolgde procedure dat ook de WHO een zekere kans op het krijgen van gezondheidseffecten door geluid accepteert.
Bij zowel de totstandkoming van de Nederlandse geluidsnormen als de WHO-advieswaardes hebben BR-relaties een rol gespeeld. Aan de hand van BR-relaties werd vaak bepaald welke geluidniveaus kunnen worden gekoppeld aan een bepaalde kans op het krijgen van gezondheidseffecten van geluid. Voor het Nederlandse geluidnormenstelsel heeft men dit voornamelijk getoetst met behulp van bron-specifieke BR-relaties voor hinder; de WHO is ook nog voor andere gezondheidseffecten dan hinder nagegaan bij welke geluidniveaus bepaalde nog te accepteren kansen voor het oplopen van deze gezondheidseffecten zich voordeden.

5.4 Hoe zien de WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel eruit en op welke punten verschillen ze?

De WHO-richtlijnen en het Nederlandse stelsel verschillen in de vormgeving, de maatregelen, de status en de geluidmaten. Deze verschillen lichten we hieronder toe.

Het verschil in uitgangspunten van de beide stelsels heeft gevolgen voor de uitwerking en de vormgeving van het Nederlandse geluidnormenstel en de WHO-richtlijnen. De WHO-richtlijnen bevatten bron-specifieke gezondheidskundige advieswaarden voor de blootstelling aan geluid gedurende een etmaal (L_{den}) en tijdens de nacht (L_{night}). De advieswaarden zijn te beschouwen als geluidniveaus waarboven zekerheid bestaat dat er een meer dan acceptabel risico is op een negatief gezondheidseffect. Dit betekent dat *onder* de advieswaarden nog steeds kans is op negatieve gezondheidseffecten. Deze kans wordt echter door de WHO aanvaardbaar geacht.[18]
Het Nederlandse stelsel met geluidnormen gaat uit van het 'stand still'-principe en het afwegen van verschillende belangen bij planologische

[18] Let op: zoals in bijlage 2 als is aangegeven kunnen de nieuwe WHO-advieswaarden van de WHO niet worden vergeleken met de advieswaarden uit eerdere WHO-richtlijnen. De waarden uit eerdere WHO-richtlijnen corresponderen over het algemeen met een drempelwaarde: Bij het vaststellen van de advieswaarden werd destijds namelijk uitgegaan van de laagste geluidniveaus die van invloed waren op de gezondheid. De advieswaarden uit eerdere WHO-richtlijnen moet dan ook worden beschouwd als een Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL).

ontwikkelingen, waaronder het gezondheidsbelang. Voor de afweging tussen de verschillende belangen wordt in het stelsel in een aantal gevallen gewerkt met een voorkeurswaarde en een maximale waarde. Daarbij moet de voorkeurswaarde worden beschouwd als een soort van Lowest-adverse Effect Level (LOAEL). Dit strookt overigens niet helemaal met het advies van de Gezondheidsraad uit 1994, waarin wordt geconstateerd dat het waarnemingsniveau van ernstige geluidhinder lager is dan 42 dB (L_{den}). Dit geluidniveau is aanzienlijk lager dan de voorkeurswaardes die momenteel in de Nederlandse geluidwetgeving worden gehanteerd. Bij een geluidbelasting in de bandbreedte tussen beide waarden moet een afweging gemaakt worden tussen het gezondheidsbelang en andere belangen. Op basis van de afweging tussen de belangen wordt gekozen voor een waarde waaronder de gezondheidseffecten beleidsmatig als acceptabel worden beschouwd.

Het verschil in uitgangspunten van beide stelsels heeft ook enkele gevolgen voor te nemen maatregelen. Een eerste verschil is dat het advies van de WHO zich (analoog aan de END) richt op het geluidniveau op de hoogst belaste gevel en niet op de binnenwaarde in geluidgevoelige objecten. Voor het Nederlandse stelsel is de binnenwaarde juist vaak het sluitstuk van het stelsel voor gevallen waar niet voldaan kan worden aan de normen op de gevel. Dit betekent dat de geluidswering van de woning en maatregelen zoals een stille gevel of het isoleren van woningen wel een rol spelen in het Nederlandse stelsel, maar niet bij het de afleiding van de WHO-advieswaarde. Bij mogelijk te nemen maatregelen heeft de WHO het echter wel degelijk over maatregelen zoals het isoleren van woningen of woningen voorzien van een stille of geluidluwe zijde die ervoor kunnen zorgen dat men kan voldoen aan de WHO-advieswaarde.
De advieswaarden van de WHO hebben echter niet de status van wettelijk afdwingbare normen als de waarden in het Nederlandse stelsel. De advieswaarden en aanbevelingen uit de WHO-richtlijnen zijn juist bedoeld als hulpmiddel om te stimuleren dat gezondheid (nog) beter wordt meegenomen in het geluidbeleid. De Nederlandse geluidsnormen zijn vastgelegd in wet- en regelgeving, en hebben daarmee een andere betekenis en status dan de advieswaarden van de WHO. Bij besluitvorming over planologische ontwikkelingen moet men, uitzonderingen daargelaten, aan deze normen voldoen.

Een tweede verschil betreft zogenaamde “passende maatregelen”. De WHO adviseert de geluidbelastingen op woningen te verlagen tot de advieswaarde door het nemen van “passende maatregelen”. De uitleg van het begrip “passende maatregelen” is hierbij relevant. Daarmee lijkt de WHO te doelen op maatregelen die effectief zijn als het gaat om de verbetering van de gezondheid. Bij het vaststellen van de aanbevelingen die betrekking hebben op het nemen van maatregelen, baseert de WHO zich namelijk op de resultaten van de evidence review van Brown en Van Kamp [16]. In deze review is gekeken naar de effectiviteit van maatregelen in termen van gezondheid. De eventuele implementatiekosten van een maatregel werden daarbij niet meegenomen. Wanneer we echter kijken naar de verdere overwegingen, dan blijkt dat de WHO onder meer heeft bekeken of kosten-baten-analyses beschikbaar waren waarin de kosteneffectiviteit van

maatregelen is onderzocht. Bij gebrek aan een goede bestaande kosten-baten analyse, heeft de WHO bij het inschatten van de haalbaarheid van het implementeren van haar aanbevelingen, gebruik moeten maken van inschattingen van experts (expert judgement). Daarbij is geen rekening gehouden met lokale verschillen. Dit wijkt toch enigszins af van het Nederlandse stelsel. Ter illustratie: Wanneer maatregelen moeten worden genomen gericht op het terugbrengen van de verwachte geluidbelasting vanwege weg- of railverkeer, dan wordt vereist dat de te nemen maatregelen doelmatig of kosteneffectief zijn. Hiertoe is het doelmatigheidscriterium opgesteld, zie ook hoofdstuk 4.

Wat betreft de keuze van geluidmaten gebruikt men bij de advieswaarden van de WHO en de geluidsnormen in de Nederlandse regelgeving dezelfde grootheden voor blootstelling aan geluid, namelijk jaargemiddelde geluidniveaus op de buitengevel en uitgedrukt in de L_{den} en L_{night}. Wel zijn er enkele belangrijke verschillen:

- Net als de WHO maakt het Nederlandse geluidbeleid onderscheid in de waarden voor wegverkeer en railverkeer. De WHO-advieswaarde voor geluid van railverkeer tijdens een etmaal (L_{den}) is 1 dB hoger dan die voor geluid van wegverkeer. De WHO-advieswaarde voor geluid van railverkeer tijdens de nacht (L_{night}) is juist 1 dB lager dan die voor nachtelijk geluid van wegverkeer. De Nederlandse normen voor de blootstelling aan geluid van railverkeer zijn echter een stuk minder streng dan die voor geluid van wegverkeer. Ook in enkele andere landen is dat het geval en men spreekt internationaal dan ook wel over de zgn. 'railbonus'. De resultaten van de evidence reviews voor hinder [19] en slaapverstoring [15] laten echter zien dat dit verschil veel minder groot is. Het gevolg is dat de advieswaarden voor geluid van weg- en railverkeer dichtbij elkaar liggen.
- Het gebruik van L_{night} verschilt: De WHO geeft een L_{night} advieswaarde voor weg-, rail- en luchtvaartlawaai. Dit is in overeenstemming met de EU-richtlijn Omgevingslawaai waarin ook de L_{den} en L_{night} zijn opgenomen. Bovendien geven deze geluidsindicatoren volgens de WHO de gemiddelde blootstelling op lange termijn weer.
- Het Nederlandse stelsel kent alleen een aparte nachtbescherming (L_{night}) voor geluid van vliegverkeer en windturbines. Er worden in de Nederlandse wet geen nachtwaarden voor geluid van weg- en railverkeer gehanteerd. Er is volgens de Gezondheidsraad [27] echter geen doorslaggevende gezondheidskundige reden te bedenken waarom wegverkeer en railverkeer anders zouden moeten worden behandeld dan vliegverkeer als bron van nachtelijk geluid. In haar advies uit 1997 koos de Gezondheidsraad voor een stelsel van twee geluidmaten (L_{den} en L_{night}) ter bescherming van de bevolking tegen verkeersgeluid in de woonomgeving. Een maat die de geluidblootstelling over een etmaal beschrijft moest representatief zijn voor effecten als geluidhinder, terwijl de maat voor nachtelijk geluid een relatie moet hebben met slaapverstoring. Immers, zo was het idee, de werkingsmechanismen en gevolgen van nachtelijk geluid komen niet of slechts in beperkte mate overeen met die van effecten als hinder. Maar: in de L_{den} wordt de blootstelling aan nachtelijk geluid toch verdisconteerd? Waarom dan toch een L_{night} hanteren

naast de L_{den}? Het belangrijkste argument is dat daardoor effecten als geluidhinder en slaapverstoring met afzonderlijke criteria, toegesneden op de effecten in kwestie, geadresseerd kunnen worden. Dit leidt volgens de Gezondheidsraad weer tot een transparantere regelgeving en tot adequatere beschermingsmaatregelen, vooral daar waar hoge waarden van L_{den} worden toegelaten [27].

5.5 Blootstelling van de Nederlandse bevolking aan omgevingsgeluid en de WHO-advieswaarde

Uit paragraaf 4.5 blijkt dat in Nederland de meeste personen worden blootgesteld aan geluid afkomstig van wegverkeer. Het gaat vooral om wegverkeer van gemeentelijke wegen. Circa 29% van deze personen wordt blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de voorkeurswaarde. Dit betreft bijna 5 miljoen mensen.
Het aantal personen dat wordt blootgesteld aan geluidniveaus van weg- of railverkeer hoger dan de huidige maximale waarden is in de meeste gevallen relatief beperkt. Alleen voor geluid van wegverkeer van gemeentelijke en provinciale wegen buiten de bebouwde kom blijkt toch nog 13% en 8% te zijn blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de maximale waarden van respectievelijk 58 en 57 dB (L_{den}).

Voor geluidniveaus hoger dan de advieswaarden van de WHO is in tabel 5.1 en tabel 5.2 weergegeven hoeveel personen in Nederland gedurende een etmaal en in de nachtperiode zijn blootgesteld aan geluidniveaus van weg-, rail-, en vliegverkeer en windturbines hoger zijn dan de WHO-advieswaarden.

Tabel 5.1 Aantal personen in Nederland dat is blootgesteld aan geluidniveaus van weg-, vlieg- en railverkeer en windturbines die groter of gelijk zijn aan de WHO-advieswaarden [2].*

Geluidbron	**WHO advieswaarde (L_{den})**	**Aantal of percentage personen ≥ WHO-advieswaarde**	
		Aantal personen	**%**
Wegverkeer†	53	6.144.400	36
Railverkeer†	54	319.100	1,9
Vliegverkeer‡	45	2.097.800	12
Windturbines**	45	9.100	0,05

*Het gaat om de totale bevolking; † Het RIVM heeft de geluidbelasting met data over de periode 2011-2016 in kaart gebracht; ‡ De blootstelling is gebaseerd op geluidberekeningen van NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015 en 2016. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn niet meegenomen in de berekeningen; ** De geluidbelasting is gebaseerd op gegevens uit 2015.

Tabel 5.2 Aantal personen in Nederland dat is blootgesteld aan geluidniveaus van weg-, vlieg- en railverkeer en windturbines die groter of gelijk zijn aan de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO voor de nacht [2].*

Geluidbron	**WHO advieswaarde (L_{night})**	**Aantal of percentage personen ≥ WHO-advieswaarde**	
		Aantal personen	**%**
Wegverkeer†	45	4.735.000	28
Railverkeer†	44	468.500	3
Vliegverkeer‡	40	219.800	1
Windturbines	**	NvT	NvT

*Het gaat om de totale bevolking; † Het RIVM heeft de geluidbelasting met data over de periode 2011-2016 in kaart gebracht; ‡ De blootstelling is gebaseerd op geluidberekeningen van NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015 en 2016. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn niet meegenomen in de berekeningen; ** De WHO heeft geen gezondheidskundige advieswaarde afgeleid voor blootstelling aan nachtelijk geluid van windturbines; Afkorting: NvT = Niet van Toepassing

In Nederland worden ongeveer 6,1 miljoen personen blootgesteld aan geluidniveaus door wegverkeer hoger dan de WHO-advieswaarde van 53 dB (L_{den}). Daarnaast worden ruim 4,7 miljoen personen blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus die groter of gelijk zijn dan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{night}). Het merendeel betreft personen die worden blootgesteld aan geluid van wegverkeer op gemeentewegen. Voor railverkeer wordt een kleiner aantal personen blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de advieswaarden van de WHO.
De gezondheidskundige advieswaarden die de WHO adviseert voor geluid afkomstig van weg- en railverkeer verschillen maximaal drie decibel van de Nederlandse voorkeurswaarden voor deze bronnen. Voor geluid van zowel weg- als railverkeer zijn geen normen voor de nachtelijke blootstelling aan geluid beschikbaar.
In Nederland worden ongeveer 2,1 miljoen personen blootgesteld aan geluidniveaus groter of gelijk aan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{den}) veroorzaakt door vliegverkeer. Het aantal personen dat wordt blootgesteld aan geluidniveaus door windturbines hoger dan de advieswaarde van de WHO is in vergelijking met de andere bronnen klein.

Deel II. Mogelijkheden om de WHO-richtlijnen te gebruiken voor het versterken van het Nederlandse geluidbeleid

6 Omvang en verdeling ziektelast door geluid in Nederland

In de vorige hoofdstukken hebben we laten zien wat de WHO-richtlijnen behelzen en hoe ze zich verhouden tot de Nederlandse geluidwetgeving. Daaruit bleek dat het huidige Nederlandse geluidbeleid er meer op is gericht om de situatie te beheersen (er voor te zorgen dat het niet erger wordt) en om excessen te voorkomen (preventie). Het reduceren van negatieve gezondheidseffecten door geluid is geen doel op zich. Indien het beleid hier meer op zou willen inzetten, dan is het belangrijk om een inzicht te hebben in de aantallen personen in Nederland die negatieve effecten door geluid ondervinden en welke geluidniveaus de grootste bijdragen leveren aan deze ziektelast. In dit hoofdstuk worden berekeningen gepresenteerd van de omvang en verdeling van de ziektelast door geluid in Nederland. Ook laten we zien hoe de ziektelast door omgevingsgeluid zich verhoudt tot de verschillende Nederlandse geluidnormen en de advieswaarden van de WHO. In de achtergrondrapportage [1] is terug te vinden op welke data deze berekeningen zijn gebaseerd en hoe ze tot stand zijn gekomen.

6.1 Geluid van wegverkeer

6.1.1 Omvang ziektelast

In tabel 6.1 worden de resultaten voor geluid van wegverkeer in totaal weergegeven. Op basis van blootstellingsgegevens uit 2011-2016 is geschat dat het aantal mensen dat in Nederland een coronaire hartziekte krijgt door geluid van wegverkeer ongeveer 750 (95%-betrouwbaarheidsinterval 40 tot 1660) per jaar is. Het aantal sterfgevallen door coronaire hartziekte door geluid is lager en bedraagt naar schatting maximaal 115 per jaar. Het aantal mensen dat ernstige hinder of ernstige slaapverstoring ondervindt door de blootstelling aan geluid van wegverkeer ligt hoger met respectievelijk ruim 950.000 personen en ruim 540.000 personen.

Tabel 6.1 De omvang van effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking van 18 jaar en ouder afkomstig van wegverkeer†††

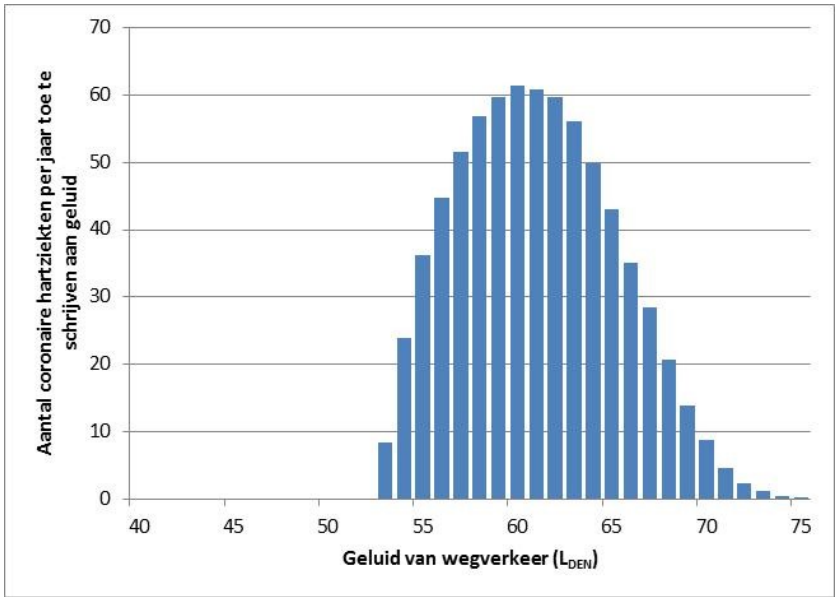
Omschrijving effect	**Aantal personen dat effect ondervindt**		**Indicator,**	**BR toegepast vanaf**
	Gemiddeld	**95% Bthi**		
Sterfte aan coronaire hartziekten†	65	25 – 115	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ontstaan van coronaire hartziekten per jaar*	750	40 – 1.660	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ernstige slaapverstoring***	541.000	517.500 – 550.500	L_{night}	30-60 dB
Ernstige hinder††	957.400	932.400 – 948.000	L_{den}	40-75 dB

*De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie [1]) 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; † De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,05 (95%Bthi 1,02 – 1,09) (zie ook [1]). In 2017 bedroeg de sterfte door coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 8.337; †† De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder die is afgeleid op basis van de resultaten van de GGD monitor 2016 [1]; *** De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-

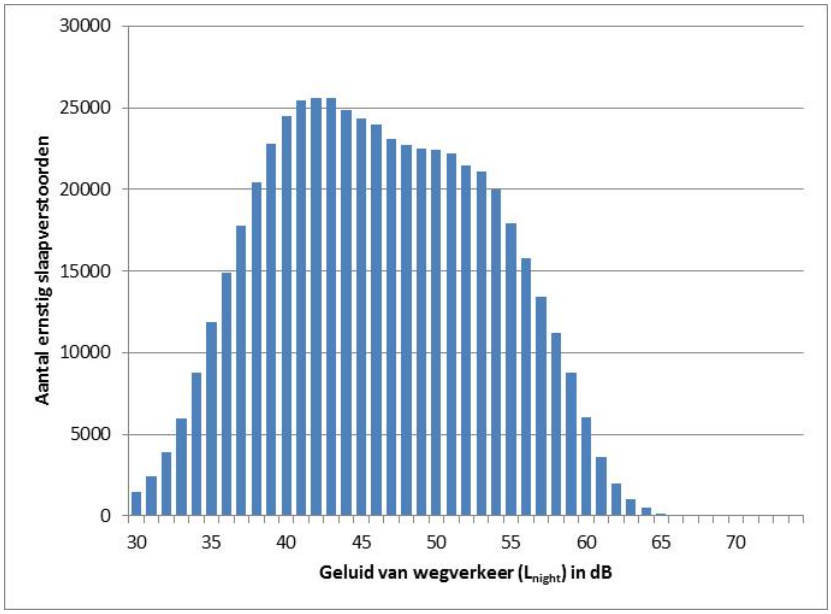
relatie tussen nachtelijk geluid (L_{night}) van wegverkeer en het percentage ernstige slaapverstoring, afgeleid door op basis van data verzameld door middel van de zevende Inventarisatie Verstoringen [97]; ††† Het RIVM heeft de geluidbelasting met data over de periode 2011-2016 in kaart gebracht.

6.1.2 *Verdeling van de ziektelast door geluid van wegverkeer*

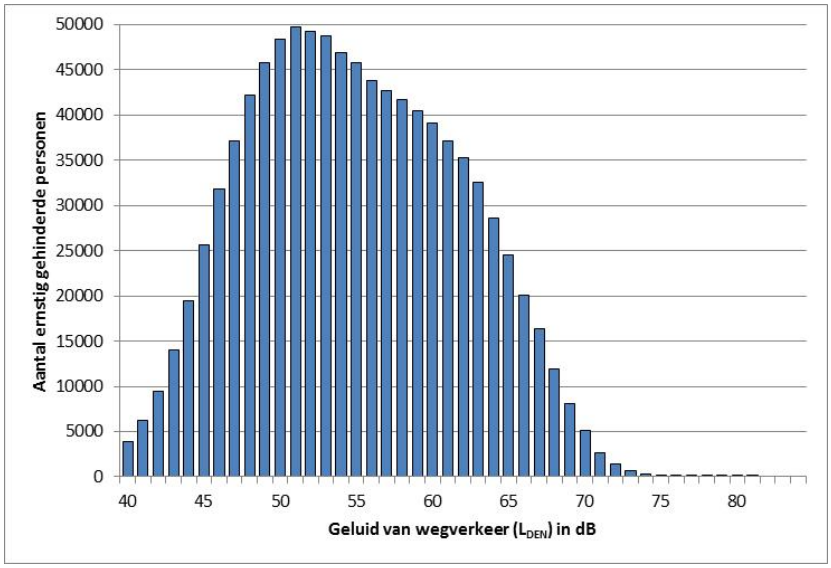
In figuren 6.1, 6.2 en 6.3 wordt per 1 dB het aantal coronaire hartziekten per jaar toe te schrijven aan geluid, het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaap verstoorden weergegeven voor wegverkeer. Uit figuur 6.1 blijkt dat de bijdrage van de relatief zeer hoge geluidniveaus aan het totaal aantal coronaire hartziekten per jaar, relatief laag is ten opzichte van de bijdrage van geluidniveaus die bijvoorbeeld liggen tussen 55 en 65 dB. De reden hiervoor is dat het aantal mensen dat woonachtig in gebieden met een geluidblootstelling rond de 60 dB (L_{den}) veel groter is dan het aantal bij hogere geluidbelastingen (zie ook Figuur 4.7 in paragraaf 4.5).



Figuur 6.1 Uitsplitsing van totaal aantal aan geluid van wegverkeer toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar over 1 dB klassen.



Figuur 6.2 Uitsplitsing van het totaal aantal ernstig slaap verstoorden door nachtelijk geluid van wegverkeer over 1 dB klassen.



Figuur 6.3 Uitsplitsing van het totaal aantal ernstig gehinderden door geluid van wegverkeer over 1 dB klassen.

Voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring geldt dat de omvang in de Nederlandse bevolking niet zo zeer bepaald wordt door blootstelling aan de hoge geluidniveaus, maar dat geluidniveaus tussen de ~45 en 65 dB (L_{den}) (zie ook figuur 4.3) en ~ 35 – 55 dB (L_{night}) (zie ook figuur 6.3) hieraan een relatief grote bijdrage leveren.

6.1.3 *Ziektelast door geluid van wegverkeer en Nederlandse geluidnormen*

Voor geluid van wegverkeer zijn in het Nederlandse stelsel aparte normen opgenomen voor gemeentelijke wegen, provinciale wegen en rijkswegen. In tabellen 6.2 en 6.3 is het aantal personen weergegeven dat een gezondheidseffect ondervindt door geluid van wegverkeer afkomstig van gemeentelijke, provinciale en rijkswegen en is

blootgesteld aan geluidniveaus boven de huidige Nederlandse voorkeurs- en maximale grenswaarden.

Tabel 6.2 Het aantal personen in Nederland van 18 jaar en ouder dat een gezondheidseffect ondervindt door omgevingsgeluid en is blootgesteld aan geluidniveaus van wegverkeer boven de huidige voorkeurswaarde.

Geluidbron	**Voorkeurs waarde (L_{den})**	**Gemiddeld aantal personen met effect > voorkeurswaarde**			
		# ernstig gehinderden*	**% van totaal aantal ernstig gehinderden**	**# CHD per jaar toe te schrijven aan geluid†**	**% van totaal aantal toe te schrijven gevallen**
Gemeentelijke wegen, totaal‡	53	464.000	56	600	100
Provinciale wegen, totaal‡	50	54.400	55	60	100
Rijkswegen, totaal**	50	59.000	39	40	100

*De berekeningen van het aantal ernstig gehinderden zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relaties tussen geluid van weg- en railverkeer en ernstige hinder die zijn afgeleid op basis van data verzameld met de GGD gezondheidsmonitor uit 2016 [1]; †De berekeningen van het aantal coronaire hartziekten per jaar, toe te schrijven aan geluid, zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook [1]). Het RR per 10 dB is toegepast vanaf 53 dB (L_{den}). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; ‡Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2011 in kaart gebracht; **Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2016 in kaart gebracht.

Tabel 6.3 Het gemiddeld aantal personen in Nederland van 18 jaar en ouder dat een gezondheidseffect ondervindt door omgevingsgeluid en is blootgesteld aan geluidniveaus boven de huidige maximale waarde.

Geluid Bron	**Maximale waarde* (L_{den})**	**Gemiddeld aantal volwassenen met effect > maximale waarde**			
		# ernstig gehinderden†	**% van totaal aantal ernstig gehinderden**	**# CHD per jaar toe te schrijven aan geluid‡**	**% van totaal aantal toe te schrijven gevallen**
Gemeentelijke wegen$^{\Omega}$	68**	15.530	2	30	5
	58††	23.300	39	40	79
Provinciale wegen$^{\Omega}$	63**	7.300	10	15	39
	57††	15.500	55	25	92
Rijkswegen$^{\infty}$	57	20.000	13	30	74

*Waarden voor nieuwe woningen; †De berekeningen van het aantal ernstig gehinderden zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relaties tussen geluid van weg- en railverkeer en ernstige hinder die zijn afgeleid op basis van data verzameld met de GGD gezondheidsmonitor uit 2016 [1]; ‡De berekeningen van het aantal coronaire hartziekten per jaar, toe te schrijven aan geluid, zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook [1]). Het RR per 10 dB is toegepast vanaf 53 dB (L_{den}). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; ΩHet RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2011 in kaart gebracht; ∞Het RIVM heeft de geluidbelasting met data uit 2016 in kaart gebracht. ** Binnen de bebouwde kom; †† Buiten de bebouwde kom.

Wegverkeer van gemeentelijke wegen en de voorkeurswaarde

In Nederland krijgen naar schatting gemiddeld circa 600 personen per jaar een coronaire hartziekte die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van het wegverkeer op gemeentelijk wegen. Deze

personen wonen vooral in gebieden waarin de geluidniveaus door verkeer afkomstig van alle gemeentelijke wegen tussen de 56 en 66 dB (L_{den}) zijn (resultaat hier niet getoond). Uit tabel 6.2 blijkt verder dat alle coronaire hartziekten per jaar die toe te schrijven zijn aan geluid van wegverkeer van gemeentelijke wegen plaats vindt bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de voorkeurswaarde van 53 dB (L_{den}). Daarnaast wordt geschat dat in Nederland gemiddeld ruim 836.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van gemeentelijke wegen. Deze personen wonen vooral in gebieden tussen ~47 en 57 dB (L_{den}) (resultaat hier niet getoond). Uit tabel 6.2 blijkt dat ruim de helft van de door geluid afkomstig van gemeentelijke wegen ernstig gehinderden woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de voorkeurswaarde van 53 dB (L_{den}).

Wegverkeer van provinciale en rijkswegen en de voorkeurswaarde
Voor geluid afkomstig van wegverkeer van provinciale wegen en rijkswegen liggen de schattingen van de omvang van de ziektelast lager dan voor geluid afkomstig van gemeentelijke wegen (zie ook tabel 6.2). Een groot deel van de ziektelast die wordt veroorzaakt door geluid afkomstig van rijks- en provinciale wegen blijkt plaats te vinden bij geluidniveaus hoger dan de voorkeurswaarde van 50 dB (L_{den}).

Gemeentelijke wegen en de maximale waarde
Berekeningen laten zien dat in Nederland gemiddeld circa 560 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van gemeentelijke verkeerswegen binnen de bebouwde kom. Deze personen wonen vooral in gebieden waarin de geluidniveaus door verkeer afkomstig van gemeentelijke wegen tussen de ~ 57 en 64 dB (L_{den}) zijn. Slechts een klein deel (~5%) van de aan verkeersgeluid van gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar vindt plaats bij personen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 68 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

Naar schatting worden gemiddeld in Nederland ruim 777.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom. Deze personen wonen vooral in gebieden tussen ~47 en 59 dB (L_{den}). Een klein deel (2%) van de door geluid afkomstig van gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom ernstig gehinderden woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 68 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3). Gemiddeld worden in Nederland circa 50 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van gemeentelijke verkeerswegen buiten de bebouwde kom. Deze personen wonen vooral in gebieden waarin de geluidniveaus door verkeer afkomstig van gemeentelijke wegen tussen de ~ 58 en 63 dB (L_{den}) zijn. Het grootste deel (~80%) van deze gevallen vindt plaats bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 58 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

Er is berekend dat in Nederland gemiddeld ruim 59.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van

gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom. Deze personen wonen vooral in gebieden tussen ~48 en 62 dB (L_{den}). Bijna 40% van de ernstig gehinderden door geluid afkomstig van gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom, woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 58 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

Provinciale wegen en de maximale waarde
Volgens berekeningen krijgen in Nederland gemiddeld bijna 35 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van provinciale wegen *binnen* de bebouwde kom. Ongeveer 39% van de toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar vinden plaats bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 63 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).
Naar schatting gemiddeld ruim 70.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van provinciale wegen binnen de bebouwde kom. Slechts een klein deel (10%) van hen woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 63 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

Er is geschat dat in Nederland gemiddeld ruim 25 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van provinciale wegen *buiten* de bebouwde kom. Het overgrote deel (92%) van de toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar vinden plaats bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 57 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).
Volgens berekeningen worden in Nederland gemiddeld ruim 28.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig gehinderd door geluid afkomstig van provinciale wegen buiten de bebouwde kom. Ruim de helft van hen (55%) van hen woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 57 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

Rijkswegen en de maximale waarde
Er is geschat dat in Nederland gemiddeld meer dan 40 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid afkomstig van rijkswegen. Bijna driekwart (74%) van de toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar vinden plaats bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 57 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).
Er wordt geschat dat in Nederland gemiddeld bijna 152.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van rijkswegen. Ongeveer 13% van hen woont in een gebied met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 57 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.3).

6.2 Geluid van railverkeer

6.2.1 Omvang ziektelast

In tabel 6.4 wordt het aantal personen in Nederland weergegeven dat door de blootstelling aan geluid afkomstig van railverkeer een negatief gezondheids- of welzijnseffect ondervindt. Op basis van de blootstellingsverdeling uit 2016 is geschat dat het aantal personen in Nederland dat per jaar een coronaire hartziekte krijgt door geluid van

railverkeer gemiddeld 40 bedraagt met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 2 tot 85. Het aantal mensen dat ernstige hinder door geluid van railverkeer ondervindt wordt geschat op ongeveer 98.600. Het aantal personen dat ernstige slaapverstoring ondervindt door nachtelijk geluid van railverkeer wordt geschat op gemiddeld ruim 31.000 personen.

Tabel 6.4 De omvang van effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking van 18 jaar en ouder afkomstig van railverkeer

Omschrijving effect	**Aantal personen**		**Indicator**	**BR-relatie toegepast**
	Gemiddeld	**95% Bthi**		
Sterfte aan coronaire hartziekten†	3	1 – 6	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ontstaan van coronaire hartziekten per jaar*	40	2 – 85	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ernstige slaapverstoring***	31.500	NB	L_{night}	40 – 65 dB
Ernstige hinder††	98.600	91.000 – 106.000	L_{den}	40 – 70 dB

*De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook [1]). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; † De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR oer 10 dB (L_{den}) van 1,05 (95%Bthi 1,02 – 1,09) (zie ook [1]). In 2017 bedroeg de sterfte door coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 8.337; †† De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder die is afgeleid op basis van de resultaten van de GGD-monitor 2016[1]; *** De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-relatie tussen nachtelijk geluid (L_{night}) van railverkeer en het percentage ernstige slaapverstoring, afgeleid door Basner en McGuire [15]. ††† Het centrum MIL van het RIVM heeft de geluidbelasting met data over de periode 2016 in kaart gebracht; Afkortingen: 95%Bthi = 95% Betrouwbaarheidsinterval; NB = Niet beschikbaar

6.2.2 *Verdeling van de ziektelast door geluid van railverkeer*

Het grootste deel van de van het aantal coronaire hartziekten per jaar zal naar verwachting optreden bij woningen met een geluidsrange van ~55-60 dB (L_{den}). Het aantal personen dat ernstige slaapverstoring ondervindt door nachtelijk geluid van railverkeer wordt geschat op gemiddeld ruim 31.000 personen. Deze omvang wordt vooral bepaald wordt door blootstelling aan geluidniveaus tussen de 40 - 45 dB (L_{night}) Het grootste deel van de ruim 98.000 mensen in Nederland van 18 jaar en ouder die ernstig worden gehinderd door geluid afkomstig van railverkeer wordt bepaald door de blootstelling aan geluidniveaus tussen ~40 en 48 dB (L_{den}).

6.2.3 *Ziektelast door geluid van railverkeer en Nederlandse geluidnormen.*

Ook voor geluid van railverkeer zijn in het Nederlandse geluidnormenstelsel meerdere normen opgenomen. In tabel 6.5 is het aantal mensen weergegeven dat een gezondheidseffect ondervindt door geluid van railverkeer is blootgesteld aan geluidniveaus boven de huidige Nederlandse voorkeurs- en grenswaarden.

Tabel 6.5 Het aantal mensen in Nederland van 18 jaar en ouder dat een gezondheidseffect ondervindt door omgevingsgeluid en is blootgesteld aan geluidniveaus van railverkeer boven de huidige voorkeurs- en grenswaarde ‡.

Soort norm	Hoogte van de norm (L_{den})	Gemiddeld aantal personen met effect > norm			
		# ernstig gehinderden*	% van totaal aantal ernstig gehinderden	# CHD per jaar toe te schrijven aan geluid†	% van totaal aantal toe te schrijven gevallen
Voorkeurswaarde	55	30.000	30	35	93
Maximale waarde	68	2.000	2	2	6

*De berekeningen van het aantal ernstig gehinderden zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relaties tussen geluid van weg- en railverkeer en ernstige hinder die zijn afgeleid op basis van data verzameld m.b.v. de GGD gezondheidsmonitor uit 2016 [98]; †De berekeningen van het aantal coronaire hartziekten per jaar, toe te schrijven aan geluid, zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook [1]). Het RR per 10 dB is toegepast vanaf 53 dB (L_{den}). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; ‡ Voor deze berekeningen is uitgegaan van geluidbelastingdata uit 2016; norm betreft waarde voor nieuwe woningen.

Uit tabel 6.5 blijkt dat meer dan 90% van de ziektelast (ca. 35 gevallen van coronaire hartziekten per jaar) plaatsvindt bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de voorkeurswaarde van 55 dB (L_{den}). Slechts een klein deel (~6%) van het totaal aantal toe te schrijven coronaire hartziekten per jaar vindt plaats bij mensen die wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 68 dB (L_{den}).
Ongeveer een derde van het aantal ernstig gehinderden woont volgens tabel 6.5 in een gebied met een geluidbelasting die hoger is dan de voorkeurswaarde van 55 dB (L_{den}). Slechts een klein deel (~2%) van hen woont in gebieden met een geluidniveau hoger dan de maximale waarde van 68 dB (L_{den}) (zie ook tabel 6.5).

6.3 Geluid van vliegverkeer

6.3.1 Omvang ziektelast

Als onderdeel van Van Kempen et al. [1] is geschat hoeveel mensen in Nederland negatieve effecten ondervinden door de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Het resultaat wordt weergegeven in tabel 6.6.

Het aantal personen per jaar dat een coronaire hartziekte krijgt door geluid van vliegverkeer bedraagt gemiddeld 10. Het aantal mensen dat ernstige hinder ondervindt is ruim 259.000. Het aantal ernstig slaap verstoorden wordt geschat op gemiddeld bijna 152.000 personen. Het betreft schattingen die zijn gebaseerd op geluidberekeningen van het NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015/6. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn in de berekeningen niet meegenomen.

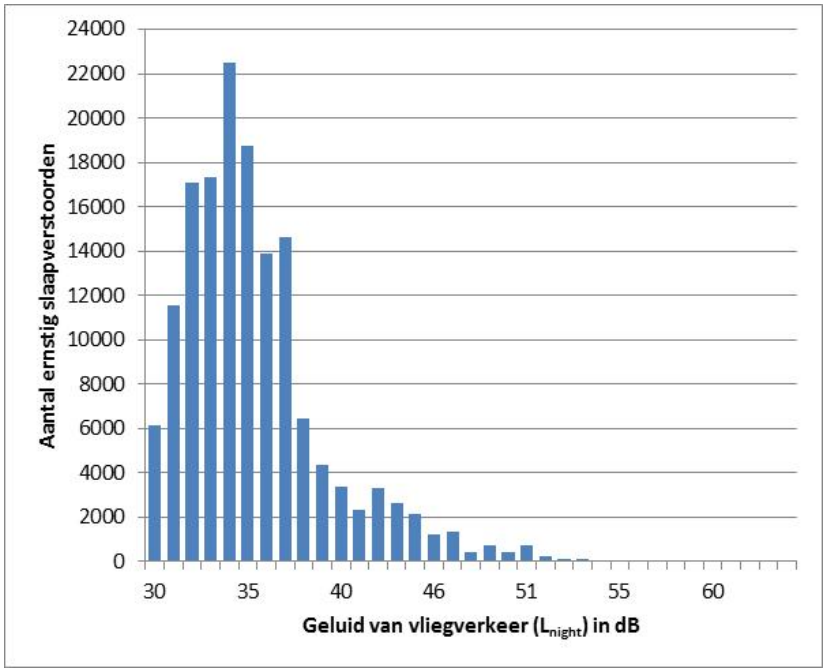
Tabel 6.6 De omvang van effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking van 18 jaar en ouder afkomstig van vliegverkeer†††

Omschrijving effect	Aantal personen		Indicator	Toegepast
	Gemiddeld	95% Bthi		
Sterfte aan coronaire hartziekten†	1	0 – 2	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ontstaan van coronaire hartziekten per jaar*	10	0 – 20	L_{den}	Vanaf 53 dB
Ernstige slaapverstoring***	151.900	127.900 – 179.000	L_{night}	30 – 65 dB
Ernstige hinder††	259.200	247.000 – 266.000	L_{den}	40 – 70 dB

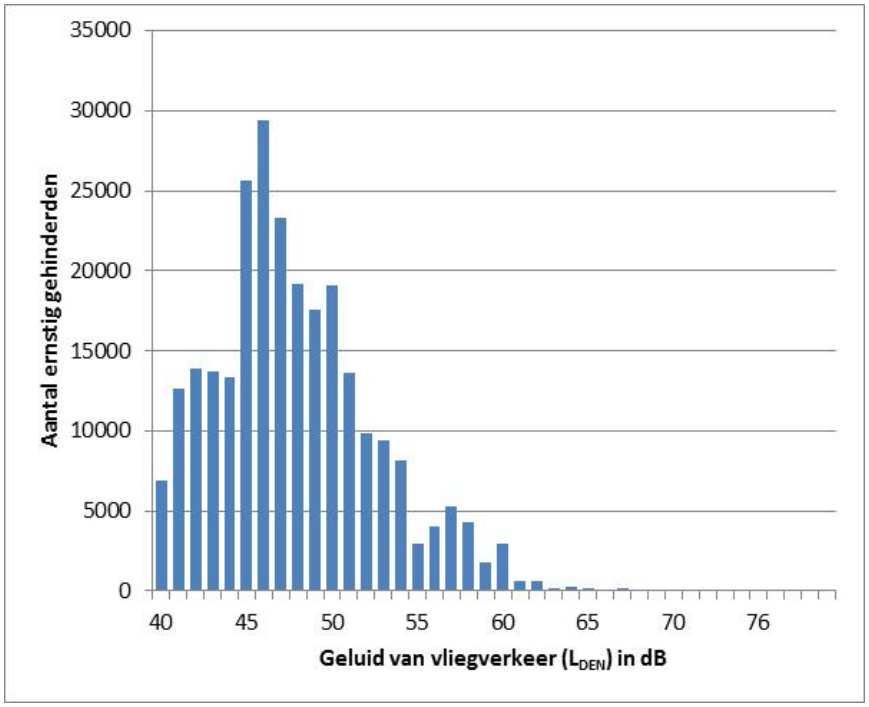
*De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook Van Kempen et al [1]). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900;
† De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,05 (95%Bthi 1,02 – 1,09) (zie ook Van Kempen et al). In 2017 bedroeg de sterfte door coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 8.337;
†† De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder die is afgeleid op basis van de resultaten van de GGD-monitor 2016 [1];
*** De berekeningen zijn uitgevoerd met de BR-relatie tussen nachtelijk geluid (L_{night}) van vliegverkeer en het percentage ernstige slaapverstoring, afgeleid door Breugelmans et al. [83]; ††† De blootstelling is gebaseerd op geluidberekeningen van NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015 en 2016. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn niet meegenomen in de berekeningen; Afkortingen: 95%Bthi = 95% Betrouwbaarheidsinterval; NB = Niet beschikbaar

6.3.2 *Verdeling van de ziektelast door geluid van vliegverkeer*

In figuur 6.5 en 6.6 is per 1 dB de omvang van het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaap verstoorden weergegeven voor vliegverkeer.



Figuur 6.5 Uitsplitsing van het totaal aantal ernstig slaap verstoorden door nachtelijk geluid van vliegverkeer over 1 dB klassen.



Figuur 6.6 Uitsplitsing van het totaal aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer over 1 dB klassen.

Uit figuur 6.4 blijkt de omvang van het aantal personen per jaar met coronaire hartziekten toe te schrijven aan geluid van vliegverkeer vooral in gebieden woont tussen de 55 en 60 dB (L_{den}). Het grootste deel van de mensen die ernstig zijn slaapverstoord door geluid van vliegverkeer wonen in gebieden met een geluidniveau tussen 32 en 37 dB (L_{night}) (figuur 6.5). De omvang van het aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer wordt vooral bepaald door geluidniveaus in de range van 45 – 50 dB (L_{den}) (figuur 6.6).

6.3.3 Ziektelast door geluid van vliegverkeer en Nederlandse geluidnormen

Bij de normering voor geluid van vliegverkeer is er in tegenstelling tot weg- en railverkeer geen landelijk normenstelsel met bandbreedtes. Voor elke luchthaven zijn eigen grenzen voor geluidsbelasting vastgelegd. Daardoor is het niet mogelijk vergelijkbare berekeningen voor voorkeurs- en grenswaarden uit te voeren zoals voor weg- en railverkeer.

6.4 Geluid van windturbines

Met de BR-relatie afgeleid door Janssen [85] is geschat dat in Nederland gemiddeld ruim 7.300 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door het geluid van windturbines. Momenteel worden nieuwe analyses voorbereid om een onderbouwing te geven van bruikbare BR-relaties om uitspraken te kunnen doen over de omvang van het aantal ernstig slaapverstoorden of aantal coronaire hartziekten per jaar ten gevolge van de blootstelling aan geluid van windturbines.

6.5 Aantal mensen met gezondheidseffecten door geluid boven de WHO-advieswaarden

Er is bepaald welk deel van de mensen die een negatief effect door omgevingsgeluid ondervinden is blootgesteld aan geluidniveaus boven de gezondheidskundige advieswaarde van de WHO. Het resultaat wordt weergegeven in tabel 6.7.

6.5.1 Wegverkeer

Op basis van blootstellingsgegevens uit 2011-2016 is geschat dat in Nederland gemiddeld circa 750 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid van wegverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat al deze 750 personen wonen in een gebied met een geluidniveau boven de WHO-advieswaarde (53 dB L_{den}).
Het aantal mensen dat ernstige hinder door geluid van wegverkeer ondervindt wordt geschat op gemiddeld ruim 950.000 personen. Ongeveer 60% van deze ernstig gehinderden (ruim 570.000) wordt volgens tabel 6.7 blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan de WHO-advieswaarde.
Het totale, gemiddelde aantal ernstig slaapverstoorden door nachtelijk geluid van wegverkeer wordt geschat op gemiddeld ruim 540.000 personen. Het aantal ernstig slaap verstoorden dat is blootgesteld aan nachtelijke geluidniveaus van wegverkeer hoger dan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{night}) is ruim 304.000; dit is ruim 56% van het totaal aantal ernstig slaap verstoorden.

6.5.2 Railverkeer

Op basis van blootstellingsgegevens uit 2016 is geschat dat in Nederland gemiddeld ongeveer 40 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid van railverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat ongeveer 98% van deze personen in een gebied woont met een geluidniveau hoger dan de WHO-advieswaarde van 54 dB (L_{den}).
Naar schatting, ruim 98.000 mensen in Nederland van 18 jaar en ouder worden ernstig gehinderd door het geluid afkomstig van railverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat ruim een derde (34%) van het aantal ernstig gehinderden in een gebied woont met een geluidbelasting die hoger is dan de WHO-advieswaarde.
Ongeveer 31.500 mensen in Nederland van 18 jaar en ouder worden ernstig slaapverstoord door het nachtelijk geluid afkomstig van railverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat ruim 68% van de ernstig slaap verstoorden door nachtelijk geluid van railverkeer in een gebied woont met een nachtelijk geluidniveau hoger dan de WHO-advieswaarde van 44 dB (L_{night}).

6.5.3 Vliegverkeer

Op basis van blootstellingsgegevens uit 2015 en 2016 is geschat dat in Nederland gemiddeld 10 personen per jaar een coronaire hartziekte krijgen die samenhangt met de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Al deze personen wonen in gebieden met een geluidniveau hoger dan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{den}).

Tabel 6.7 Het gemiddeld aantal mensen in Nederland (18 jaar en ouder) dat een negatief gezondheidseffect ondervindt door omgevingsgeluid en is blootgesteld aan geluidniveaus boven de WHO-advieswaarde.

Geluidsbron	**WHO advies (L_{den})**	**Gemiddeld aantal personen met effect > WHO advies**				**WHO advies (L_{night})**	**Gemiddeld aantal personen met effect > WHO advies**	
		# ernstige gehinderden*	**% van totaal aantal ernstig gehinderden**	**# CHD per jaar toe te schrijven aan geluid†**	**% van totaal aantal toe te schrijven gevallen**		**# ernstig slaap-verstoorden‡,Ω,∞**	**% van totaal aantal ernstig slaap-verstoorden**
Wegverkeer**	53	574.300*	60	750**	100	45	304.400††	56
Railverkeer**	54	33.500†	34	37**	98	44	21.500‡‡	68
Vliegverkeer††	45	198.700‡	77	10**	100	40	19.200***	13
Windturbines‡‡	45	1.600@	22	-	-	-	-	-

*De berekeningen van het aantal ernstig gehinderden zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relaties tussen geluid van weg, rail- en vliegverkeer en ernstige hinder afgeleid die zijn afgeleid m.b.v. data verzameld met de GGD gezondheidsmonitor uit 2016 [1]; † De berekeningen van het aantal coronaire hartziekten per jaar zijn uitgevoerd met behulp van het RR per 10 dB (L_{den}) van 1,04 (95%Bthi: 1,00 – 1,09) (zie ook [1]). Het RR per 10 dB is toegepast vanaf 53 dB (L_{den}). In 2017 bedroeg de incidentie van coronaire hartziekten (ICD-10: I20-I25) in Nederland onder mannen en vrouwen 122.900; ‡ De berekeningen van het aantal ernstig slaapverstoorden door nachtelijk geluid van wegverkeer zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relatie tussen nachtelijk geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring afgeleid op basis van data verzameld m.b.v. de zevende Inventarisatie Verstoringen [97]; Ω De berekeningen voor het aantal ernstig slaapverstoorden door geluid van railverkeer zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relatie tussen nachtelijk geluid van railverkeer en ernstige slaapverstoring afgeleid door Basner en McGuire [15]; ∞De berekeningen voor het aantal ernstig slaapverstoorden door nachtelijk geluid van vliegverkeer zijn uitgevoerd m.b.v. de BR-relatie tussen nachtelijk geluid van vliegverkeer en ernstige slaapverstoring afgeleid op basis van data verzameld rondom Schiphol in 2002 [83]; ** Het RIVM heeft de geluidbelasting met data over de periode 2011-2016 in kaar gebracht; ††De blootstelling is gebaseerd op geluidberekeningen van NLR rond Schiphol en de regionale luchthavens van nationaal belang voor 2015 en 2016. Militaire luchtvaart en kleine luchtvaart zijn niet meegenomen in de berekeningen; ‡‡ Blootstelling is gebaseerd op gegevens uit 2015; @ De berekening van het aantal ernstig gehinderden is uitgevoerd m.b.v. de BR-relatie tussen geluid van windturbines en ernstige hinder afgeleid door Janssen et al [85]

Naar schatting, ruim 259.000 personen in Nederland van 18 jaar en ouder worden ernstig gehinderd door het geluid afkomstig van vliegverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat de personen die ernstig worden gehinderd door geluid van vliegverkeer grotendeels (ruim 76%) in gebieden wonen waar het geluidniveau hoger is dan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{den}).
Geschat wordt dat in Nederland gemiddeld bijna 152.000 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden slaapverstoord door het nachtelijk geluid van vliegverkeer. Uit tabel 6.7 blijkt dat ongeveer 13% van de deze personen in een gebied woont met een nachtelijk geluidniveau hoger dan de WHO-advieswaarde van 40 dB (L_{night}). Het grootste deel van de personen die ernstig zijn slaapverstoord door geluid van vliegverkeer wonen echter in gebieden met een nachtelijk geluidniveau onder de WHO-advieswaarde: ze wonen vooral in gebieden met een geluidniveau tussen 32 en 37 dB (L_{night}).

6.5.4 Windturbines

Op basis van blootstellingsgegevens uit 2015 is berekend dat in Nederland gemiddeld ongeveer 7.340 personen van 18 jaar en ouder ernstig worden gehinderd door geluid van windturbines. Uit tabel 6.7 blijkt dat ongeveer 22% van het aantal ernstig gehinderden in een gebied woont met een geluidbelasting hoger dan de WHO-advieswaarde van 45 dB (L_{den}).

6.6 Aandachtspunten bij het bepalen van de ziektelast

Enkele aandachtspunten bij het schatten van de omvang van de ziektelast door geluid in een gebied zijn het gebruik van de meest relevante BR-relaties en nieuwe inzichten voor het verschil tussen de BR-relaties voor ernstige hinder en slaapverstoring bij geluid van weg- en railverkeer.

Wat betreft de relevante BR-relaties dienen, bij het bepalen van het aantal personen dat wordt gehinderd of slaapverstoord door omgevingsgeluid, zoveel mogelijk de BR-relaties gebruikt te worden die zijn gebaseerd op nationale en/of regionale data. Er bestaan verschillende methoden om te bepalen hoeveel mensen in een gebied ernstige geluidhinder en (ernstige) slaapverstoring ervaren, zie Van Kempen et al. [1] voor nadere toelichting. Nationale en/of regionale BR-relaties beschrijven de situatie daarbij vaak beter dan internationale BR-relaties zoals die recentelijk zijn afgeleid als onderdeel van de WHO evidence reviews. Dit komt doordat in nationale en/of regionale BR-relaties de lokale omstandigheden beter worden meegewogen. Indien geen BR-relaties beschikbaar zijn die op betrouwbare nationale en/of regionale data zijn gebaseerd, dan kunnen ook de BR-relaties worden gebruikt die recent zijn afgeleid in de verschillende WHO-evidence reviews.

Een tweede aandachtspunt betreft de nieuwe inzichten voor het verschil tussen de BR-relaties voor ernstige hinder en slaapverstoring bij geluid van weg- en railverkeer. Uit de analyse van Van Kempen et al. [1] blijkt dat de nieuwste BR-relatie voor geluid van wegverkeer en ernstige hinder over het algemeen minder steil verloopt dan de BR-relatie voor geluid van railverkeer en ernstige hinder. Vanaf 55 dB (L_{den}) ligt de BR-

relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder zelfs hoger dan de BR-relatie voor geluid van wegverkeer. Dit beeld wordt bevestigd door nieuwe BR-relaties die zijn afgeleid op basis van de GGD Gezondheidsmonitor [1]. Voorheen werd het geluid van railverkeer als minder hinderlijk dan geluid van wegverkeer beoordeeld. Bij ernstige slaapverstoring zien we een vergelijkbaar beeld. De zogenoemde 'railbonus', die in de oudere BR-relaties wel aanwezig was, volgt niet meer uit de nieuwste BR-relaties. Mede om goed inzicht te hebben in de omvang van de ernstige hinder en andere negatieve gezondheidseffecten is het aan te bevelen de nieuwe BR-relaties voor geluid van weg- en railverkeer zoveel mogelijk toe passen in bijvoorbeeld MER-studies.

6.7 Korte bespreking van de resultaten

6.7.1 Onzekerheden

De berekeningen van de omvang van het aantal mensen dat negatieve gezondheidseffecten door omgevingsgeluid ondervindt, zijn omgeven met onzekerheden. Deze worden zoveel mogelijk beschreven in [1]. De belangrijkste factoren die onzekerheden veroorzaken zijn terug te voeren op de BR-relaties: welke BR-relatie wordt gebruikt, het geluidniveau vanaf waar een BR-relatie worden toegepast.
Ook de geluidsmodellering is van invloed geweest: Voor het schatten van de ziektelast is in deze rapportage gebruik gemaakt van blootstellingsverdelingen die gegenereerd zijn met modellen die een blootstellingsverdeling geven voor heel Nederland. Uit eerdere schattingen van de ziektelast van geluid bleek bijvoorbeeld dat het gebruikte model de blootstelling aan geluid van wegverkeer boven de 65 dB (L_{den}) mogelijkerwijs onderschatte. Volgens de onderzoekers leidde dit destijds tot een onderschatting van het aantal gevallen van myocard infarct[19] per jaar van 50% [99]. In relatie tot geluid van vliegverkeer blijkt uit de recent verschenen rapportage "Vliegtuiggeluid: Meten, berekenen en Beleving" [66] dat het lastiger is om de geluidbelasting van vliegverkeer te modelleren naarmate men verder van een luchthaven zit. Dat komt onder andere omdat er een aantal factoren van invloed is op het toepassingsbereik van een model. Bijvoorbeeld het vlieggedrag op grotere hoogtes, en de onzekerheid in welke configuraties er wordt gevlogen. De auteurs van "Vliegtuiggeluid: Meten, berekenen en Beleving" constateren daarop: "Door de hierboven genoemde punten zijn rekenmodellen niet geschikt om betrouwbare berekeningen te doen tot zeer lage waarden van de geluidbelasting." Dit hoeft echter niet altijd te betekenen dat er niet tot relatief lage geluidbelastingen gerekend kan worden. Hoewel er een aantal kanttekeningen zijn te plaatsen, is de kwaliteit van geluidberekeningen bij lage geluidbelastingen (onder de 45 dB L_{den}) vaak nog voldoende om in enquêtes of gezondheidskundig onderzoek te worden ingezet. Hoe groot de precieze invloed is van mogelijke over -of onderschattingen in de blootstellingsverdeling van geluid van vliegverkeer is op de uiteindelijke schatting van de ziektelast door geluid van vliegverkeer, is niet onderzocht.

[19] Een myocard infarct, hartaanval of hartinfarct behoort tot de groep van coronaire hartziekten. Het ontstaat wanneer een bloedstolsel of een stuk atherosclerotische plaque een kransslagader plotseling afsluit. Door die afsluiting krijgt het bijbehorende gedeelte van de hartspier geen zuurstof en overige voedingsstoffen meer en sterft af (Volksgezondheidenzorg.info, 2020).

6.7.2 *Vergelijking met de inzichten van het Gezondheidsraadadvies uit 1994*

De in dit hoofdstuk gerapporteerde omvang van de ziektelast door geluid is hoger dan we op basis van de kennis ten tijde van het Gezondheidsraad uit 1994 dachten. In 1994 concludeerde de Gezondheidsraad namelijk dat effecten als hart -en vaatziekten pas optreden vanaf geluidniveaus vanaf 70 dB ($L_{Aeq, 6\text{-}22hr}$). In haar richtlijndocument schatte de WHO dat de waarnemingsdrempel bij 53 dB (L_{den}) zou liggen (zie ook paragraaf 4.4). De figuren die de verdeling van de ziektelast door geluid weergeven (figuur 6.1, 6.3, 6.4 en 6.6) laten zien dat in het gebied tussen 53 en 70 dB relatief veel gezondheidseffecten optreden, in vergelijking met het gebied met geluidniveaus van 70 dB en hoger. Gezien de veranderde inzichten over de waarnemingsdrempel over het optreden van ernstige effecten als coronaire hartziekten, kan gesteld worden dat de huidige maximale waardes minder bescherming bieden dan op basis van het Gezondheidsraad rapport uit 1994 werd gedacht.
In het ontwerp Aanvullingsbesluit geluid [5] is onder meer opgenomen dat de maximale waarden voor een aantal geluidbronnen worden verhoogd: voor geluid afkomstig van gemeentelijke wegen wordt de maximale waarde verhoogd naar 70 dB (L_{den}); voor geluid afkomstig van zowel provinciale wegen buiten de bebouwde kom als rijkswegen wordt de maximale waarde verhoogd naar 60 dB (L_{den}). Een verhoging zal gezien de veranderde inzichten over de waarnemingsdrempel van ernstige effecten als hart -en vaatziekten niet leiden tot gezondheidsverbetering. In een aantal gevallen is in het ontwerp Aanvullingsbesluit ook een verlaging van de maximale waarde opgenomen. Het betreft de maximale waarde voor geluid afkomstig van provinciale wegen binnen de bebouwde kom (verlaging naar 60 dB (L_{den})), en de maximale waarde voor geluid afkomstig van railverkeer (verlaging naar 65 dB (L_{den})). Deze verlagingen zijn een positieve ontwikkeling gezien de bovenstaande opmerkingen. Wel blijft een maximale waarde voor geluid van railverkeer van 65 dB (L_{den}) relatief hoog ten opzichte van een waarnemingsniveau van 53 dB (L_{den}).

6.7.3 *Het effect van aanpassen van de norm of het reduceren van geluidniveaus tot onder de WHO-advieswaarde*

Uit paragraaf 6.1 en 6.2 bleek dat er een relatief klein deel van de ziektelast zich voordoet onder de bevolking die in gebieden woont met geluidniveaus hoger dan de huidige maximale geluidniveaus. Het grootste deel van de ziektelast doet zich echter voor in gebieden met geluidniveaus die gelijk zijn aan de streefwaarden en geluidniveaus die gelijk zijn aan de maximale waarde.
Uit tabel 6.7 blijkt dat een deel van de mensen die negatieve gezondheidseffecten ondervinden door geluid in gebieden wonen met een geluidniveau boven de advieswaarde van de WHO. Helaas is het op basis van de beschikbare gegevens lastig om aan te geven in hoeverre een bepaalde aanpassing van de norm kan leiden tot een reductie van de blootstelling voor woningen en daarmee de ziektelast terug te brengen. Dit wordt geïllustreerd met een voorbeeld: Het is niet mogelijk om aan te geven wat het effect is van het instellen van een maximale waarde op gemeentelijke wegen van bijvoorbeeld 53 dB (L_{den}) is, omdat dit vermoedelijk niet alleen leidt tot het terugbrengen van het aantal woningen boven de 53 dB, maar ook effecten heeft op de berekende geluidbelasting van woningen onder de 53 dB. Een belangrijke reden is

dat een verlaging van het geluidniveau door tot 53 dB (L_{den}) is namelijk ook van invloed is op de woningen die al in gebieden liggen waar de geluidbelasting lager is dan 53 dB (L_{den}). Voor het aantal coronaire hartziekten dat per jaar is toe te schrijven aan de blootstelling door geluid van rail- en vliegverkeer geldt een vergelijkbare redenatie.
In sommige gevallen is het nog wel mogelijk om iets te zeggen over het effect van een reductie van het geluidniveau tot de WHO-advieswaarde: Uit tabel 6.7 blijkt dat er 750 personen met een coronaire hartziekten door geluid wonen in een gebied met een geluidniveau van wegverkeer boven de WHO-advieswaarde van 53 dB (L_{den}). Dit betekent dat wanneer de geluidniveaus van wegverkeer voor woningen die boven de gezondheidskundige advieswaarde liggen, worden gereduceerd tot 53 dB (L_{den}), dit naar verwachting een vermindering zal geven van de omvang van de ziektelast die ongeveer gelijk is aan het geschatte aantal mensen met een coronaire hartziekte bij de huidige blootstellingsverdeling. Ook omdat er volgens de huidige inzichten onder de 53 dB (L_{den}) geen extra risico op coronaire hartziekten is. Een vergelijkbare redenatie gaat op voor de coronaire hartziekten die kunnen worden toegeschreven aan de blootstelling aan geluid van rail- en vliegverkeer.

6.7.4 Ziektelast onder de WHO-advieswaarde

Uit tabel 6.7 blijkt dat er mensen zijn die in gebieden wonen met een geluidsbelasting lager dan de WHO-advieswaarde en die tegelijkertijd negatieve effecten ondervinden door de blootstelling aan geluid. Dit heeft er onder meer mee te maken dat het uitgangspunt van de WHO voor het afleiden van deze advieswaarden is: in de WHO-richtlijn wordt een kans van 10% op ernstige hinder en een kans van 3% op ernstige slaapverstoring als acceptabel beschouwd. Voor nachtelijk geluid van vliegverkeer is er een extra complicatie: doordat de BR-relatie niet valide was voor nachtelijke geluidniveaus lager dan 40 dB (L_{night}), moest de WHO daar uitgaan van een kans van 10% op ernstige slaapverstoring in plaats van 3%.

6.8 Conclusie

In dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van de huidige omvang van de ziektelast door geluid in Nederland. Het blijkt dat de grootste omvang van de ziektelast voorkomt bij personen die worden blootgesteld aan geluidniveaus tussen 45 en 55 dB (L_{den}). Voor coronaire hartziekten is te zien dat een deel van de effecten ook optreedt bij lagere geluidniveaus dan dat op basis van het advies van de Gezondheidsraad uit 1994 werd gedacht. Dit inzicht is nieuw.
Indien men wil komen tot een zo groot mogelijke gezondheidswinst, dan zou het beleid gericht moeten zijn op het reduceren van het gemiddelde geluidniveau. Daarnaast zou ook aandacht moeten blijven worden besteed aan hogere geluidniveaus (55-60 dB). Immers, bij deze niveaus is er niet alleen een kans dat mensen ernstig worden gehinderd door omgevingsgeluid; ook is er bij deze niveaus een verhoogd risico op het krijgen van effecten als coronaire hartziekten.

7 Mogelijkheden voor versterking van het beleid

Dit hoofdstuk is gericht op de beantwoording van het tweede deel van de motie Schonis waarin wordt gevraagd *onderzoek te doen naar de mogelijkheden om de WHO-richtlijnen te gebruiken ter versterking van het (inter)nationaal beleid en de mogelijke gevolgen daarvan voor de Nederlandse situatie.* Nadat in de voorgaande hoofdstukken de omvang en de verdeling van de ziektelast in Nederland is geschetst, beschrijft dit hoofdstuk de mogelijkheden om in de geest van de WHO-richtlijnen het huidige beleid te versterken. Omdat de WHO-richtlijnen zich richten op een vermindering van negatieve gezondheidseffecten als gevolg van geluid, zullen de beleidsrichtingen die in dit hoofdstuk worden beschreven dat ook zijn. Hierbij worden de inzichten over interventies en zogenoemde akoestische en niet-akoestische factoren aangegeven.

7.1 Mogelijkheden voor meer gezondheidswinst in het Nederlandse stelsel

Binnen de huidige Nederlandse stelsel voor geluidregelgeving is verlaging van de gemiddelde geluidbelasting voor gezondheidsverbetering in theorie mogelijk, maar in de praktijk pakt dit tot op heden anders uit. Beleidsmakers en bestuurders hebben, zoals op hoofdlijnen beschrijven in hoofdstuk 4, een scala aan instrumenten en maatregelen tot hun beschikking om situaties met een hoge geluidbelasting te voorkomen, de toename van omgevingsgeluid te beheersen of te verlagen en situaties met onaanvaardbare risico's aan te pakken. In de praktijk zijn het beleid en de maatregelen in Nederland echter vooral gericht op het voorkómen en bestrijden van hinder door hoge geluidbelastingen, het vastleggen van beschikbare geluidruimte voor bronhouders en het inpassen van ruimtelijke ontwikkelingen. Daarmee is de reductie van gezondheidseffecten door de blootstelling aan geluid geen algemeen doel bij bestaande situaties[20], met uitzondering van de saneringsoperaties. De overweging en het uitgangspunt (zoals verwoord in de motie Schonis[21]) dat met het bestaande beleid reeds wordt ingezet op het voorkomen en waar mogelijk verminderen van geluidoverlast en het uitgangspunt om "toe te blijven werken naar vermindering" komen dan ook niet geheel overeen met de huidige praktijk.
Indien het Nederlandse beleid zou worden aangevuld met een verankering van gezondheidsverbetering als een opzichzelfstaand doel in de wet- en regelgeving, wordt gezondheidsverbetering de *reden* voor het maken van een afweging voor zowel bestaande als nieuwe situaties. Dit is anders dan de huidige situatie, waarin het een *mogelijk gevolg* is van de verplichting om een afweging te maken over (beheersing of vermindering van) het geluidniveau bij economische ontwikkelingen of autonome groei van activiteiten.

[20] De derde pijler van het systeem in de Wet milieubeheer zet weliswaar in op bronmaatregelen voor geluidreductie, maar vervolgens moet overwogen worden in hoeverre men de gpp wil aanpassen voor gezondheidswinst òf dat de "geluidswinst" ten gunste komt aan toename van economische activiteiten. Ook is na verlaging van een gpp vervolgens woningbouw dichter bij de bron mogelijk.
[21] "… overwegende dat er met het bestaande beleid reeds ingezet wordt op het voorkomen en waar mogelijk verminderen van geluidsoverlast; van mening dat het belangrijk is om op lange termijn toe te blijven werken naar vermindering van de negatieve gezondheidseffecten als gevolg van geluid; …"

Box 7.1

Voor bijvoorbeeld gebieden met een geluidniveau in de range 55 – 65 dB L_{den} afkomstig van wegverkeerslawaai is geregeld dat deze geluidssituatie niet gewijzigd hoeft te worden als het geluidniveau toeneemt door ontwikkelingen (ofwel het *stand still* beginsel). Het grootste deel van de Nederlandse bevolking woont in deze gebieden (zie ook hoofdstuk 4). In hoofdstuk 4 t/m6 blijkt echter al dat het grootste deel van de ziektelast door geluid van wegverkeer juist wordt veroorzaakt door de groep mensen die een woning hebben in de geluidsrange van ~ 45 - 65 dB (L_{den}). Wanneer men er naar wil streven de ziektelast door geluid te verlagen, dienen het beleid en de bijbehorende maatregelen er zoveel mogelijk op gericht te zijn het gemiddelde geluidniveau te verlagen. Dit is in aanvulling op het verlagen van de hoogste geluidniveaus, dat ook van belang blijft.

De huidige maatregelen voor de reductie van hoge geluidniveaus (65 dB en hoger) leveren een relatief kleine gezondheidswinst. Toch blijft het belangrijk (ook) deze hoge geluidniveaus aan te pakken. Want hoewel het gaat om een relatief kleine ziektelast, blijkt deze beduidend hoger te zijn dan eerder werd gedacht: effecten zoals coronaire hartziekten blijken volgens de WHO al op te treden vanaf 53 dB(A) L_{den}. Het gaat bij hoge geluidniveaus dus niet alleen om kans op ernstige hinder.
De relatief kleine omvang van de gezondheidswinst komt doordat slechts een beperkt deel van de Nederlandse bevolking is blootgesteld aan deze hoge geluidniveaus. Uit hoofdstuk 4 t/m 6 blijkt bijvoorbeeld dat de hoge geluidniveaus (65 dB en hoger) een relatief kleine bijdrage leveren aan de totale ziektelast door geluid van wegverkeer. Een maatregel zoals de saneringsregeling is effectief gebleken om vooral extreme geluidsituaties aan te pakken.

7.2 Bepalen van de relevante groep personen

Voor het realiseren van een zo groot mogelijke gezondheidswinst is het belangrijk dat de gemiddelde geluidbelasting in Nederland wordt verlaagd voor zowel bestaande als nieuwe situaties. Om besluiten te kunnen nemen die (meer) op gezondheidsverbetering gericht zijn, moet al in de fase van beleidsvoorbereiding gekeken worden naar (gebieden met) de relevante groep(en) personen. Op dit moment is slechts een beperkt deel van de Nederlandse bevolking (en van de geluidgehinderden) onderdeel van de beleidsvoorbereiding en besluitvorming gericht op gezondheidsverbetering. Bij weg- en railverkeer en vliegverkeer betreft het vooral dat deel van de bevolking, dat in aanmerking komt voor geluidsaneringsprojecten, hoewel in sommige gevallen ook bij aanpassing van infrastructuur wordt ingezet op gezondheidsverbetering. Uit voorgaande hoofdstukken blijkt dat een deel van de relevante groep nu geen onderdeel is van de besluitvorming. Zo bevindt voor geluid van vliegverkeer circa de helft van het totaal aantal ernstig gehinderde personen zich buiten het aandachtsgebied, dat wordt begrensd door de 48 dB (L_{den}) contour. Voor weg- en railverkeer wordt een deel van de ziektelast veroorzaakt door geluidniveaus in de buurt van de voorkeurswaarden, maar in de huidige situatie is geen gerichte inzet om negatieve gezondheidseffecten voor die (bestaande) situaties te verminderen.

Voor het achterhalen van (gebieden met) de relevante groep(en) personen, zouden de volgende stappen kunnen worden ondernomen:

1. Neem bij de inzet en evaluatie van maatregelen ook gebieden mee met een geluidbelasting *onder* de wettelijke voorkeurswaarde of gebieden *buiten* het huidige wettelijke aandachtgebied. Bij de huidige aanpak blijft een aanzienlijk deel van de relevante groep personen vaak buiten beeld, terwijl personen die wonen in gebieden met een geluidsbelasting onder de wettelijke voorkeurswaarden of buiten de wettelijke aandachtsgebieden ook hinder of andere negatieve gezondheidseffecten kunnen ondervinden. De vraag is tot hoe ver men in de beleidsaanpak wil en kan gaan. Wil men alle gebieden met woningen die zijn blootgesteld aan niveaus tot bijvoorbeeld 40 dB of 50 dB meenemen? Of betrekt men de gebieden waar bewoners worden blootgesteld aan geluidniveaus waarbij zij nog een bepaalde kans hebben op (ernstige) hinder of ander negatief gezondheidseffecten, zoals coronaire hartziekten? Hoe wordt de hoogst belaste groep mensen meegenomen? En daarnaast is de vraag hoe die keuzes zich verhouden met andere zaken zoals de vergunde geluidruimte.
2. Na het bepalen van de groep(en) en/of gebied(en) waarop men het beleid of de maatregelen wil richten, is een volgende stap om de ziektelast voor die groep(en) en/of gebied(en) door de geluidbelasting in beeld te brengen. Daarbij is ook de verdeling van deze ziektelast over de verschillende groepen en/of gebieden van belang. Deze informatie geeft inzicht in de vraag "waar hebben we het nu over?" en helpt om te bepalen waar welke maatregelen het meest optimaal kunnen worden ingezet. De informatie kan ook bijdragen aan het beantwoorden van de vraag welke ziektelast men nog acceptabel vindt, bijvoorbeeld of men aansluit bij de keuze van de WHO.
3. Het kan daarbij verder helpen om bij de bepaling van relevante gebieden in relatie tot lokaal beleid of lokale maatregelen, de omwonenden in die gebieden de mogelijkheid te geven te participeren in de besluitvorming. Dit betekent overleg met de betrokken stakeholders over welk(e) gebied(en) of groep(en) bij het beleid of de vormgeving van de maatregelen betrokken zou kunnen of moeten worden.

De nieuwe inzichten voor het verschil tussen de BR-relaties voor ernstige hinder en slaapverstoring bij het geluid van weg- en railverkeer werken door in een aantal beleidsinstrumenten, zoals het doelmatigheidscriterium, cumulatieregels en de normstelling. In de rapportage van Schwanen et al. [77] is beschreven hoe dit doorwerkt. Tevens zijn mogelijke varianten beschreven, waarbij de BR-relaties worden toegepast die zijn afgeleid in de evidence review van Guski et al. [19]; de BR-relaties afgeleid met data van de GGD-monitor [1] zijn niet in de analyse van Schwanen et al. [77] verwerkt.

In aanvulling op het inbeeld brengen van de relevante groepen zou moeten worden onderzocht welke doelen voor gezondheidsverbetering men wil bereiken en welke beleidskaders (bijvoorbeeld de Nationale Omgevingsvisie (NOVI)), instructieregels, normen en andere instrumenten daarvoor het meest geschikt zijn. Er zijn al voorbeelden

beschikbaar. Zo geeft de provincie Utrecht in haar concept ontwerp-omgevingsvisie als doel voor 2030 aan: "Wij streven er naar dat de gezondheidsrisico's als gevolg van geluidsbelasting minimaal zijn, waarbij we voor nieuwbouw voor woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen streven naar het voldoen aan de WHO-advieswaardes voor geluid." Het doel voor 2040 is: "voor bestaande woningen en andere geluidgevoelige gebouwen streven we naar het niet verder toenemen van de geluidsbelasting en dat ze een geluidsbelasting hebben van maximaal 60 dB." [100]. Een ander voorbeeld is de 50/50-regel voor Schiphol.

7.3 Aangrijpingspunten voor passende maatregelen

De WHO-richtlijnen adviseren gezondheid optimaal te beschermen door de geluidbelasting met "passende" maatregelen te verlagen tot de aangegeven advieswaarden. Voor deze aanbeveling baseert de WHO zich in belangrijke mate op de review van Brown en Van Kamp [16]. In deze paragraaf wordt de classificatie uit de review kort toegelicht. Het doel van de review was te onderzoeken wat het effect van verschillende interventies was op hinder en gezondheid. Voor het vergelijken van de verschillende soorten interventies hebben Brown en Van Kamp [16] voor hun review een indeling beschreven waarmee de verschillende interventies geclassificeerd kunnen worden. Recent is deze indeling uitgebreid [101]. Tabel 7.1 geeft een overzicht van de verschillende categorieën, subcategorieën en voorbeelden voor geluid van weg- en railverkeer en vliegverkeer. De tabel toont dat interventies op verschillende momenten in het proces mogelijk zijn.

Tabel 7.1. Indeling van geluidinterventies (ontwikkeld door Brown & Van Kamp [16]; Van Kamp et al.,)

Type	Interventie categorie	Betekenis van categorie	Voorbeelden
A	Bronінterventie	Verandering in blootstellingniveau	Stillere banden, akoestisch slijpen van het spoor, stiller treinmaterieel, wijziging in het aantal vliegbewegingen, motoremissieregulaties
		Activiteiten van de bron worden beperkt tot een bepaalde periode	Afsluiting wegen tijdens bepaalde dagperiode, activiteiten luchthaven beperkt tijdens nachtperiode (geen nachtvluchten)
B	Pad-interventies*	Gericht op het veranderen en/of controleren van de overdracht van het geluid tussen bron en ontvanger	Afschermende maatregelen, geluidadaptief bouwen, gevelisolatie
C	Aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur	Opening van een nieuwe infrastructurele geluidsbron of sluiting van een bestaande	Nieuwe startbaan
		Regels voor aanwezigheid geluidgevoelige gebouwen binnen een geluidcontour	Afwegingen in het Luchthavenindelingbesluit

Type	Interventie categorie	Betekenis van categorie	Voorbeelden
D	Andere fysieke interventies	Gericht op verandering in andere fysieke dimensies van woning / buurt van de ontvanger	Beschikking over stille zijde, beschikbaarheid van groen, gevarieerd *soundscape design*
E	Sociale interventies	Veranderen in gedrag voor een lagere blootstelling (voorkomen of afname blootstellingsduur)	Mensen leren hoe ze hun blootstelling kunnen veranderen
		Communicatie met omwonenden en voorlichting	Informeer mensen om hun perceptie over geluid te veranderen, leg uit aan mensen waarom er een verandering is in het geluid dat ze waarnemen, overleg met omwonenden tijdens ontwerptraject windturbines, citizen science projecten
		Participatie, betrekken van stakeholders om gevoel van eigenaarschap te versterken en/of verantwoordelijkheid te creëren	Het aantonen van eigenaarschap m.b.t. oplossingen (Bijv. samenwerkingsplan op het gebied van isolatie), afspraken tussen omwonenden en exploitant over terugregelen windturbines bij ernstige hinder

*Interventies die van invloed zijn op de overdracht van geluid van bron naar ontvangerUiteindelijk hebben Brown & Van Kamp [16] als onderdeel van hun review 43 interventie studies beoordeeld. Uit de resultaten van de review blijkt dat veel van de onderzochte interventies waren geassocieerd met veranderingen in het onderzochte gezondheidseindpunt, ongeacht de geluidbron, het soort gezondheidseindpunt of het type interventie. Het grootste deel van de onderzochte interventies (n=33) had betrekking op geluid van wegverkeer. De overige interventies hadden betrekking op geluid van vliegverkeer (n=7) en geluid van railverkeer (n=3). Het meest onderzochte gezondheidseindpunt was hinder.

In hun review hebben Brown & Van Kamp [16] ook geprobeerd na te gaan hoe groot de verandering in een gezondheidseindpunt was als gevolg van de verschillende interventies. Uit de review bleek dat de verandering in gezondheidseindpunt vaak groter was dan men op grond van de verandering in het geluidniveau kon verwachten
De minimale verandering in de omvang van een gezondheidseindpunt die men kan verwachten, kan worden voorspeld door een relevante BR-relatie. Over het algemeen bleek dat bronінterventies, pad-interventies en interventies bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur (interventie type A, B en C) effectief zijn voor de reductie van hinder. Het beschikbare bewijs was echter onvoldoende robuust om conclusies te kunnen trekken over de verschillen in gezondheidswinst tussen de verschillende soorten interventies. Ook was onduidelijk of er sprake is van drempelwaarden bij veranderingen in gezondheidseindpunten door de interventies: wat is de kleinste verandering in geluidniveau die door een interventie wordt veroorzaakt die nog een effect heeft op gezondheid en/of welbevinden van mensen.

Als onderdeel van hun review, hebben Brown & Van Kamp [16] ook een protocol ontwikkeld waarmee systematisch kan worden onderzocht wat het effect van een interventie is op hinder of andere negatieve gezondheidseffecten van omgevingsgeluid. De onderzoekers bevelen aan dit protocol in de toekomst te gaan gebruiken bij onderzoek naar de effecten van interventies, omdat er nauwelijks 'evidence based' voorbeelden van 'best practices' voorhanden zijn die tot daadwerkelijke beïnvloeding van bijvoorbeeld hinder door het geluid leiden.

7.4 Factoren die van belang zijn voor het nemen van maatregelen

Negatieve gezondheidseffecten zoals geluidhinder ontstaan in de eerste plaats omdat mensen worden blootgesteld aan geluid. Maar niet alle geluid leidt tot hinder en het ervaren van hinder wordt niet alleen bepaald door het geluidniveau (de decibellen).

7.4.1 Akoestische factoren

In de eerste plaats zijn er akoestische factoren die weliswaar direct zijn gerelateerd aan de blootstelling aan geluid, maar niet expliciet worden gemaakt in de geluidniveaus. Voor het optreden van een effect en hoe men het geluid ervaart zijn verschillende geluidkarakteristieken van belang, bijvoorbeeld: het aantal geluid-*events*, rustperioden, karakteristieke geluidsfrequenties (laagfrequent geluid, tonaal geluid), pieken, atmosferische processen, grondreflectie en geluidniveaus van eventuele andere bronnen in de directe omgeving (zie ook Van Kempen et al., 2014; Gezondheidsraad, [48]; Klaeboe et al., [102]; Keaboe et al., [103]; Gidlof-Gunnarsson & Ohrstrom, [50]; Gidlof-Gunnarsson & Ohrstrom, [104]). Een vrachtwagen ('zwaar' geluid) en een brommer ('snerpend' geluid) kunnen bijvoorbeeld hetzelfde geluidniveau hebben, maar ze klinken anders en kunnen daardoor anders ervaren worden. De mate waarin deze akoestische factoren een rol spelen bij de mate van hinder of het ontstaan van negatieve gezondheidseffecten is niet altijd even duidelijk.

In studies die de relatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en gezondheid (waaronder (ernstige) hinder) onderzoeken, wordt de blootstelling aan geluid over het algemeen uitgedrukt in de vorm van een jaargemiddelde L_{den}, gemodelleerd voor de hoogst belaste gevel. Echter, regelmatig vraagt men zich af of de L_{den} wel de meest geschikte geluidindicator is om de relatie met het welzijn en de gezondheid van de omwonenden te analyseren. De vrees bestaat dat de invloed van het piekniveau van het geluid niet voldoende word onderkend bij het gebruik van de L_{den}. Immers, ook met andere indicatoren dan de L_{den} kan de relatie met ernstige hinder en andere negatieve gezondheidseffecten worden beschreven. Naast het niveau van het geluid van een geluidevent (zoals bijvoorbeeld een vliegbeweging) kenmerkt een geluidevent zich ook door de tijdsduur gedurende welke het geluidevent een bepaald geluidniveau overschrijdt. Vervolgens is het áántal geluidevents dat zich gedurende een bepaalde periode voordoet een belangrijk kenmerk [31]. Deze drie kenmerken (niveau, duur en aantal) kunnen als aparte geluidmaat worden toegepast maar ook nog eens samengenomen worden in één maat, een geïntegreerde geluidsmaat zoals de L_{DEN} of de KE. Meer informatie over de invloed van het type geluidsindicator is te vinden in Berglund et al. [31], Van Poll et

al. [105], Schreckenberg et al. [106], Brink et al. [107] en Miedema et al. [108].
In specifieke situaties kan het volgens de WHO echter beter zijn om een geluidindicator te gebruiken die iets zegt over aparte geluidgebeurtenissen (de zogenoemde single-event indicators). Bijvoorbeeld het maximale geluidniveau van gebeurtenissen ($L_{A\ max}$) of het aantal geluidgebeurtenissen in de context van nachtelijk geluidgebeurtenissen veroorzaakt door rail- of vliegverkeer die duidelijk ontwaakreacties of andere lichamelijk reactie kunnen veroorzaken. In de evidence review van Basner en McGuire [15] zijn blootstelling-respons relaties afgeleid voor de associatie tussen het maximale geluidniveau van geluidgebeurtenissen ($L_{AS\ max}$) veroorzaakt door weg, rail of vliegverkeer en de kans op ontwaken. De WHO heeft bij het afleiden van haar gezondheidskundige advieswaarden, deze BR-relaties niet meegenomen. Dit kwam onder meer omdat deze BR-relaties door de WHO als tentatief werden beschouwd.

7.4.2 Niet-akoestische factoren

Naast akoestische factoren zijn er ook factoren die niets met het fysieke geluid (de blootstelling) te maken hebben, maar die wel het optreden van effecten door de blootstelling aan geluid kunnen beïnvloeden. In de praktijk worden deze factoren vaak aangeduid als 'niet-akoestische' factoren. Ze omvatten een groot aantal aspecten en worden vaak onderverdeeld in situationele, persoonlijke, contextuele en sociale factoren. Daarnaast wordt vaak ook naar demografische kenmerken gekeken. Voorbeelden van niet-akoestische factoren zijn: geluidgevoeligheid, angst voor de bron of het geluid, in hoeverre men in staat is om met het geluid om te gaan, veranderingen en het proces daarom heen, de mate van voorspelbaarheid van de blootstelling, de mogelijkheid om het probleem aan te kaarten, houding ten opzichte van de bron, en verwachtingen over toekomstig geluid.

Een meer gedetailleerd overzicht van de verschillende soorten niet-akoestische factoren en hun mogelijke invloed op de relatie tussen geluid en hinder is te vinden in Van Kempen en Simon [109]. Uit het overzicht blijkt dat de invloed van niet-akoestische factoren op het optreden van hinder complex en moeilijk te voorspellen is. In de meeste onderzoeken komt naar voren dat contextuele, sociale en persoonlijke factoren meer invloed hebben op hinder dan demografische factoren. Volgens het overzicht is veel onderzoek verricht naar het effect van niet-akoestische factoren. Vaak is daarbij naar de afzonderlijke factoren gekeken en hun mogelijke invloed op de hinder en de relatie tussen de blootstelling aan geluid en hinder. Er is weinig gekeken naar de onderlinge samenhang van niet-akoestische factoren en hoe die samenhang van invloed kan zijn op de prevalentie van hinder en de relatie tussen geluid en hinder [110].

Voor het ontwikkelen of versterken van geluidbeleid is belangrijk te weten hoe groot de invloed is van de verschillende factoren die een rol spelen bij hinder. Maar daarmee weet een beleidmaker nog niet of hij/zij er iets mee zou kunnen voor het beleid. Naast de grootte van de invloed van een niet-akoestische factor is ook de mate van modificeerbaarheid van belang. In een aantal recente reviews [111, 112] worden de mate van invloed op hinder en de modificeerbaarheid tegen elkaar afgezet.

Daarbij gaat het echter om een kwalitatieve analyse en lopen maatregelen, factoren en effecten sterk door elkaar. Voor het ontwikkelen van effectief beleid met geluid reducerende en/of mitigerende maatregelen is de combinatie van kennis over de grootte van de invloed van een niet-akoestische factor en kennis over de mate van modificeerbaarheid van belang.

Omdat niet-akoestische factoren onderling vaak sterk samenhangen, betekent dit dat de niet-akoestische factoren die een minder grote invloed op hinder hebben en/of nauwelijks of in mindere mate modificeerbaar zijn, niet uit het oog moeten worden verloren. Wanneer bij het nemen van geluid reducerende maatregelen rekening wordt gehouden met niet-akoestische factoren, kan dat gevolgen hebben voor de wijze waarop de maatregel wordt geïmplementeerd. Niet-akoestische factoren kunnen bij het nemen van geluid reducerende maatregelen volgens een aantal recente reviews [111, 112] het beste worden geadresseerd door communicatie en het betrekken van burgers ('*community engagement*'). Een praktijkvoorbeeld van een aanpak waarbij de invloed van niet-akoestische factoren is meegenomen, is een windpark bij Nijmegen. Bewoners kunnen met een *app* aangeven wanneer zij hinder ervaren van windturbines. Bij ernstige hinder kan de beheerder besluiten de turbines stilzetten. Doordat omwonenden (enige) controle krijgen over de bron, ervaren zij minder hinder, in de wetenschap dat de bron wordt uitgeschakeld als zij het onacceptabel vinden. Nieuwe vormen van participatie en communicatie voor luchtvaartgeluid worden op dit moment verkend in het Europese project Aviation Noise Impact Managementen through Novel Approaches [112].

7.5 Opties voor versterking van het bestaande beleid

Als in het geluidbeleid wordt gekozen voor gezondheidsverbetering is de consequentie dat het *stand still* beginsel moet worden losgelaten. Daarmee kan worden voorkomen dat gezondheidsverbetering niet alleen min of meer toevallig volgt uit technische winst. Om tot een zo groot mogelijke gezondheidswinst te komen, wordt aanbevolen vooraf systematisch te bekijken in welke gebieden en/of bij welke groepen de meeste winst te behalen is. Daarnaast wordt aanbevolen aan te geven welke mate van gezondheidswinst men wil bereiken (zie ook paragraaf 7.2). Wanneer dit in beeld is, komt een aantal richtingen in beeld om tot gezondheidsverbetering te komen. Het gaat veelal om combinaties van de volgende aanpassingsrichtingen:

1) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de beschikbare geluidruimte[22];
2) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de normen;
3) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van overige wettelijke instrumenten.
4) Het toepassen van interventies op (hoog)belaste locaties (passende maatregelen en acties).

Ad 1) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de beschikbare geluidruimte

[22] In de huidige aanpak bij gpp's volgens hoofdstuk 11 Wm wordt eerst bronbeleid ingevoerd en daarna volgt het besluit over verlaging gpp. Hier wordt voorgesteld om eerst de Lden (en dus de gpp) te verlagen en daarna maatregelen toepassen om deze verlaging te realiseren. Daarbij moet men wel aansluiten bij END-cyclus, zodat de wegbeheerder 5 jaar heeft om maatregelen te treffen

Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de beschikbare geluidruimte, bijvoorbeeld door het verlagen van het gpp, zorgt ervoor dat de bronhouders zich moeten (blijven) inspannen geluidniveaus binnen een bepaalde termijn te verlagen. Daardoor wordt de kans op het optreden van hinder en andere negatieve gezondheidseffecten lager. Het is dan wel van belang dat de vrijgekomen ruimte wordt ingezet voor gezondheidswinst en niet wordt opgevuld met geluidgevoelige functies. In de huidige situatie volgt gezondheidsverbetering vaak min of meer toevallig uit technische winst.
Het idee om de beschikbare geluidruimte deels als milieuwinst aan de omgeving te geven is niet nieuw. Voor de luchtvaart is afgesproken om de 50/50-regel te hanteren rondom Schiphol. Deze wordt al voor een groot deel in bestaande documenten verwoord[23]. Rondom de luchthaven Eindhoven Airport wil men nog verder gaan: in 2019 stelde de commissie Van Geel voor om in 2030 30% minder geluidbelasting te hebben ten opzichte van 2019. Volgens de commissie moet niet het aantal vluchten, maar de geluidsbelasting voor de omwonenden sturend worden voor de verdere ontwikkeling van de luchthaven [113]. Ook voor railverkeer kent men een aanpassing van de beschikbare geluidruimte: in 2017 is een verlaging van de geluidproductieplafonds op vijftig spoortrajecten doorgevoerd. Deze actie bleek mogelijk omdat door bronbeleid minder geluidruimte langs spoorwegen nodig was[24]. Een plafondverlaging betekent overigens niet altijd dat de geluidbelasting langs het spoor omlaag gaat. Die lag immers al enige tijd lager dan bij de eerste vaststelling van de plafonds in 2012. Een plafondverlaging waarborgt wel dat de blootstelling niet ongemerkt weer (geleidelijk) omhoog gaat of omhoog mag gaan als de verkeersintensiteit op het spoor toeneemt.

Het aanpassen van geluidruimte opdat gezondheidswinst kan worden behaald, vereist maatwerk en overleg met andere stakeholders (bijvoorbeeld gemeenten) die veelal (ook) andere belangen dan gezondheidswinst hebben. Een mogelijk risico bij een plafondverlaging is dat nieuwe ontwikkelruimte voor woningbouw ontstaat langs het spoor. Om te voorkomen dat daar alsnog woningen worden gebouwd en de gezondheidswinst teniet wordt gedaan, wordt aanbevolen gelijktijdig ook de voorwaarden voor nieuwe geluidgevoelige objecten zoals woningen aan te scherpen.

Ad 2) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de normen

Het (stapsgewijs of periodiek) aanscherpen van de normen voor de immissie van geluid heeft naar verwachting vooral een positief effect als

[23] In de brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer van 5 juli 2019 en de antwoorden op Kamervragen van het lid van Raan van augustus 2019 geeft de minister van IenW aan groei alleen toe te staan als er milieuwinst wordt bereikt. Hiermee wordt verder vormgegeven aan de 50/50- afspraak. De RLI geeft onder meer de aanbeveling dat luchthavens en luchtvaartmaatschappijen zich meer moeten inspannen om de milieuhinder door luchtvaart zo laag te laten zijn 'als redelijkerwijs mogelijk'. Scherp daarom periodiek de grenswaarden aan voor de luchtvaart. Dit wordt het ALARA-beginsel genoemd, een afkorting van as low as reasonably achievable. Deze aanbeveling verwoordt de noodzaak om de milieuwinst door technische of organisatorische ontwikkelingen ook voor de omgeving in te zetten.
[24] 6 september 2017, IENM/BSK-2017/192828, Besluit tot wijziging van geluidproductieplafonds op referentiepunten langs hoofdspoorwegen

zowel ingezet wordt op aanscherping van maximale waarden als op sturing via (aanscherping van) de streefwaarden.
Voor het realiseren van de grootste gezondheidswinst voor de (gehele) relevante groep is aanscherping van alleen de maximale waarde waarschijnlijk minder effectief dan wanneer een combinatie met aanscherping van de streefwaarden wordt toegepast: ook tussen de streefwaarden en maximale waarden treden immers gezondheidseffecten op (zie ook hoofdstuk 6). De maximale waarde wordt slechts in een relatief beperkt aantal gevallen overschreden. Meer sturing via de streefwaarde kan op verschillende manieren worden gerealiseerd: scherp de voorwaarden aan voor het bouwen van geluidgevoelige objecten op locaties met een zodanige geluidbelasting dat geen of minder negatieve gezondheidseffecten kunnen optreden. Als meer mensen gaan wonen in gebieden met geluidniveaus rond de streefwaarden (in plaats van de maximale waarden), zal de gemiddelde blootstelling aan geluid dalen. Door de daling van de gemiddelde blootstelling ontstaat de grootste gezondheidswinst[25].
Een verlaging van de streefwaarde zou nog extra kunnen helpen bij het verlagen van het gemiddelde geluidniveau. Recent hebben Doorschot et al [114] in opdracht van het ministerie onderzocht wat de gevolgen zijn van een eventuele verlaging van de standaardwaarde, al dan niet in combinatie met een verlaging van de grenswaarde[26]. Er wordt geconstateerd dat op politiek-bestuurlijk en communicatief vlak een positief effect valt te verwachten van een dergelijke verlaging. Naast het behalen van een zo groot mogelijke gezondheidswinst is er een belangrijke reden om in elk geval te kijken naar een bijstelling van de maximale waarden. Zoals beschreven in paragraaf 4.4 werd lange tijd gedacht dat de waarnemingsniveaus van ernstige effecten als coronaire hartziekten rond 70 dB liggen. Een maximale geluidsniveau van 68 dB zou dan voldoende bescherming moeten bieden. Maar inmiddels zijn er nieuwe inzichten en denkt men dat de waarnemingsniveaus van ernstige effecten als coronaire hartziekten aanzienlijk lager liggen. De WHO noemt in haar richtlijnen 53 dB. Dat zou betekenen dat de huidige maximale geluidniveaus onvoldoende bescherming bieden tegen het optreden van dergelijke effecten.

Specifiek voor railverkeer is er nog een aanleiding om te kijken naar bijstelling van maximale en streefwaarden. De nieuwe BR-relaties voor geluid van weg- en railverkeer en ernstige hinder laten zien dat er geen grondslag meer is om voor railverkeer een soepelere norm te hanteren dan voor wegverkeer.

Naast de maximale en streefwaarden vergt de normstelling voor geluid in de nachtperiode specifieke aandacht. L_{night} kan bij railverkeer als instrument worden ingevoerd mede om slaapverstoring en de effecten daarvan te beperken [114]. Verder zijn voor railverkeer op bepaalde routes voor goederenvervoer al maatregelen voor de geluidreductie in de nachtperiode ingezet. Deze maatregelen met stiller materieel werken ook door op andere routes en tijdstippen. Voor wegverkeer lijkt de huidige systematiek van L_{den} afdoende en is geen aparte L_{night} nodig.

[25] Dit laat uiteraard onverlet dat de maatregelen voor het verlagen van de geluidbelasting boven de maximale waarde ook noodzakelijk blijven.
[26] De termen standaardwaarde en grenswaarde zijn afkomstig uit het nieuwe stelsel van de Omgevingswet.

Voor het vliegverkeer is L_{night} al een onderdeel van het Nederlandse stelsel. In het RLI advies [115] en de documenten die zijn opgesteld in opdracht van de Minister van IenW [79, 114, 116] is aangegeven dat de hinder in de nachtelijke uren terug moet, mede door het beperken van het aantal vliegbewegingen en de handhaving hierop. Het RLI-advies sluit aan op de bevindingen en adviezen van de Gezondheidsraad uit 2004. De WHO-richtlijnen geven geen nadere duiding over L_{night} voor geluid van windturbines. De belangrijkste reden was dat de onderliggende gegevens om dit te kunnen doen niet voor handen waren.

De overheid onderzoekt de mogelijkheden voor aanscherping van de norm kijkt. Zo blijkt uit een onderzoek van Doorschot & Van Blokland [117] dat de railruwheid kan omlaag door geoptimaliseerd slijpen. Treinen worden dan enkele dB's stiller. Deze ontwikkeling kan de haalbaarheid van een aanscherping van de normstelling verhogen, bijvoorbeeld door het laten vervallen van de 'railbonus' vanwege de herziene BR-relatie.

Ad 3) Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van overige wettelijke instrumenten

De nieuwe inzichten over de BR-relaties voor ernstige hinder en slaapverstoring bij geluid van weg- en railverkeer geven aanleiding om te evalueren in hoeverre een aantal van de instrumenten en instructieregels die zijn opgenomen in de huidige geluidregelgeving bijstelling vereisen of zouden moeten worden heroverwogen. Het gaat dan bijvoorbeeld om de cumulatieregels voor geluid of de doelmatigheidstoets (reductiepunten). De BR-relaties die nu worden toegepast in de instructieregels en andere wettelijke instrumenten zijn gedateerd. Er wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van BR-relaties die de associatie tussen geluid en ernstige hinder beschrijven die zijn afgeleid door Miedema & Oudshoorn [76]. Als onderdeel van de evidence reviews zijn recent nieuwe BR-relaties afgeleid voor ernstige hinder [19]. Recent zijn er ook BR-relaties afgeleid voor ernstige hinder op basis van data verzameld met de GGD-gezondheidsmonitor uit 2016, die gebruikt kunnen worden [1]. In de achtergrondrapportage [1] zijn de verschillende BR-relaties met elkaar vergeleken. Uit deze vergelijking blijkt dat de nieuwste BR-relatie voor geluid van wegverkeer en ernstige hinder over het algemeen minder steil verloopt dan de BR-relatie voor geluid van railverkeer en ernstige hinder. Vanaf 55 dB (L_{den}) ligt de ligt de BR-relatie tussen geluid van railverkeer en ernstige hinder zelfs hoger dan de BR-relatie voor geluid van wegverkeer. Dit beeld wordt bevestigd door nieuwe BR-relaties die zijn afgeleid op basis van de GGD Gezondheidsmonitor [1]. Voorheen werd het geluid van railverkeer als minder hinderlijk dan geluid van wegverkeer beoordeeld. Bij ernstige slaapverstoring zien we een vergelijkbaar beeld. De zogenoemde 'railbonus', die in de oudere BR-relaties wel aanwezig was, volgt niet meer uit de nieuwste BR-relaties.

Meer algemeen geld het volgende: Het is wenselijk te evalueren of en zo ja, hoe, gezondheid in de (lokale) besluitvorming (bijvoorbeeld lokale doelmatigheidsregels) is meegenomen en welk effect dat tot nu toe heeft gehad. Andere belangen dan gezondheid en gezondheidsverbetering kunnen prevaleren bij het nemen van besluiten

over te voeren beleid of te nemen maatregelen. Denk hierbij aan bouwopgaves, de energietransitie, de kosten voor geluidreductiemaatregelen of de onwenselijkheid van hoge geluidschermen in woonwijken. Bij de evaluatie kan gekeken worden naar vragen zoals: gaan andere belangen voor het streven naar een gezondheidsverbetering en zo ja, waarom en in welke mate? De bouwopgave is een vaak gezien belang. Welke oplossingen ontwikkelen decentrale overheden om woningbouw op hoog belaste locaties mogelijk te maken zonder daarbij gezondheid uit het oog te verliezen? Wordt verkeersgroei ontmoedigd in bestaande situaties met veel verkeerslawaai en zo ja, op welke wijze? Daarnaast is het van belang dat uitwisseling van kennis en ervaringen met gebruikte standaarden, instrumenten en "best practices" (goede voorbeelden) goed is geregeld. Daarbij gaat het niet alleen om gemeenten en provincies onderling, maar ook over netwerken met (delen van de) Rijksoverheid en private partijen. Ook kan gekeken worden naar de bredere uitrol van deze kennis en ervaringen, bijvoorbeeld in de vorm van handreikingen of richtlijnen.

Om een zo goed mogelijk inzicht te hebben in de omvang van de negatieve gezondheidseffecten door geluid als onderdeel van bijvoorbeeld MER-studies, kosten-baten analyses, of andere (wettelijke of beleidsmatige) instrumenten waarbij de omvang van de negatieve effecten van omgevingsgeluid in kaart moet worden gebracht is het van belang dat daarbij gebruik wordt gemaakt van de meest relevante BR-relaties. Aanbevolen wordt om bij het bepalen van het aantal mensen dat wordt gehinderd of slaapverstoord door omgevingsgeluid, zoveel mogelijk de BR-relaties te gebruiken die zijn gebaseerd op nationale en/of regionale data. Zoals Van Kempen et al. [1] hebben laten zien, bestaan er verschillende methoden om te bepalen hoeveel mensen in een gebied ernstige geluidhinder en (ernstige) slaapverstoring ervaren. Het percentage ernstig gehinderden en (ernstig) slaapverstoorden kan worden gemeten met vragenlijsten of worden berekend met de geluidbelasting en een BR-relatie. Nationale en/of regionale BR-relaties beschrijven de situatie daarbij vaak beter dan internationale BR-relaties zoals die recentelijk zijn afgeleid als onderdeel van de WHO evidence reviews. Dit komt doordat in nationale en/of regionale BR-relaties de lokale omstandigheden beter worden meegewogen. Ingeval er geen BR-relaties beschikbaar zijn die op betrouwbare nationale en/of regionale data zijn gebaseerd, dan zouden ook de BR-relaties kunnen worden gebruikt die recent zijn afgeleid in de verschillende WHO-evidence reviews. Voor effecten als coronaire hartziekten ligt het anders: deze BR-relaties zijn gebaseerd op gegevens afkomstig van case-controle of cohortstudies. Dit zijn vaak studies die relatief lang duren en daardoor kostbaar zijn, waardoor er niet zoveel studies beschikbaar zijn.

Ad 4) Het toepassen van interventies op (hoog)belaste locaties (passende maatregelen en acties).
De opties voor passende maatregelen om hinder en andere negatieve gezondheidseffecten te beperken worden hierna geschetst. Dit gebeurt aan de hand van de classificatie van Brown & Van Kamp [16], zie paragraaf 6.4.

A. Uitbreiding/versterking van specifieke geluidmaatregelen om de emissie van geluid te beperken (bronінterventies).

Het verminderen van de geluidemissie is zeer effectief. Het verminderen van emissie kan op verschillende manieren: (i) door ervoor te zorgen dat elke geluidsbron (bijvoorbeeld treinen, personenauto's, vliegtuigen) minder geluid produceert, (ii) door het aantal voertuigen en/of vliegbewegingen te verminderen, (iii) door de snelheid te verlagen, en (iv) door stillere infrastructuur. Hiervoor is in de praktijk al een scala aan maatregelen beschikbaar [118], bijvoorbeeld verlaging van de maximum snelheid, vermindering van het aantal voertuigen en/of vliegbewegingen, stil asfalt, plaatsing raildempers, omleiding van het verkeer en stille vliegtuigen en treinen.

Het stimuleren en invoeren van bronmaatregelen als stille vliegtuigen of stille treinen vraagt een (nog) sterke(re) inzet op internationale afspraken (veelal EU) over zaken als stillere voertuigen en banden, stillere vliegtuigen en stillere infrastructuur. Uiteraard vraagt de realisatie van bronmaatregelen ook nauwe samenwerking met partijen op decentraal niveau. Voor maatregelen zoals het stimuleren van elektrisch rijden en het autoluw maken van wijken is samenwerking met decentrale overheden en andere lokale en regionale stakeholders noodzakelijk. Ook is het belangrijk daarbij te kijken naar koppelkansen met andere beleidsdoelen en maatregelen zoals energietransitie en luchtkwaliteitsverbetering. Want dergelijke maatregelen kunnen ook positieve neveneffecten hebben, zoals verbetering van de luchtkwaliteit, lagere CO2-emissies of meer speel- en recreatiemogelijkheden in de wijk.
Of bronmaatregelen zoals snelheidsverlaging of andere infrastructuur in concrete situaties mogelijk zijn, hangt onder meer af van zaken zoals technische inpasbaarheid, het type geluidbron, het bestemmingsplan en de afdwingbaarheid. Zo is een maatregel als stil asfalt technisch niet mogelijk bij wegkruisingen omdat wringing leidt tot snelle slijtage. Verkeerskundige interventies gericht beperking van de verkeerstroom en/of verlaging van de snelheid zijn vaak wel mogelijk, al is in veel gebieden de snelheid al verlaagd tot 30 km/uur. Welke bronmaatregelen op lokaal niveau het beste kunnen worden ingezet qua wegverkeer en haalbaarheid daarvan, moet lokaal worden onderzocht.

Effectief beleid bestaat vaak uit een samenhangend pakket van maatregelen. Zo kan het autovrij/autoluw maken van een wijk niet zonder investeringen in OV, in een fietsinfrastructuur en aantrekkelijke groene wandelpaden. Bij onderzoek naar bronmaatregelen zou ook moeten worden gekeken naar combinaties van maatregelen en naar opties die ervoor zorgen dat mensen zich binnen een wijk of stad (meer) te voet of met de fiets verplaatsen. De uiteindelijke effectiviteit van bronmaatregelen voor de gezondheid van de bewoners in een gebied is afhankelijk van de manier waarop de maatregel(en) worden vormgegeven. Zo kan het verplaatsen van verkeersstromen slechts een andere verdeling van gezondheidseffecten opleveren. Maatregelen waarbij het verkeer wordt verplaatst leveren in sommige gevallen per saldo zelfs meer geluidbelasting op, omdat er meer kilometers moeten worden afgelegd (GO rapport, bijlage 6). Dit speelt ook bij andere beleidsvelden, zoals de verbetering van de luchtkwaliteit.

Bronmaatregelen kunnen in de toekomst ertoe leiden dat normen kunnen worden aangescherpt. Zo is in 2016 onderzocht of het huidige standaard wegdek en standaard spoortype, die al 30 jaar worden gebruikt, kunnen worden vervangen door stillere alternatieven[27] [117]. Alleen voor spoorwegen is er perspectief: de railruwheid kan omlaag door geoptimaliseerd slijpen. Treinen worden dan enkele dB's stiller. Deze ontwikkeling kan de haalbaarheid van een aanscherping van de normstelling verhogen, bijvoorbeeld door het laten vervallen van de 'railbonus' vanwege de herziene BR-relatie.

B. Uitbreiding/versterking van specifieke geluidmaatregelen om de propagatie van geluid (pad interventies) en blootstelling aan geluid (gevelisolatie) te verminderen: overdrachtsmaatregelen en maatregelen bij de ontvanger.

Met overdracht wordt gedoeld op het geluiddempend of -versterkend effect tussen de geluidbron en de ontvanger. Een bekende voorbeeld van een overdrachtsmaatregel is geluidsscherm of -wal. Sinds kort is voor rail- en wegverkeer een diffractor beschikbaar om de overdracht van geluid naar de omgeving te beperken. De diffractor is een lage muurconstructie langs de (spoor)weg, met holten die het geluid omhoog afbuigen [119].

Bij maatregelen bij de ontvanger kan gedacht worden aan gevelisolatie, indeling van de woning of het hebben van een stille of geluidluwe gevel. Gevelisolatie wordt vaak als saneringsmaatregel bij woningen en bij nieuwbouw toegepast. Het effect van deze maatregel is in een beperkt aantal studies onderzocht [109]. Uit de resultaten van een studie, waarin personen werden gevolgd in de tijd, bleek dat het voorkomen van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring gedaald was in een periode van drie jaar na de isolatie. Ook het optreden van verstoring van gesprekken, inspannende bezigheden en rust of slaap nam af. Deze bevindingen worden echter niet ondersteund door de resultaten van dwarsdoorsnedestudies[28] waarin het effect van de huidige isolatiestatus van woningen werd onderzocht. Een dergelijke opzet is echter niet ideaal voor dit type studie. Daarnaast kunnen de resultaten van de studies waarin de effectiviteit van isolatie is onderzocht, mogelijk mede verklaard worden door de invloed van niet-akoestische factoren. Daarom is een interventiestudie met voor- en nameting nodig, waarbij omwonenden worden gevolgd in de tijd, voor meer duidelijkheid over de aard en omvang van veranderingen in hinderbeleving na gevelisolatie. De mogelijke effecten van een stille of geluidluwe gevel worden nader toegelicht bij onderdeel D (Andere fysieke interventies). Het idee achter het creëren van een stille of geluidluwe gevel dat negatieve effecten van omgevingsgeluid kunnen worden gereduceerd doordat een bewoner een mogelijkheid krijgt te "ontsnappen" aan deze geluiden: Als bewoners aan de "geluidluwe zijde" van een gebouw kunnen slapen en/of verblijven, worden ze mogelijk minder in hun slaap gestoord en ondervinden ze minder hinder. In het verleden zijn er verschillende studies geweest die hebben onderzocht wat het effect van de ligging van

[27] Evaluatie akoestische kwaliteit (spoor)wegen, M+P.MINIENM.16.02.3, Doorschot en van Blokland, 7 december 2016

[28] Bij een dergelijke onderzoeksopzet worden deelnemers niet gevolgd voor, tijdens en na de isolatie van hun woning.

de slaapkamer is op de relatie tussen geluid en gezondheid. Deze studies zijn bekeken in een overzicht van Van Kempen en Van Beek [120]. Uit dit overzicht bleek dat er aanwijzingen zijn dat personen, wier slaapkamer aan de rustige zijde van de woning is gelegen, minder hinder en slaapverstoring rapporteren en een lager risico zouden hebben op hoge bloeddruk. Ook vonden Van Kempen & Van Beek [120] in enkele studies aanwijzingen dat de relatie tussen geluid en hoge bloeddruk minder sterk is voor personen wier slaapkamer aan de rustige zijde van de woning is gelegen.

C. Aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur

In lijn met de WHO-richtlijnen is het advies om bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur explicieter de vermindering van mogelijke gezondheidseffecten door geluidreductie als doel op te nemen. De aanleg, uitbreiding of verbetering van infrastructuur heeft veelal primair als doel het verbeteren van de doorstroming of vergroten van de bereikbaarheid, en niet zozeer het verminderen van het omgevingsgeluid. Bij infrastructurele projecten zijn vaak verschillende stakeholders betrokken en moeten veel aspecten tegen elkaar worden afgewogen, waaronder gezondheid. Voor geluid wordt bekeken of voldaan wordt aan de verschillende geluidnormen. Veelal wordt daarbij getoetst aan de maximale waarden (of grenswaarden in het geval van luchthavens). De bedoeling bij de invoering van de Omgevingswet is dat bescherming van de gezondheid beter wordt geborgd. Een aantal gemeenten is daar al mee begonnen. Het verdient aanbeveling dit verder te stimuleren, zodat niet alleen getoetst wordt op grenswaarden. Een gemeente als Utrecht zorgt er sinds 2012 voor dat gezondheid structureel wordt meegenomen in ruimtelijke projecten. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat men voor het thema Gezonde Leefomgeving een gebiedsadviseur heeft aangesteld die de gemeente adviseert bij gebiedsontwikkelingen en projecten en daarbij niet alleen let op geluid of lucht, maar ook op groen, bewegen en spelen en het aantrekkelijk maken van de gezonde keus. Bij (infrastructurele) projecten zit er standaard een gezondheidsadviseur aan tafel, en die is gelijkwaardig aan de andere disciplines die op zo'n moment aan tafel zitten (bijvoorbeeld stedenbouw, economische zaken, verkeer, erfgoed, cultuur, milieu (incl. geluid), en maatschappelijke ontwikkeling). Daarnaast is gezondheid (ook ten gevolge van geluidkwaliteit) een vast onderdeel in startnotities, stedenbouwkundige programma eisen, bestemmingsplannen en/of tenders. De adviseurs voor geluid/milieu en gezondheid geven input op elkaars beleid en kunnen elkaars advies versterken, zodat milieu- en gezondheidsbelangen meer gewicht krijgen in het besluitvormingsproces. Meer handvatten voor het meenemen van gezondheid bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur, zijn te vinden op Gids Gezonde Leefomgeving[29].

Naast het opnemen van vermindering gezondheidseffecten door geluid als doelstelling, zou extra gezondheidswinst zou gerealiseerd kunnen worden door een meer integrale afweging te maken. Daarbij worden niet alleen de gezondheidseffecten van geluid meegewogen, maar ook mogelijke gezondheidseffecten die kunnen optreden onder invloed van *andere*

[29] Zie https://www.gezondeleefomgeving

fysieke en sociale omgevingsfactoren. Dit zijn zaken zoals luchtkwaliteit, verkeersveiligheid of sociale cohesie.

D. *Andere fysieke interventies*

Naast de uitbreiding/versterking van de hierboven genoemde meer technische maatregelen (A en B), zou ook meer moeten worden ingezet op maatregelen gericht op de verandering van fysieke kenmerken van de woning en buurt van de ontvanger, die er mogelijk voor kunnen zorgen dat de blootstelling aan omgevingsgeluid verminderd of wordt opgeheven. Voorbeeld van een dergelijke maatregel zijn de aanwezigheid van een stille zijde (geluidluwe gevel) en de beschikbaarheid van groen in de nabijheid van woningen.

Uit een overzicht van de literatuur uit 2014 naar de invloed van een stille zijde bij woningen op gezondheid en welzijn, bleek dat ernstige hinder door geluid afneemt als personen beschikken over een stille zijde, dat wil zeggen een woning met een kant waar geen geluidbronnen zijn. Dit vermindert ook de kans op ernstige slaapverstoring. Het aantal beschikbare studies was destijds echter beperkt. Ook werd het begrip "stille zijde" in de studies op verschillende manieren geoperationaliseerd, zodat de resultaten lastig te vergelijken waren. Wel komt in de verschillende benaderingen eenduidig naar voren dat een stille zijde het optreden van hinder doet afnemen. De effecten op andere gezondheidseindpunten zijn echter nog nauwelijks onderzocht. Ook zijn er aanwijzingen gevonden dat de effectiviteit van een stille zijde verbetert naarmate de kwaliteit van het gebied rondom de woning hoger is. Zo bleek uit een recent overzicht dat de beschikbaarheid van groen of tenminste locaties waar minder geluid is in de nabijheid van woningen een positief effect kan hebben op de gerapporteerde hinder [109].

Het bevorderen van stille zijden past bij een doelstelling om hinder en andere negatieve gezondheidseffecten door geluid te voorkomen. In de review van Van Kempen & Van Beek [120] is ook onderzocht hoe de inzichten over stille gevels het beste ingezet kunnen worden bij beleid. Uiteindelijk werd aanbevolen om niet alleen regelgeving met een verplichtend karakter als beleidsinstrument te overwegen. Het bevorderen van stille zijden kan ook worden bereikt door meer informatie te geven aan gemeenten en projectontwikkelaars over de positieve invloed van stille zijden en de bijbehorende akoestische kwaliteit. Daardoor zullen projecten met hoge ambities voor de kwaliteit van de leefomgeving beter worden ondersteund [120].

Een relatief nieuwe maatregel die in feite een beetje verdergaat op het concept van stille zijde is het inbouwen van rustperiodes (in het Engels: respite). Een deel van de omwonenden die in hoog en langdurig belaste gebieden rondom een luchthaven wonen geeft aan dat de overlast verergerd is ten gevolge van de toename van het vliegverkeer en dat er behoefte is aan rustperiodes. Maar wat bedoelen we met rustperiodes? In onderzoek naar rustperiodes rondom de Engelse luchthaven Heathrow werd duidelijk dat er geen goede, breed geaccepteerde definitie van een rust periode bestaat. Verwacht wordt dat niet-akoestische factoren als publiek bewustzijn, vertrouwen en begrip ten minste even belangrijk zullen zijn als de daadwerkelijke maatregelen om rustperiodes te creëren

[66]. Er is echter meer onderzoek nodig om hier meer duidelijkheid over te krijgen.

E. *Sociale interventies*

Sociale interventies zijn interventies die niet zo zeer zijn gericht op het verminderen van het geluidniveau zelf, maar meer op de personen die de blootstelling aan geluid ondergaan dan wel het geluid produceren. Tegenwoordig worden geavanceerde technieken toegepast om het gedrag van de veroorzaker van lawaai te beïnvloeden. Zo wordt in Parijs gewerkt met een systeem van Meduse-camera's die geluidmetingen verrichten op verschillende plekken in de stad. Elke Meduse bestaat uit een kleine computer, vier microfoons en twee groothoekcamera's. Inwoners kunnen de metingen van de Meduse live volgen via een website. De Meduse produceert ook elk kwartier een 365-graden foto, waarop in kleur wordt aangegeven wie de bron van het geluiden is. In gebieden met veel horeca kan een Meduse aanwijzen welk etablissement op welk tijdstip veel geluid produceert. Het systeem helpt bewoners om in gesprek te komen met de horeca-ondernemers en ze zelf aan te spreken op hun gedrag. Dit heeft een zelfregulerend effect, waardoor het stiller wordt [121].

Naast het feit dat mensen hun gedrag veranderen, kan het ook helpen als mensen goed zijn voorgelicht over de situatie: leg bijvoorbeeld uit waarom er een verandering is in het geluid dat ze waarnemen. Uit onderzoek is immers gebleken dat een duidelijke, simpele en effectieve communicatie het vertrouwen van omwonenden in de autoriteiten kan verhogen. Indien het gaat om woningbouw, waarvoor toekomstige bewoners nog buiten beeld zijn, kan deze actieve rol op alternatieve wijze georganiseerd te worden (bijvoorbeeld via de GGD).
Om te zorgen dat communicatie effectief is, moet men bereid zijn om de omwonenden centraal te stellen en tegemoet te komen aan hun verwachtingen. De traditionele communicatie die als doel heeft burgers te onderwijzen vanuit het perspectief van bijvoorbeeld de luchthaven of een gemeente, wordt tegenwoordig niet meer op prijs gesteld [122, 123]. Het doel van communicatie is namelijk niet alleen gericht op educatie maar ook op samenwerking (co-creatie), een open discussie en partnerschap. Daarnaast is het voor het succes van het beleid van belang de betreffende gemeenschappen in alle fases van het proces zo goed mogelijk te betrekken en te laten participeren: van ontwikkeling tot realisatie van de maatregel tot uitvoering. Medezeggenschap is daarbij van belang.

Een belangrijk project om in de nabije toekomst in de gaten te houden is het Europese project '*Aviation Noise Impact Management through Novel Approaches*' (ANIMA). Binnen dit project zoekt men naar nieuwe benaderingen en tools op het gebied van communicatie en het betrekken van burgers zodat beleid, luchthavenautoriteiten en andere stakeholders samen met burgers op een goede manier kunnen omgaan met de effecten van het geluid van luchthavens. Het ANIMA-project wordt gefinancierd vanuit het Horizon2020-programma van de Europese Unie en is in 2017 van start gegaan. Het project zal eindigen in september 2021. Hoewel het project dus gericht is op geluid veroorzaakt door de luchtvaart kunnen de resultaten mogelijk ook aangrijpingspunten geven voor beleid en maatregelen op het gebied van andere geluidbronnen.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Voor deze rapportage heeft het RIVM onderzocht hoe de WHO-richtlijnen omgevingsgeluid uit 2018 zich verhouden tot de huidige Nederlandse wet- en regelgeving over omgevingsgeluid. Vervolgens is bekeken hoe de WHO-richtlijnen kunnen worden ingezet om het huidige beleid te versterken.

Bij de analyse over de verhouding van de WHO-richtlijnen tot de Nederlandse wet en regelgeving voor omgevingsgeluid kan het volgende worden geconcludeerd:

1. De WHO-richtlijnen hebben, in tegenstelling tot de Nederlandse wet- en regelgeving, geen wettelijke status. Het is een advies aan beleidsmakers en andere professionals en bevat aanbevelingen gericht op de bescherming tegen negatieve gezondheidseffecten. De Nederlandse wet- en regelgeving is gericht op beheersing van geluidbelasting en preventie van negatieve gezondheidseffecten bij hoge geluidbelastingen. De reductie van negatieve gezondheidseffecten door geluid is, naast de saneringsoperaties, geen primair doel in de huidige Nederlandse wet- en regelgeving. De maatschappelijke doelen van de Omgevingswet en bij ontwikkelingen voor het luchtvaartbeleid bieden wel aanknopingspunten voor een verschuiving in de focus.
2. De WHO-richtlijnen zijn vooral gebaseerd op gezondheidskundige overwegingen, terwijl bij het opstellen van het Nederlandse beleid ook afwegingen van economische, planologische en juridische aard een rol spelen. In het Nederlandse beleid wordt voornamelijk met 'hinder' als gezondheidseffect rekening gehouden. Hierdoor zijn de WHO-advieswaarden en de Nederlandse normen niet één-op-één vergelijkbaar.
3. De gezondheidseffecten die in de WHO-richtlijnen worden beschreven zijn grotendeels dezelfde als de gezondheidseffecten die volgens de Gezondheidsraad zijn te relateren aan de blootstelling aan omgevingsgeluid. Dit betreft het optreden van hinder, slaap en coronaire hartziekten. Bij de totstandkoming van de huidige Nederlandse geluidswet- en regelgeving hebben de adviezen van de Gezondheidsraad [25-27] een rol gespeeld. Hoewel de door de Gezondheidsraad gepresenteerde waarnemingsniveaus en maximaal toelaatbare geluidniveaus niet kunnen worden vergeleken met de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO, is te zien dat de waarnemingsniveaus voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring grotendeels overeenkomen met de laagste geluidniveaus van de door de WHO gebruikte Blootstelling Respons (BR)-relaties. De inzichten over waarnemingsniveaus voor effecten op coronaire hartziekten zijn echter wel veranderd: effecten lijken op te treden bij veel lagere niveaus dan ten tijde van het opstellen van de adviezen van de Gezondheidsraad werd gedacht.

4. In de WHO-richtlijnen worden voor de verschillende geluidbronnen telkens een advieswaarde voor het etmaal (L_{den}) en een advieswaarde voor de nacht (L_{night}) gehanteerd. Het Nederlandse normenstelsel hanteert alleen voor geluid van vliegverkeer en windturbines waarden voor het etmaal (L_{den}) en de nacht (L_{night}), terwijl voor geluid van weg- en railverkeer alleen waarden uitgedrukt als etmaalwaarde (L_{den}) worden gehanteerd.
5. In de WHO-richtlijnen is de hoogte van de advieswaarden voor geluid van weg- en railverkeer nagenoeg gelijk, terwijl in het huidige Nederlandse normenstelsel een relatief groot verschil bestaat. In het Nederlandse stelsel worden voor geluid van railverkeer andere normen gehanteerd dan voor geluid van wegverkeer. De meest actuele BR-relaties voor geluid van weg- en railverkeer en ernstige hinder of ernstige slaapverstoring laten zien dat hiervoor geen grondslag meer is.
6. Voor de verlaging van geluidniveaus adviseert de WHO maatregelen die effectief zijn in termen van reductie van de negatieve gezondheidseffecten door geluid ("passende maatregelen"), terwijl in het Nederlandse beleid maatregelen vooral doelmatig moeten zijn. Voor die reductie lijken vooral bronінterventies, pad-interventies en interventies bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur effectief te zijn.
7. In het huidige Nederlandse stelsel bestaan momenten waarop een afweging moet worden gemaakt over de inzet van maatregelen. De huidige en de voorgestelde, toekomstige regelgeving sturen niet expliciet op vermindering van negatieve gezondheidseffecten door geluid, uitgezonderd de (voortzetting van de) preventieve kaders en de sanering van de hoogste blootstellingsniveaus. Ook bieden de huidige en toekomstige wet- en regelgeving de mogelijkheid om na afname van het geluidniveau, de vrijgekomen ruimte te benutten voor andere functies, zoals woningbouw. Hierdoor nemen per saldo de negatieve effecten niet af.

De vergelijking is samengevat in onderstaande tabel 8.1

Tabel 8.1 Overzicht verschillen WHO-richtlijnen en Nederlandse wet- en regelgeving voor omgevingsgeluid

Aspect	**WHO-richtlijnen**	**Nederlands stelsel van wet- en regelgeving**
Beoogd doel	Vermindering omvang negatieve gezondheidseffecten door omgevingsgeluid Handvatten bieden om gezondheid mee te nemen in geluidbeleid	In algemene zin het bereiken en in stand houden van een veilige en gezonde fysieke leefomgeving en een goede omgevingskwaliteit. Omgeving van geluidbronnen beschermen tegen geluidhinder, beheersen van huidige situatie (stand still) Voorkomen en verminderen van excessen door geluidbelasting
Aanleiding	Oproep ministersconferentie, het 7e Milieu Actieplan en het beschikbaar zijn van nieuwe wetenschappelijke kennis	Toename in activiteiten veroorzaakt geluid, tegelijkertijd groeit stedelijk gebied. Om problemen te voorkomen is een goede ruimtelijke ordening noodzakelijk
Wetenschappelijke onderbouwing	Benchmark Dosis Methode toegepast op zes kritische gezondheidseindpunten: Relevante respons en BR-relaties uit evidence reviews. Aanvullende overwegingen Waarnemingsniveaus voor ernstige effecten als coronaire hartziekten door de WHO en op basis van evidence reviews: ~ 53 dB	Normen vastgesteld op een beleidsmatig acceptabel niveau. Afweging tussen hinder en andere (vaak economische) belangen Gebruik BR-relaties voor zover beschikbaar Inbreng uit adviezen van Gezondheidsraad. Waarnemingsniveaus voor ernstige effecten als coronaire hartziekten bij ~ 70 dB. Maximale waarden bieden voldoende bescherming.
Hoe zien de richtlijnen en het NL stelsel er uit?	Bron-specifieke gezondheidskundige advieswaarden voor blootstelling gedurende etmaal (L_{den}) en nacht (L_{night}) Advies is niet wettelijk afdwingbaar Passende maatregelen: effectief voor gezondheid Vergelijkbare gezondheidskundige advieswaarden voor rail- en wegverkeer	Bron-specifieke en situatie-specifieke normen voor blootstelling gedurende etmaal (L_{den}). Voor vliegverkeer en windturbines geldt ook een norm voor nachtelijke blootstelling (L_{night}) Weg- en railverkeer kennen een bandbreedte met voorkeurswaarde en maximale waarde Wettelijk afdwingbaar Doelmatigheid maatregelen (weg en spoor) Andere normen wegverkeer dan railverkeer

Uit berekeningen van het RIVM voor de verdeling van de omvang van de ziektelast door omgevingsgeluid in Nederland kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Bij zowel de WHO-richtlijnen als bij de Nederlandse wet- en regelgeving ondervinden personen ook negatieve gezondheidseffecten van geluid onder respectievelijk de WHO-advieswaarden en de Nederlandse voorkeurs- en maximale waarden en buiten de geluidzones of -aandachtsgebieden.
2. De grootste omvang van de ziektelast komt voor bij personen die worden blootgesteld aan geluidniveaus tussen 45 en 55 dB (L_{den}). Voor coronaire hartziekten treedt een deel van de negatieve gezondheidseffecten ook op bij lagere geluidniveaus dan op basis van het advies van de Gezondheidsraad uit 1994 verwacht werd. Dit inzicht is nieuw.
3. Als men tot een zo groot mogelijke gezondheidswinst wil komen, dan zou het beleid (meer) gericht moeten worden op de reductie van het (gemiddelde) waarde voor de jaargemiddelde geluidbelasting niveau over een etmaal (L_{den}). Bij de relatief lagere jaargemiddelde geluidniveaus is de kans op een bepaald gezondheidseffect lager dan bij de hoogste blootstellingsniveaus, maar in Nederland worden de meeste personen blootgesteld aan de relatief lagere jaargemiddelde geluidniveaus (voor wegverkeer betreft het bijvoorbeeld geluidniveaus van 50 tot 55 dB (L_{den})).
4. Daarnaast blijft aandacht voor de aanpak van de hogere geluidniveaus (vanaf 55 dB L_{den}) van belang. Bij deze hogere niveaus bestaat niet alleen een kans dat personen ernstig worden gehinderd door omgevingsgeluid, maar is er ook een verhoogd risico op de meest ernstige effecten zoals coronaire hartziekten.

8.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf worden eerst een aantal algemene aanbevelingen gedaan en daarna volgen specifiekere aanbevelingen per geluidbron. Voor sommige geluidbronnen zijn gelijkluidende aanbevelingen opgenomen.

8.2.1 Algemene aanbevelingen voor versterking beleid voor omgevingsgeluid

1. Het RIVM beveelt aan het beleid voor omgevingsgeluid te versterken door gezondheidsverbetering als opzichzelfstaand doel te verankeren in de Nederlandse wet- en regelgeving. Deze verankering zorgt voor een concretere invulling van de algemene begrippen in de (huidige en aangekondigde) regelgeving over bescherming of verbetering van de gezondheid en kwaliteit van de leefomgeving. Daardoor kan gezondheidsverbetering mede leidend worden voor aanpassingen in de leefomgeving, in plaats van een mogelijk gevolg van de verplichting om een afweging te maken bij een verwachte toename van het geluidniveau. De WHO-richtlijn adviseert om gezondheid een groter gewicht te geven in de beleidsafwegingen over omgevingsgeluid. In Nederland vereist dit ‘omdenken’ van een ‘stand still’ uitgangspunt naar beleid dat in beginsel gericht is op het verminderen van negatieve gezondheidseffecten door geluid. Deze aanpak staat naast de reeds bestaande beleidsinzet op preventie en sanering.

2. Het RIVM beveelt aan om bij (voorbereiding van) besluiten die gericht zijn op gezondheidsverbetering de relevante groep personen te beschouwen. In de huidige praktijk is slechts een beperkt deel van de personen die gezondheidseffecten van omgevingsgeluid ondervinden, onderdeel van de voorbereiding en de besluitvorming van beleid gericht op gezondheidsverbetering. Dit komt doordat het wettelijk kader en maatregelen vooral gericht zijn op het voorkomen en bestrijden van de effecten van hoge geluidbelastingen, het vastleggen van geluidruimte voor geluidbronnen en het inpassen van ruimtelijke ontwikkelingen. Als men de scope zou verbreden naar de relevante groep personen in relatie met de risico's op effecten op de gezondheid, dan betekent dit veelal dat een grotere groep (en mogelijk ook een groter gebied) moet worden betrokken dan in de huidige praktijk. Aanbevolen wordt bij deze verbreding van de scope zowel de personen of gebieden met hoge blootstellingsniveaus, als de personen of gebieden met lagere jaargemiddelde geluidniveaus te betrekken. Het in beeld brengen van de omvang en de verdeling van de ziektelast door omgevingsgeluid kan helpen om de relevante groep en/of gebieden te bepalen.
3. Het RIVM beveelt aan om bij het beeld brengen van de omvang en de verdeling van de ziektelast door geluid de meest actuele Blootstelling Respons-relaties (BR-relaties) te hanteren. Bij het bepalen van het aantal personen dat (ernstige) hinder of slaapverstoring door omgevingsgeluid ondervindt, wordt geadviseerd zoveel mogelijk de BR-relaties te gebruiken die zijn gebaseerd op nationale en/of regionale data.
4. Het RIVM beveelt aan om in, aanvulling op het beschouwen van de relevante groepen personen, voor beleid en besluiten gericht op gezondheidsverbetering te onderzoeken welke doelen voor gezondheidsverbetering men wil bereiken. Het stelsel van de nieuwe Omgevingswet biedt hiervoor een kader. De doelen kunnen bijvoorbeeld gericht zijn op het verminderen van het aantal personen met ernstige hinder en/of slaapverstoring en/of coronaire hartziekten door omgevingsgeluid. Vervolgens kan bekeken worden welke beleidskaders en -instrumenten het meest geschikt zijn om die doelen te realiseren.

Wanneer de doelen voor gezondheidsverbetering zijn bepaald, komen de mogelijke aanpassingsrichtingen in beeld. Het betreft veelal om aanvullingen op het huidige beleid voor preventie en geluidsanering. De aanpassingsrichtingen die in deze rapportage naar voren kwamen, zijn samengevat in tabel 8.2.

Tabel 8.2 Mogelijke aanpassingsrichtingen

Aanpassingsrichting	**Waarom?**	**Hoe (voorbeelden)?**
Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de beschikbare geluidruimte	Dit zorgt ervoor dat de bronhouders zich moeten (blijven) inspannen om de geluidniveaus binnen een bepaalde periode te verminderen, zodat de kans op het optreden van gezondheidseffecten lager wordt	Reductie van de maximale toegestane geluidemissie per voertuig. Verkleining van de vastgestelde geluidruimte. Intensivering van activiteiten alleen toestaan als aantoonbare gezondheidsverbetering wordt geleverd (i.e. 50/50-regel bij Schiphol)
Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van de geluidnormen	Dit kan eraan bijdragen dat het gemiddelde geluidniveau daalt Het draagt ook bij aan betere bescherming van de hoogst blootgestelde groepen, aangezien de huidige maximale waarden minder bescherming bieden dan bij de afleiding ervan werd gedacht	Sturing op (en eventueel verlaging van) de voorkeurswaarde Verlaging van de maximale toegestane waarden
Het (stapsgewijs of periodiek) aanpassen van overige wettelijke instrumenten	Nieuwe inzichten uit de geactualiseerde BR-relaties geven aanleiding tot het heroverwegen of bijstellen van daarvan afgeleide instrumenten en instructieregels Invoering van een L_{night} maakt het beter mogelijk om naast hinder ook slaapverstoring en de effecten daarvan te beperken	Heroverweging van cumulatieregels voor geluid en doelmatigheidstoets voor het treffen van maatregelen vanwege geluid van weg- en railverkeer en heroverweging van normstelling voor railverkeer. Aanpassing van de voorwaarden voor bouw op locaties met relatief hoge geluidbelasting. Overweging om voor weg- en railverkeer (ook) een L_{night} te hanteren. Dit kan vervolgens leiden tot locatie-specifieke maatregelen
Het toepassen van interventies op (hoog)belaste locaties	Voor de reductie van geluidniveaus tot de WHO-advieswaarden adviseert de WHO passende maatregelen en acties	Bronінterventies, pad-interventies (of overdrachtsmaatregelen) en interventies bij de aanleg, verbetering of sluiting van infrastructuur Stimulering van toepassing geluidluwe gevels of andere vormen van geluid adaptief bouwen in bouwplannen (i.e. via handreikingen of richtlijnen), inclusief een evaluatie over de doelmatigheid Informatieverstrekking voor (toekomstige) bewoners i.s.m. GGD

5. Het RIVM beveelt aan om bij de keuze van aanpassingsrichtingen en de implementatie daarvan rekening te houden met niet-akoestische factoren. Deze factoren zijn niet direct aan geluid gerelateerd en hebben invloed op de hinderbeleving van omwonenden. Voor de versterking van geluidbeleid is het belangrijk te weten hoe groot de invloed van de verschillende niet-akoestische factoren is. Hierbij moeten ook de niet-akoestische factoren worden betrokken die in mindere mate modificeerbaar zijn. Dit is nodig omdat niet-akoestische factoren vaak sterk met elkaar samenhangen.
6. Het RIVM beveelt aan dat de toepassing van concrete maatregelen zoveel mogelijk op lokaal niveau wordt afgewogen en dat daarbij het doel van gezondheidsverbetering in acht wordt genomen. Onderkend wordt dat een maatregel niet in alle situaties tot het gewenste resultaat leidt. Om de vastgestelde doelen te bereiken, kan een mix van (eerder in dit rapport beschreven) maatregelen worden ingezet. De mate waarin extra middelen nodig zijn, is afhankelijk van de doelen en wijze waarop de bijbehorende aanpak wordt uitgewerkt en uitgevoerd.

8.2.2 Specifieke aanbevelingen per geluidbron

De bovenstaande algemene aanbevelingen kunnen deels worden vertaald naar specifieke aanbevelingen per geluidbron. De aanbevelingen over niet-akoestische factoren en voorwaarden voor bouw op locaties met relatief hoge geluidbelasting (zoals planologische mogelijkheden, eisen aan woningen en informatieverstrekking aan toekomstige omwonenden) gelden voor alle geluidbronnen.

Wegverkeer

1. Het RIVM beveelt aan om voor geluid van wegverkeer eerst de relevante groep te bepalen om te komen tot gezondheidsverbetering, door:
   - de meest actuele BR-relatie voor hinder, slaapverstoring en coronaire hartziekten te hanteren;
   - door behalve gebieden met hoge geluidniveaus ook gebieden met geluidsniveaus onder de huidige voorkeurswaarde te betrekken;
2. Vervolgens kan het doel voor gezondheidsverbetering worden bepaald op basis van inzicht in de relevante groep. Het doel kan betrekking hebben op het verminderen van het aantal personen met ernstige hinder, slaapverstoring of coronaire hartziekten vanwege het geluid van wegverkeer. De relevante groep kan fungeren als basis voor besluiten over ruimtelijke ontwikkelingen of actieplannen in het kader van de END.
3. Gezondheidsverbetering kan bereikt worden door de toegestane geluidruimte te beperken. Daardoor ontstaat de noodzaak om maatregelen te treffen om geluidemissies te verminderen. Mogelijk kunnen voorgeschreven technische bronmaatregelen een deel van de benodigde vermindering invullen. Voor de uitvoering kan worden aangesloten bij de END cyclus. Hierbij moet immers de hinder in kaart worden gebracht en een actieplan opgesteld.

4. Het RIVM beveelt aan een norm te overwegen voor nachtelijke blootstelling (L_{night}) om inzicht te krijgen in negatieve gezondheidseffecten door wegverkeer in de nachtperiode. In de huidige regelgeving is er geen norm voor blootstelling aan geluid van wegverkeer tijdens de nachtperiode.
5. Het RIVM beveelt aan het doelmatigheidscriterium te heroverwegen of bij te stellen naar aanleiding van nieuwe inzichten uit de geactualiseerde BR-relaties.

Railverkeer

1. Het RIVM beveelt aan om bij de beleidsvoorbereiding te kijken naar een meer relevant, veelal groter gebied om meer op gezondheidsverbetering gericht besluiten te kunnen nemen. Geadviseerd wordt om, naast de gebieden met hoge geluidbelastingen, ook de gebieden met geluidniveaus onder de huidige voorkeurswaarde te betrekken bij het bepalen van de relevante groep.
2. Vervolgens kan op basis van inzicht in de relevante groep het doel worden bepaald. De relevante groep kan dienen als basis voor besluiten over ruimtelijke ontwikkelingen of actieplannen in het kader van de END.
3. Gezondheidsverbetering kan bereikt worden door de toegestane geluidruimte te beperken waardoor maatregelen moeten worden getroffen zodat de geluidproductie wordt verminderd. Mogelijk kunnen voorgeschreven technische bronmaatregelen een deel van de benodigde vermindering invullen. Bij het treffen van maatregelen wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde doelmatigheidscriterium. Onderdeel van die systematiek is de toepassing van de meest actuele BR-relatie.
4. Het RIVM beveelt aan het doelmatigheidscriterium te heroverwegen of bij te stellen, omdat de BR-relaties voor geluid vanwege railverkeer en ernstige hinder en slaapverstoring substantieel zijn gewijzigd.
5. Geadviseerd wordt om voor de uitvoering van maatregelen aan te sluiten bij de END cyclus. Hierbij moet immers de hinder in kaart worden gebracht en een actieplan opgesteld.
6. Het RIVM beveelt aan om de norm voor nachtelijke blootstelling (L_{night}) te heroverwegen. Een dergelijke norm voor nachtelijke blootstelling (L_{night}) kan ertoe bijdragen meer inzicht te krijgen in negatieve gezondheidseffecten door railverkeer in de nachtperiode. Momenteel is er geen norm voor blootstelling aan geluid van railverkeer tijdens de nachtperiode.

Vliegverkeer

1. Het RIVM beveelt aan om bij het ontwikkelen en implementeren van het beleid rekening te houden met personen buiten het huidige aandachtsgebied. Dit gebied wordt bepaald door vastgelegde contouren. Uit de verdeling van de huidige ziektelast blijkt dat het grootste deel van de personen die negatieve gezondheidseffecten door geluid van vliegverkeer ondervinden, zich buiten de bepalende contouren bevindt. Tegelijkertijd moeten de gebieden met de hoogste geluidbelastingen niet uit oog worden verloren.

2. Het RIVM beveelt aan om onderzoek te verrichten naar de invloed van de dynamiek van de geluidniveaus op negatieve gezondheidseffecten. Inzicht daarin heeft mogelijk gevolgen voor de omgeving en/of samenstelling van de relevante groep.
3. Bij het bepalen van de relevante groep dient gebruik te worden gemaakt van de meest actuele BR-relatie voor hinder, slaapverstoring en coronaire hartziekten;
4. Vervolgens kan op basis van inzicht in de relevante groep het doel voor gezondheidsverbetering worden bepaald. De relevante groep kan als basis voor besluiten over ruimtelijke ontwikkelingen of actieplannen in het kader van de END dienen.
5. Gezondheidsverbetering kan bereikt worden door de toegestane geluidruimte te beperken waardoor maatregelen moeten worden getroffen zodat de geluidproductie wordt verminderd. Mogelijk kunnen voorgeschreven technische bronmaatregelen een deel van de benodigde vermindering invullen. Voor de uitvoering kan worden aangesloten bij de END cyclus. Hierbij moet immers de hinder in kaart worden gebracht en een actieplan opgesteld.

Windturbines

1. Het RIVM beveelt aan om de relevante groep te betrekken bij het beperken van negatieve gezondheidsschade vanwege geluid van windturbines door ook rekening te houden met de populatie buiten het huidige aandachtsgebied. Bij het bepalen van de relevante groep wordt geadviseerd de meest actuele BR-relatie voor hinder, slaapverstoring en coronaire hartziekten te hanteren.
2. Vervolgens kan op basis van inzicht in de relevante groep het doel voor gezondheidsverbetering worden bepaald. Het doel kan betrekking hebben op het verminderen van ernstige hinder of slaapverstoring.
3. Het RIVM beveelt aan voor de aanpak bij windturbines sterk in te zetten op de niet-akoestische factoren. Objectieve informatievoorziening over de mogelijke effecten van windturbines in het geval van nieuwe ontwikkelingen kan behulpzaam zijn.
4. Voor bestaande situaties kan gezondheidsverbetering worden bereikt door de toegestane geluidruimte te beperken, zodat maatregelen moeten worden genomen voor vermindering van de geluidproductie. Mogelijk kunnen voorgeschreven technische bronmaatregelen een deel van de benodigde vermindering invullen. Onderkend wordt dat de technische levensduur van de windturbines een belangrijke rol spelen bij de termijnen die bij de doelen worden gehanteerd. Voor de uitvoering kan worden aangesloten bij de END cyclus. Hoewel de windturbines als bron niet onder de END vallen, zorgt aansluiting bij deze cyclus er wel voor dat regelmatig gekeken wordt naar gezondheidsverbetering.

9 Gebruikte referenties

1. Kempen E van, Breugelmans O, and Houthuijs D, *Nieuwe gezondheidskundige richtlijnen voor omgevingsgeluid. Nadere gezondheidskundige analyses*. in press, RIVM: Bilthoven.
2. World Health Organization Regional Office for Europe, *Environmental noise guidelines for the European region*. 2018, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
3. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Regelgeving Ruimtelijke Ordening en Milieu, Brief regering, WHO-repport "Environmental Noise Guidelines for the European Region"*. 2019, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag. p. nr 311.
4. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Motie van het lid Schonis over onderzoek hoe het WHO-rapport zich verhoudt tot de huidige wet- en regelgeving*. 2018, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag.
5. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Besluit tot wijziging van het Besluit activiteiten leefomgeving, het Besluit bouwwerken leefomgeving, het Besluit kwaliteit leefomgeving, het Omgevingsbesluit, het Invoeringsbesluit Omgevingswet en enkele andere besluiten met het oog op de beheersing van geluid afkomstig van wegen, spoorwegen en industrieterreinen (Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet)*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2019-2020: Den Haag. p. 1-44.
6. Europese Unie, *Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai*. 2002, Europese Unie.
7. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene, *Wet van 16 februari 1979, houdende regels inzake het voorkomen of beperken van geluidhinder (Wet geluidhinder). Geraadpleegd op 24 oktober 2019 , van https://wetten.overheid.nl/BWBR0003227/2017-05-01*. 1979.
8. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene, *Wet van 13 juni 1979, houdende regelen met betrekking tot een aantal algemene onderwerpen op het gebied van de milieuhygiene (Wet milieubeheer). Geraadpleegd op 15 november 2019 van https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2019-11-14*. 1979.
9. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Wijziging van de Omgevingswet en enkele andere wetten met het oog op de beheersing van geluid afkomstig van wegen, spoorwegen en industrieterreinen (Aanvullingswet geluid Omgevingswet) - Memorie van Toelichting*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2018. p. nr. 3.
10. Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, et al., *Besluit Kwaliteit Leefomgeving: 292 Besluit van 3 juli 2018, houdende regels over de kwaliteit van de fysieke leefomgeving en de uitoefening van taken en bevoegdheden.* Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden,, 2018. **292**: p. 1-927.

11. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Nota naar aanleiding van het verslag, Wijziging van de Omgevingswet en enkele andere wetten met het oog op de beheersing van geluid afkomstig van wegen, spoorwegen en industrieterreinen (Aanvullingswet geluid Omgevingswet)*, in *35054 nr. 6*. 2018-2019, Tweede Kamer der Staten Generaal: Den Haag.
12. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Brief Luchtvaartbeleid; Ontwikkeling Schiphol en hoofdlijnen Luchtvaartnota*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2018-2019, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: Den Haag. p. Nr. 646.
13. Roels JM, et al., *Gezondheid en veiligheid in de Omgevingswet: Doelen, normen en afwegingen bij de kwaliteit van de leefomgeving. Hoofdrapport*. 2014, RIVM: Bilthoven.
14. Gezondheidsraad, *Meewegen van gezondheid in omgevingsbeleid. Evenwichtig en rechtvaardig omgaan met risico's en kansen*. 2016, Gezondheidsraad: Den Haag.
15. Basner M and McGuire S, *WHO Environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018. **15**(3): p. 519.
16. Brown AL and Kamp I van, *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, 2017. **14**(8): p. 873.
17. Clark C and Paunovic K, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and cognition.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018. **15**(2): p. 285.
18. Clark C and Paunovic K, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and quality of life, well-being and mental health.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018. **15**(11): p. 2400.
19. Guski R, Schreckenberg D, and Schuemer R, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017. **14**(12): p. 1539.
20. Kempen E van, et al., *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, 2018. **15**(2): p. 379.
21. Kempen EEMM van, et al., *Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise: systematic evidence review in the framework of the development of the WHO environmental noise guidelines for the European Region*. 2017, RIVM: Bilthoven.
22. Nieuwenhuijsen MJ, Ristovska G, and Dadvand P, *WHO Environmental Noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. .* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017. **14**(10): p. 1252.

23. Sliwinska-Kowalska M and Zaborowski K, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinitus.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017. **14**(10): p. 1139.
24. Universiteit Utrecht, *Notitie: de historische ontwikkeling van de normen voor geluidhinder door weg-, spoor- en vliegverkeer*. 2019, Universiteit van Utrecht: Utrecht.
25. Gezondheidsraad, *Geluidhinder: Rapport Gezondheidsraad Commissie Geluidhinder en Lawaaibestrijding*. 1971, Gezondheidsraad: Den Haag.
26. Gezondheidsraad: Commissie Geluid en Gezondheid, *Geluid en gezondheid*. 1994, Gezondheidsraad: Den Haag.
27. Gezondheidsraad, *Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid*. 2004, Gezondheidsraad: Den Haag.
28. Peeters B and Nusselder R, *Overview of critical noise values in the European Union*. 2019, M+P report prepared for the EPA Network Interest Group on Noise Abatement (IGNA): Vught, Aalsmeer.
29. Umwelt Bundesamt, *WHO-Leitlinien fur Umgebungslarm fur die Europaische Region. Larmfachliche Bewertung der neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation fur Umgebungslarm fur die Europaische Region*, U. Bundesambt, Editor. 2019: Dessau-RoBlau.
30. WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Noise and World Health Organization, *Noise*, in *Environmental Health Criteria 12*. 1980, WHO: Geneva.
31. Berglund B, Lindvall, and Schwela DH, *Guidelines for community noise*. 1999, World Health Organization: Geneva.
32. Jarosinska D, et al., *Development of the WHO Environmental noise guidelines for the European region: an introduction.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018. **15**(4): p. 813.
33. European Commission, *Environment Action Programme to 2020 "Living Well, within the Limits of Our Planet"*. 2013, European Commission: Brussels, Belgium.
34. WHO Regional Office for Europe, *Night noise guidelines for Europe*, Hurtley C, Editor. 2009, World Health Organization: Copenhagen.
35. WHO Regional Office for Europe, *Parma Declaration on Environment and Health*, in *Proceedings of the Fifth Ministerial Conference on Environment and Health*. 2010: Parma, Italy.
36. World Health Organization, *WHO Handbook for guideline development*. 2nd edition ed. 2014, Geneva: World Health Organization.
37. Guyatt GH, et al., *GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strenght of recommendations.* BMJ, 2008. **336**: p. 924.
38. Gezondheidsraad, *Benchmark-dosismethode: afleiding gezondheidskundige advieswaarden in nieuw perspectief*. 2003, Gezondheidsraad: Den Haag.

39. World Health Organization Regional Office for Europe, *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years in Europe*, Theakston F, Editor. 2011, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
40. Hansell AL, et al., *Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study.* British Medical Journal, 2013. **347**: p. f5432.
41. Correia AW, et al., *Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study.* British Medical Journal, 2013. **347**: p. f5561.
42. Pyko A, et al., *Long-term transportation noise exposure and incidence of ischaemic heart disease and stroke: a cohort study.* Occupational and Environmental Medicine, 2019. **76**(4): p. 201-207.
43. Seidler A, et al., *Myocardial infarction due to aircraft, road and rail traffic noise.* Deutsches Ärzteblatt International, 2016. **113**: p. 407-414.
44. Dimakopoulou K, et al., *Is aircraft noise exposure associated with cardiovascular disease and hypertension? Results from a cohort study in Athens, Greece.* Occupational Environmental Medicine, 2017. **74**(11): p. 830-837.
45. Blanes N, et al., *Noise in Europe 2017: Updated assessment*, in *ETC/ACM Technical Paper 2016/3, external reports*. 2017, European Topic Centre on Air pollution and Climate change Mitigation (ETC/ACM): Bilthoven.
46. European Environment Agency, *Transitions towards a more sustainable mobility system*, in *TERM 2016: transport indicators tracking progress towards environmental targes in Europe*. 2016, Publications Office of the European Union: Luxembourg.
47. Eurostat, *Urban Europe. Statistics on cities, towns and suburbs. 2016 edition*, Kotzeva M, Editor. 2016, Publications Office of the European Union: Luxembourg.
48. Gezondheidsraad, *Stille gebieden en gezondheid*. 2006, Gezondheidsraad: Den Haag.
49. Shepherd D, et al., *Do quiet areas afford greater health related quality of life than noisy areas?* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2013. **10**(4): p. 1284-1303.
50. Gidlöf-Gunnarsson A and Őhrström E, *Noise and well-being in urban residential environments: the potential role of perceived availability of nearby green areas.* Landscape and Urban Planning, 2007. **83**: p. 115-126.
51. Ohrstrom E, et al., *Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness.* Journal of Sound and Vibration, 2006. **295**: p. 40-59.
52. European Environment Agency, *Managing exposure to noise in Europe*. 2017, European Environment Agency: Copenhagen.
53. Bristow AL, Wardman M, and Chintakayala VPK, *International meta-analysis of stated preference studies of transportation noise nuisance* Transportation, 2014. **42**(1): p. 71-100.
54. Karpati A, et al., *Variability and vulnerability at the ecological level: implications for understanding the social determinants of health.* American Journal of Public Health, 2002. **92**(11): p. 1768-1772.

55. Centre for Strategy and Evaluation Services (CSES), ACCON, and AECOM, *Evaluation of Directive 2002/149/EC relating to the assessment and management of environmental noise*. 2016, Publications Office of the European Union: Luxembourg.
56. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Regels inzake het voorkomen of beperken van geluidhinder (Wet geluidhinder). Memorie van Toelichting*, in *20985 Nr. 3*. 1975-1976, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag.
57. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Wijziging van de Wet geluidhinder, Memorie van Toelichting*. 1988-1989: Den Haag.
58. Broer C, *Beleid vormt overlast: hoe beleidsdiscoursen de beleving van geluid bepalen*, in *Faculteit der Maatschappij en Gedragswetenschappen*. 2006, Univeristeit van Amsterdam: Amsterdam.
59. Ministerie van VROM, *Nationaal Milieubeleidsplan (NMP)*. 1989, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag. p. Nr. 5.
60. Ministerie van VROM, *Nationaal Milieubeleidsplan 2*. 1993: Den Haag.
61. Ministerie van VROM, *Nationaal Milieubeleidsplan 3*. 1998, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag.
62. Ministerie van VROM, *Het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4). Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid*. 2001, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag. p. nr. 1.
63. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, *Wet van 24 november 2011 tot wijziging van de Wet milieubeheer in verband met de invoering van geluidproductieplafonds en de overheveling van hoofdstuk IX van de Wet geluidhinder naar de Wet milieubeheer (modernisering instrumentarium geluidbeleid, geluidproductieplafonds)*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Editor. 2012, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden: Den Haag.
64. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Planologische Kernbeslissing Schiphol en omgeving deel 4: planologische kernbeslissing*, Ministerie van Economische Zaken (EZ), Ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W), and Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Editors. 1994-1995, SDU: Den Haag.
65. Alderstafel Schiphol, *Eindadvies van de Alderstafel Schiphol over het nieuwe normen- en handhavingstelsel*. 2013: Amsterdam. p. 45.
66. Smetsers RCGM, et al., *Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven. Een verkenning van wensen en ontwikkelopties*. 2019, RIVM, NLR, KNMI: Bilthoven.
67. Pedersen E, *Health aspects associated with wind turbine noise: results from three field studies.* Noise Control Engineering Journal, 2011. **59**(1): p. 47-53.
68. RIVM, *Factsheet laag frequent geluid*. 2013: Bilthoven. p. 4.
69. Oort RBJC van and Oosting WA, *Verkeerslawaai en Wegontwerp*. 1973, RWS, Directie Wegen. p. 64.
70. Kleinhoonte van Os GJ, *Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer*. 1975, TNO. p. 56.
71. AMER, *Aanvullend Milieu-effect rapport Schiphol en omgeving*. 1994, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.

72. Houthuijs D, et al., *Vergelijking schattingen slaapverstoringsonderzoek Schiphol met referentiegetal PKB Schiphol*. 2003, RIVM: Bilthoven.
73. Verheijen E and Jabben J, *Sanering windturbinegeluid. Een indicatieve raming van kosten*. 2011, RIVM: Bilthoven.
74. TNO, *Hinder door geluid van windturbines*. 2008.
75. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Nota van Toelichting Besluit tot wijziging van het Besluit activiteiten leefomgeving, het Besluit bouwwwerken leefomgeving, het Besluit kwaliteit leefomgeving, het Omgevingsbesluit, het Invoeringsbesluit Omgevingswet en enkele andere besluiten met het oog op de beheersing van geluid afkomstig van wegen, spoorwegen en industrieterreinen (Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet)*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2019-2020: Den Haag. p. 1-94.
76. Miedema HM and Oudshoorn CG, *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals.* Environmental Health Perspectives, 2001. **109**(4): p. 409-416.
77. Schwanen W. Doorschot J. Peeters B. Hardeman S., *Opties om de dosis-effectrelaties te verwerken in het doelmatigheidscriterium*. 2019, M+P.MIW.19.01.6: Vught. p. 1-43.
78. Bureau Sanering Verkeerslawaai. *Omvang sanering. Geraadpleegd op 11 november 2019, van https://www.bureausaneringverkeerslawaai.nl/lokale-sanering-3/sanering/omvang-sanering/*. 2019.
79. Doorschot J.; Peeters B.; Olink E.; Schwanen W., *Studie naar mogelijkheden voor implementatie Lnight in wettelijk kader*. 2019, M+P.MIW.18.02.1: Vught. p. 1- 52.
80. Nota R, *Lnight als dosismaat voor verkeerslawaai*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2018, Rijkswaterstaat: Utrecht.
81. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Wet van 18 juni 1992, houdende algemene regeling met betrekking tot luchtverkeer (Wet luchtvaart). Geraadpleegd op (datum), van https://wetten.overheid.nl/BWBR0005555/2020-01-01*. 1992.
82. Advanced Decision Systems Airinfra, DHV, and NLR, *Evaluatie Schipholbeleid Gelijkwaardigheidstoets Schipholbeleid*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat and DG Transport en Luchtvaart, Editors. 2006: Delft. p. 44.
83. Breugelmans ORP, et al., *Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002. Tussenrapportage monitoring gezondheidskundige evaluatie Schiphol*. 2004, RIVM: Bilthoven.
84. Berg R van den and Kemper D, *Impactanalyse nieuwe WHO ' Environmental Noise Guidelines', deel impactanalyse Luchtvaart*. 2019, To70 BV: Den Haag. p. 1-23.
85. Janssen SA, Vos H, and Eisses AR, *Hinder door geluid van windturbines. Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens*. 2008, TNO Bouw en Ondergrond: Delft.
86. Pedersen E, et al., *Response to noise from modern wind farms in The Netherlands.* Journal of the Acoustical Society of America, 2009. **126**: p. 634-643.

87. Pedersen E and Persson Waye K, *Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose-response relationship.* Journal of the Acoustical Society of America, 2004. **116**: p. 3460-3470.
88. Pedersen E and Persson Waye K, *Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments.* Occupational and Environmental Medicine, 2007. **64**: p. 480-486.
89. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Motie van het lid Smeulders over opnemen van volksgezondheid in het Aanvullingsbesluit geluid - Wijziging van de Omgevingswet en enkele andere wetten met het oog op de beheersing van geluid afkomstig van wegen, spoorwegen en industrieterreinen (Aanvullingswet geluid Omgevingswet)*. 2019, Tweede Kamer der Staten-Generaal: Den Haag.
90. Tweede Kamer der Staten-Generaal, *Brief van de Minister van Infrastructuur en Waterstaat: Eindhoven Airport na 2019 - reactie op het advies van de heer Van Geel "Opnieuw verbonden", d.d. 6 september 2019*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2019: Den Haag. p. 1-6.
91. Slob MJA, et al., *GGD-richtlijn medische milieukunde: omgevingsgeluid en gezondheid*. 2019, RIVM: Bilthoven.
92. World Health Organization and International Agency for Research on Cancer, *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 1987, IARC: Lyon.
93. Passchier-Vermeer W, *Ontwikkelingen in effecten van geluid en preventie door wet- en regelgeving. Achtergrondrapport bij een publicatie in Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997*. 1996, TNO Preventie en Gezondheid, Divisie Collectieve Preventie.
94. Miedema HME, *Response functions for environmental noise in residential areas*. 1992, NIPG-TNO: Leiden.
95. Kamp I van, et al., *Study on methodology to perform an environmental noise and health assessment. A guidance document for local authorities in Europe*. 2018, RIVM: Bilthoven.
96. Adviescommissie Geluidhinder door Vliegtuigen, *Geluidhinder door vliegtuigen*. 1967, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.
97. Poll R van, et al., *Beleving woonomgeving in Nederland: Inventarisatie Verstoringen 2016*. 2018, RIVM: Bilthoven.
98. Breugelmans O, Houthuijs D, and Kempen van E, *Geluidhinder rond Nederlandse luchthavens. Monitoring, enquetes en blootstelling-responsrelaties*. 2019, RIVM: Bilthoven.
99. Kempen EEMM van and Houthuijs DJM, *Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer*. 2008, RIVM: Bilthoven.
100. Provincie Utrecht, *Omgevingsvisie Provincie Utrecht, Concept Ontwerp*. 2019, Provincie Utrecht: Utrecht.
101. Kamp I van, Brown AL, and Schreckenberg D, *Soundscape approaches in urban planning: implications for an intervention framework*, in *The 23rd International Congress on Acoustics integrating 4th EAA Euregio 2019*, Ochmann M, Editor. 2019, Deutsche Gesellschaft fur Akustike e.V. (DEGA): Aachen, Germany.
102. Klaeboe R, Engelien E, and Steinnes M, *Context sensitive noise impact mapping.* Applied Acoustics, 2006. **67**: p. 620-642.

103. Klaeboe R, et al., *The impact of an adverse eighbourhood soundscape on road traffic noise annoyance.* Acta Acustica united with Acustica, 2005. **91**(6): p. 1039-1050.
104. Gidlöf-Gunnarsson A and Őhrström E, *Attractive "quiet" courtyards: a potential modifier of urban residents' responses to road traffic noise?* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2010. **7**: p. 3359-3375.
105. Poll R van, et al., *Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (Desk research) I: Hoofdrapportage: samenvatting, conclusies en aanbevelingen Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen*. 2014, RIVM: Bilthoven.
106. Schreckenberg D, et al., *Aircraft noise and quality of life around Frankfurt airport.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2010. **7**(9): p. 3382-3405.
107. Brink M, et al., *A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: differences between continouos and intermittent noise.* Environment International, 2019. **125**: p. 277-290.
108. Miedema HME, Vos H, and Jong RG de, *Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights.* Journal of the Acoustical Society of America, 2000. **107**(6): p. 3245-3253.
109. Kempen EEMM van and Simon SN, *Kennisscan hinder door luchtvaartgeluid: effecten van woningisolatie en niet-akoestische factoren*. 2019, RIVM: Bilthoven.
110. Dusseldorp A, et al., *Handreiking geluidhinder wegverkeer. Berekenen en meten*. 2011, RIVM: Bilthoven.
111. Asensio C, Gasco L, and Arcas G de, *A review of non-acoustic measures to handle community response to noise around airports.* Current Pollution Reports, 2017. **3**(3): p. 230-244.
112. COMOTI, MMU, and Zeus GmbH, *Aviation Noise Impact Management through Novel Approaches. D2.4: Recommendations on annoyance mitigation and implementation for communication and engagement.* 2019, Romanian Research and Development Institute for Gas Turbines, Manchester Metropolitan University, Zeus GmbH.
113. Geel P van, et al., *Opnieuw verbonden. Advies ontwikkeling Eindhoven airport 2020-2030*, in *Proefcasus Eindhoven*, Geel P van, Editor. 2019, Studio Twynstra Gudde.
114. J, D., et al., *Impactanalyse geluid spoor*. 2018, M+P.MIW.18.01.1: Vught.
115. Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI), *Luchtvaartbeleid. Een nieuwe aanvliegroute*. 2019, Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur: Den Haag.
116. Lammerts van Bueren K and Elbers F, *Impactstudie nieuwe WHO-richtlijn geluid*. 2018, dBVision I&W002-04-02fe.
117. Doorschot J and Blokland G van, *Evaluatie akoestische kwaliteit (spoor)wegen*. 2016, M+P raadgevende ingenieurs BV: Vught.
118. Kenniscentrum InfoMil. *Maatregelen*. 2020 [cited 2020 4 Februari]; Available from: https://www.infomil.nl/vaste-onderdelen/onderwerpen/geluid/thema/geluid/maatregelen/.
119. Hooghwerff J, et al., *Diffractor, geluidafbuiger, geluidgoot: wat is het en... is het wat?*, in *CROW Infradagen 2014*. 2014, Kennisplatform CROW: Ermelo.

120. Kempen EEMM van and Beek AJ van, *De invloed van een stille zijde bij woningen op gezondheid en welbevinden. Literatuur en aanbevelingen voor beleid*. 2014, RIVM: Bilthoven.
121. Mietlicki C and Mietlicki F, *Medusa: a new approach for noise management and control in urban environment*, in *The 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering (EURONOISE)*, Taroudakis MI, Editor. 2018, CCBS: Crete, Greece.
122. Burn MM, *An assessment of airport community involvement efforts*. 2005.
123. Woodward JM, Briscoe LL, and Dunholter P, *Aircraft noise: a toolkit for managing community expectations*. 2009, Transportation Research Board ACRP.
124. Gezondheidsraad, *Grote luchthavens en gezondheid*. 1999, Gezondheidsraad: Den Haag.
125. Eriksson C, Pershagen G, and Nilsson M, *Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise*. 2018, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
126. Moller AR, *Environmental Health Criteria 12: Noise. Book review.* American Journal of Industrial Medicine, 1980. **1**: p. 229-232.
127. Miedema HME and Vos H, *Exposure response functions for transportation noise.* Journal of the Acoustical Society of America, 1998. **104**: p. 3432-3445.
128. Schulz TJ, *Synthesis of social surveys on noise annoyance.* Journal of the Acoustical Society of America, 1978. **64**: p. 377-405.
129. Fields JM, *A review of an updated synthesis of noise/annoyance relationships*. 1998, National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center: Hampton, VA, USA.
130. Fidell S, Barber DS, and Schultz TJ, *Updating a doseage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise.* Journal of the Acoustical Society of America, 1991. **89**: p. 221-233.
131. Ollerhead JB, et al., *Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance*. 1992, Department of Transport: London, UK.
132. Passchier-Vermeer W, *Noise and Health*. 1993, Health Council of the Netherlands: The Hague.
133. Finegold LS, Harris CS, and Gierke HE von, *Community annoyance and sleep disturbance: updated criteria for assessing the impacts of general transportation noise on people.* Noise Control Engineering, 1994. **42**: p. 25-30.
134. Pearsons KS, et al., *Predicting noise-induced sleep disturbance.* Journal of the Acoustical Society of America, 1995. **97**: p. 331-338.
135. Kim R and Berg M van den, *Summary of noise night guidelines in Europe.* Noise and Health, 2010. **12**(47): p. 61-63.
136. Briggs D, *Environmental pollution and the global burden of disease.* Britisch Medical Journal, 2003. **68**: p. 1-24.
137. International Organization for Standardization (ISO), *Acoustics: Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. 2003.
138. Berg F van den, et al., *Windfarm perception: Visual and acoustic impact of wind turbine of wind turbine farms on residents*. 2008,

University of Groningen, The Netherlands and University of Gothenburg, Sweden.: Groningen, The Netherlands.
139. Kuwano S, et al., *Social survey on wind turbine noise in Japan.* Noise Control Engineering Journal, 2014. **62**(6): p. 503-520.
140. Fast T, *Beoordelingskader Gezondheid en Milieu: nachtelijk geluid van vliegverkeer rond Schiphol en slaapverstoring*. 2004, RIVM: Bilthoven.
141. Babisch W, *Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: a meta-analysis.* Noise and Health, 2014. **16**(68): p. 1-9.
142. Vienneau D, et al., *The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis.* Environmental Research, 2015. **138**: p. 372-380.
143. Babisch W, *Road traffic noise and cardiovascular risk.* Noise and Health, 2008. **10**(38): p. 27-33.
144. Babisch W, *Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation*. 2006, Umweltbundesambt.
145. Berg R van den and Kemper D, *Geschiedenis omtrent gezondheidsafweging en uitgangspunten bij normstelling voor de geluidbelasting rondom luchthavens in Nederland. Addendum inzake motie Schonis*. 2019, To70, 19.171.18: Den Haag.

10 Begrippen en afkortingen

BMD	Benchmark Dosis Methode. Met deze methode heeft de WHO uit de gegevens over effecten van de blootstelling aan geluid op de gezondheid van mensen zo goed mogelijk het verband tussen blootstelling en de kansen op het optreden verschillende effecten (de zogeheten respons) te bepalen. Vervolgens heeft de WHO benchmark dosissen (BMD) afgeleid die overeenkomen met een bepaalde gekozen waarde van die kansen— bijvoorbeeld 1 procent of 10 procent. Uit de verschillende BMDs heeft de WHO vervolgens de gezondheidskundige advieswaarde afgeleid.
BMR	Benchmark Respons. Dit is de door de WHO relevant geachte kans dat een van te voren vastgestelde respons op zal treden na blootstelling aan geluid
BR-relatie	Blootstellings-respons-relatie. Deze geeft de relatie weer tussen de blootstelling aan bijvoorbeeld geluid en de kans of waarschijnlijkheid dat een bepaald effect optreedt.
Coronaire hartziekten	Coronaire hartziekten, ofwel ischemische hartziekten, zijn ziekte van het hart die het gevolg zijn van slagaderverkalking of afwijkingen in de kransslagaders. Door de vernauwing of blokkade van het bloedvat die daar het gevolg kan zijn, ontstaat zuurstoftekort (ischemie) in de hartspier. Coronaire hartziekten worden onderverdeeld in acute (hartinfarct of myocardinfarct) en chronische (angina pectoris) hartziekten.
Diabetes	Dit is een chronische stofwisselingsziekte die gepaard gaat met een te hoog glucosegehalte in het bloed. Het lichaam is niet meer in staat om de glucose goed te verwerken. Diabetes staat ook wel bekend als suikerziekte
EEA	Europees Milieuagentschap
END	European Noise Directive. Dit is de Europese richtlijn Omgevingslawaai. Met deze richtlijn wil Europese Unie bereiken dat omgevingslawaai in alle Europese lidstaten op een uniforme wijze wordt behandeld.
Evidence Review	Dit is een literatuuroverzicht dat op een gestructureerde wijze wordt uitgevoerd. Op basis van een vraagstelling wordt gezocht in meerdere elektronische databases. In- en exclusiecriteria worden gehanteerd om de in aanmerking komende artikelen te selecteren. De artikelen worden beoordeeld op methodologische kwaliteit en de benodigde gegevens uit de artikelen geëxtraheerd. Indien mogelijk worden de resultaten van de afzonderlijke onderzoeken samengevat tot één overall schatting van het bestudeerde effect (meta-analyse). Het resultaat wordt op transparante en reproduceerbare wijze gerapporteerd. Omdat de WHO zich voor de richtlijnen wil baseren op het best beschikbare bewijsmateriaal, moesten de auteurs van de reviews ook

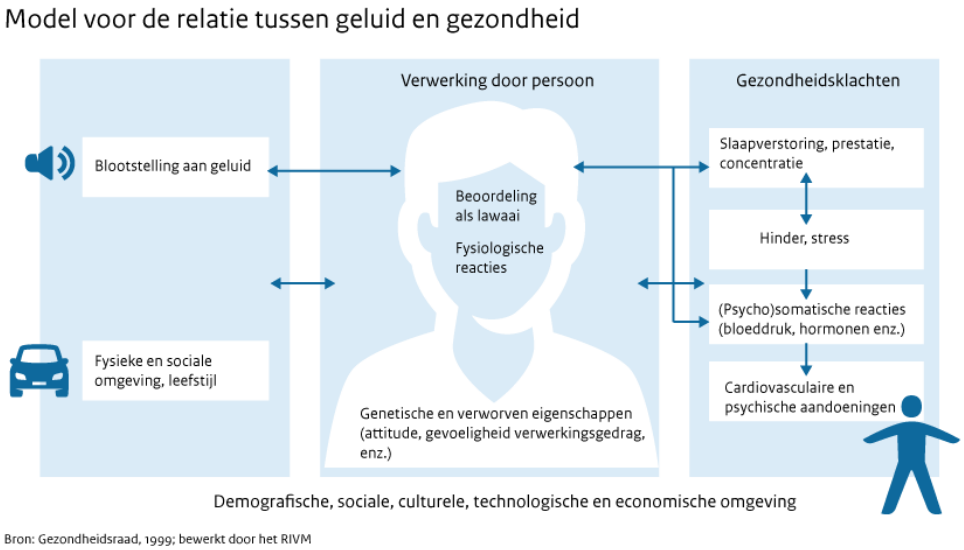
	een oordeel geven over de kwaliteit van de gevonden bewijslast.
Geluidbelasting op de gevel	In art. 1 Wgh wordt een gevel gedefinieerd als een bouwkundige constructie die een ruimte in een woning of gebouw scheidt van de buitenlucht, daaronder begrepen het dak. In afwijking hiervan wordt onder een gevel niet verstaan: een bouwkundige constructie waarin geen te openen delen aanwezig zijn en met een in NEN 5077 bedoelde karakteristieke geluidwering die ten minste gelijk is aan het verschil tussen de geluidsbelasting van die constructie en 33 dB onderscheidenlijk 35 dB(A), alsmede een bouwkundige constructie waarin alleen bij uitzondering te openen delen aanwezig zijn, mits de delen niet direct grenzen aan een geluidsgevoelige ruimte.
Gezondheidskundige advieswaarde	Bij een blootstelling gelijk aan of kleiner aan deze waarde is de kans op het optreden van een voor de gezondheid schadelijk effect naar redelijke verwachting nul of zeer klein
GDG	Bij de ontwikkeling van de richtlijnen zijn verschillende groepen betrokken met elk hun eigen rol. De Guideline Development Group (GDG) was verantwoordelijk voor het afleiden van de gezondheidskundige advieswaarden en aanbevelingen die zijn opgenomen in het WHO-richtlijnen document. Deze gezondheidskundige advieswaarden en aanbevelingen moeten evidence-based zijn; ze zijn onder meer gebaseerd op de uitkomsten van de evidence reviews.
GGD	Gemeentelijke Gezondheidsdienst
GPP	Geluid Productie Plafond
GRADE	Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation. Dit is een methode om de kwaliteit van bewijs uit onderzoek en de sterkte van aanbevelingen in richtlijnen op een transparante manier weer te geven.
Grenswaarde	In luchthavenbesluiten zijn voor woningen en andere geluidgevoelige objecten in de omgeving van luchthavens waarden opgenomen voor de maximaal toelaatbare geluidbelasting. Daarnaast worden in de systematiek van de Omgevingswet grenswaarden opgenomen voor geluid van diverse geluidbronsoorten, zoals weg- en railverkeer. Deze waarden worden via het Aanvullingsbesluit geluid Omgevingswet ingevoegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving.
Hinder	Hinder is een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt. Er bestaan verschillende methoden om te bepalen hoeveel mensen er op een bepaalde locatie geluidhinder ervaren. Met vragenlijsten kan het percentage gehinderden worden gemeten. Daarnaast kan het percentage gehinderden worden berekend met de geluidbelasting en een blootstelling-respons relatie.

Hypertensie	Er is sprake van hypertensie of een hoge bloeddruk als die boven de 140/90 mmHg is.
Incidentie	Het aantal nieuwe gevallen van of nieuwe personen met een bepaalde ziekte in een bepaalde periode, absoluut of relatief.
KE	Kosten eenheid
L_{den}	Level-day-evening-night. Jaargemiddelde maat voor geluid in het gehele etmaal, met een weging naar dag, avond en nacht
L_{night}	Jaargemiddelde maat voor geluid in de nacht
Maximale waarde	Dit is de hoogst toelaatbare geluidbelasting op de gevel van geluidgevoelige objecten. In de Wet milieubeheer is de maximale waarde gedefinieerd als de ten hoogste toelaatbare waarden voor wegen en spoorwegen als bedoeld in artikel 11.2.
Obesitas	Ernstig overgewicht
RR	Relatief Risico. Het RR is de verhouding van het absolute risico op een ziektegeval in een populatie met een zekere geluidsblootstelling (bijvoorbeeld het aantal gevallen van coronaire hartziekten per 1.000 mensen per jaar bij x dB) ten op zichte van het absolute risico in een populatie met een andere geluidsblootstelling. De grootte van het RR is mede afhankelijk van het verschil in geluidsblootstelling tussen beide populaties.
SES	Sociaal-economische status
SRT	Systematic Review Team. Bij de ontwikkeling van de WHO-richtlijnen waren verschillende groepen betrokken. Het SRT is een groep van experts op het gebied van geluid en gezondheid. Hun rol was om alle relevante literatuur te reviewen in het licht van de richtlijnen.
Swung	Samen werken aan de uitvoering van nieuw geluidbeleid
Voorkeurswaarde	De voorkeurswaarde heeft betrekking op de geluidbelasting van geluidgevoelige objecten. In de Wet milieubeheer zijn voorkeurswaarden voor wegen en spoorwegen opgenomen in artikel 11.2
Wgh	Wet Geluidhinder
WHO	Wereld Gezondheids Organisatie
Wm	Wet milieubeheer
ZOAB	Zeer open asfaltbeton is een type asfalt.

Bijlage 1 De invloed van geluid op gezondheid

De negatieve invloed van omgevingsgeluid op onze gezondheid kan grotendeels worden verklaard door stress [2, 26, 31, 124, 125]. Omgevingsgeluid wordt namelijk beschouwd als een stressor. Wanneer je wordt blootgesteld aan stressoren, veroorzaakt dat in eerste instantie allerlei lichamelijke reacties. Zo wordt het lichaam in staat van paraatheid gebracht door het autonome zenuwstelsel ((nor-)adrenaline komt vrij). Daardoor neemt de hartslag toe en stijgt de bloeddruk, worden spieren aangespannen, en wordt de ademhaling versneld. Ook zal de productie van cortisol stijgen, waardoor de bloeddrukspiegel stijgt en de stofwisseling versneld wordt. Normaal gesproken is dit een heel normale en gezonde lichamelijke reactie. Immers, het helpt om beter te presteren. Echter, als deze situatie te lang duurt of heel vaak voorkomt, dan heeft het lichaam geen tijd om te herstellen. Dan kunnen er klachten en aandoeningen ontstaan zoals coronaire hartziekten. Ook ontstaat bij ongezonde stress vaak ook een ander gedrag. Dit kan op termijn ook weer van invloed zijn op de gezondheid.

De blootstelling aan omgevingsgeluid kan daarnaast ook psychische stress veroorzaken: als iemand zich maar vaak en lang genoeg ergert/stoort aan het omgevingsgeluid, kan dat ook schadelijk zijn voor de gezondheid. Met andere woorden: effecten kunnen ook het gevolg zijn van de beoordeling (‘appraisal’) van het geluid. In onderstaand model wordt verondersteld dat een deel van de gezondheidseffecten van geluid ontstaan doordat een individu het geluid (soms onbewust) als ongewenst beoordeelt. Deze negatieve beoordeling van geluid kan niet alleen tot acute fysiologische effecten leiden, maar ook tot psychologische effecten (zoals hinder) leiden.



Figuur 1. Conceptueel model geluid en gezondheid (afgeleid van: Gezondheidsraad [124])

Bijlage 2 Achtergronden bij de WHO-richtlijnen

Gezondheidskundige richtlijnen voor omgevingsgeluid door de tijd

Al sinds 1980 stelt de WHO het probleem van omgevingslawaai aan de orde: als onderdeel van de Environmental Health Criteria werden destijds de eerste community guidelines voor omgevingslawaai gepubliceerd [30]. Deze eerste richtlijnen zijn het resultaat van het werk van een internationale Task Group van de WHO die zich bezig hield met milieugezondheidscriteria voor geluid. De eerste versie van dit document werd in november 1973 tijdens een vergadering in Geneve geschreven door een studiegroep. In de tweede versie zijn de opmerkingen op deze eerste versie meegenomen van onder meer de verschillende nationale organisaties die lid waren van het Environmental Health Criteria Programme van de WHO. In februari 1977 werd de tweede versie gereviseerd. Het uiteindelijke document is in 1980 verschenen [30, 126]. Als onderdeel van deze eerste 'guidelines' zijn ook gezondheidskundige advieswaarden opgenomen. Bij de afleiding daarvan liep men echter tegen een aantal zaken aan: in die tijd waren nog geen geluidmaten beschikbaar waarmee de totale blootstelling van mensen aan geluid goed kon worden uitgedrukt en die ook nog eens correleerden met gezondheidseffecten die kunnen optreden door de blootstelling aan geluid. Dat maakte het afleiden van dosis-respons relaties in die tijd erg lastig en deze waren juist nodig voor de afleiding van geluidnormen en advieswaarden. Ondanks deze belemmeringen is het de WHO wel gelukt om tot een aantal advieswaarden te komen:

- Voor blootstelling aan geluid tijdens de nacht, adviseerde de WHO een geluidslimiet van 35 dB(A) L_{eq} voor in de slaapkamer.
- Voor de blootstelling aan geluid overdag en buitenshuis, adviseerde de WHO om de geluidniveaus niet hoger dan 55 dB(A) L_{eq} te laten worden om zo te voorkomen dat er significante hinder op zou treden.

In 1992 werd door het WHO Regional Office for Europe een taskforce meeting georganiseerd met als doel om nieuwe richtlijnen voor omgevingslawaai te ontwikkelen. Het doel van deze richtlijnen was het verstevigen van de actuele wetenschappelijke kennis op het gebied van de gezondheidseffecten van omgevingslawaai, en om richtlijnen te bieden aan instellingen en professionals op het gebied van milieu- en gezondheid die zich bezighielden met het beschermen van mensen tegen de negatieve effecten van lawaai. Op gezondheid gebaseerde richtlijnen konden als basis dienen voor het afleiden/vaststellen van geluidsnormen binnen het kader van geluidsmanagement. In 1995 publiceerde het Karolinska Instituut uit Stockholm namens de WHO een overzicht met daarin de essentiële beraadslagingen voor het afleiden van de nieuwe richtlijnen. Tijdens een expert taskforce meeting in 1999 werden de richtlijnen definitief vastgesteld en werd bepaald dat deze wereldwijd geldig waren. Tevens werden zaken als het inschatten van het lawaai en lawaaibeheersing in meer detail geadresseerd [31].
Net als in het eerste richtlijndocument zijn ook in de richtlijnen uit 1999 advieswaarden afgeleid. Daarbij is, nog meer dan in 1980, uitgegaan van specifieke gezondheidseffecten en specifieke omgevingen. Het ging

om de volgende gezondheidseffecten: (i) interferentie van spraak en communicatie, (ii) gehoorverlies, (iii) slaapverstoring, (iv) hinder, en (v) (a)sociaal gedrag. Deze gezondheidseffecten zijn gekozen omdat destijds voor deze effecten voldoende bewijslast was voor een relatie met geluid. Naast onderscheid in gezondheidseffecten, werd onderscheid gemaakt tussen de volgende soorten omgevingen en situaties: (a) woningen (incl. slaapkamer en woonomgeving buitenshuis), (b) scholen, (c) ziekenhuizen, (d) industriële gebieden, winkel gebieden, verkeersgebieden (binnenshuis en buitenshuis), (e) ceremonies, festivals en evenementen, (f) koptelefoons, (g) impulsgeluiden geproduceerd door speelgoed, vuurwerk en vuurwapens, en (h) parken en natuurgebieden. Voor elk type omgeving en situatie werden de geïdentificeerde gezondheidseffecten in overweging genomen. Bij het vaststellen van de advieswaarde werd vervolgens uitgegaan van de laagste geluidniveaus die van invloed waren op de gezondheid. Daartoe werd per type omgeving en situatie steeds een kritisch gezondheidseffect gekozen. De advieswaarden correspondeerden steeds met het 'lowest effect level' (drempelwaarde) voor de algemene bevolking. De richtlijnwaarden voor hinder weken hier echter van af: dit waren dagwaarden waaronder een meerderheid van de volwassen bevolking zou worden beschermd tegen matige of ernstige hinder.
Net als de schrijvers van het WHO document uit 1980, liep men bij het afleiden van de advieswaarden voor de richtlijnen in 1999 ook aan tegen het feit dat er in die tijd nog nauwelijks blootstelling-responsrelaties beschikbaar waren. Het wetenschappelijke bewijs was destijds relatief beperkt. Blootstelling-responsrelaties tussen de langdurige blootstelling aan geluid en hinder waren destijds het beste en wat beschikbaar was [127-130]. Ook voor effecten van blootstelling aan nachtelijk geluid waren er blootstelling-respons relaties beschikbaar waarbij ondermeer de blootstelling aan nachtelijke geluid events ("single-noise events") werd gerelateerd aan het aantal ontwakingen [131-134].
In 2009, 10 jaar later, werden door de WHO gezondheidskundige richtlijnen gepresenteerd voor de negatieve effecten van nachtelijke geluidblootstelling (de zogenoemde 'night noise guidelines') [34]. Ondertussen is de EU-richtlijn Omgevingslawaai (END) van kracht geworden [6]: internationale regelgeving op het gebied van geluid. Om de ontwikkeling van toekomstige regelgeving op het gebied van nachtelijk lawaai te ondersteunen, heeft het WHO Regional Office for Europe de 'Night Noise Guidelines' ontwikkeld. Daartoe werd door de WHO in 2003 een werkgroep met experts opgezet die de Europese Commissie en haar Lidstaten van wetenschappelijk advies moest voorzien voor de ontwikkeling van toekomstige wetgeving en beleidsacties op het gebied van nachtelijk geluid. De review van het beschikbare wetenschappelijke bewijs over de gezondheidseffecten van nachtelijk geluid was uitgevoerd door een interdisciplinair team. De bijdragen van de experts werden beoordeeld door het team en na een discussie op een technical meeting geïntegreerd in een rapportage. In totaal zijn er vier technical meetings georganiseerd. In 2006 werden alle rapportages samengevoegd tot een richtlijnendocument. Dit document is vervolgens weer gereviewd en becommentarieerd door stakeholders en experts.

Net als bij de richtlijnwaarden uit 1999, is men ook bij de 'Night Noise Guidelines' uitgegaan van de drempelwaarden. Voor verschillende

effecten zijn eerst drempelwaarden vastgesteld. Vaak betrof dit niveaus voor binnenshuis. In de END moeten echter de geluidniveaus buitenshuis worden gerapporteerd. Er werd aangenomen dat het verschil tussen geluidniveaus binnenshuis en buitenshuis 21 decibel was. Op basis van de drempelwaarden voor de verschillende effecten, de sterkte van de bewijslast voor deze effecten, en het verschil in geluidniveau tussen binnen- en buitenshuis, werden een aantal aanbevelingen opgesteld om de gezondheid van de bevolking te beschermen tegen de negatieve effecten van nachtelijke blootstelling. Daaruit is een 'night noise guideline' (NNG) waarde afgeleid van 40 dB ($L_{night, outside}$). Deze waarde moet worden beschouwd als een Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL) en is "health-based". Daarnaast heeft de WHO als onderdeel van de night noise guidelines ook nog een interim target (IT) waarde vastgesteld op 55 dB (L_{night}). Deze IT-waarde is niet "health-based" en werd aanbevolen in situaties waar het om verschillende redenen niet mogelijk was om op korte termijn de night noise guideline waarde van 40 dB ($L_{night, outside}$) te bereiken [135].

De totstandkoming van de WHO-richtlijnen

Welke groepen zijn er betrokken geweest bij de totstandkoming van de WHO-richtlijnen?

Het afleiden en opstellen van de gezondheidskundige advieswaarden en bijbehorende aanbevelingen is verlopen volgens een protocol dat is opgesteld volgens de regels van het "WHO Handbook for Guideline Development" [36]. Het WHO-handboek schrijft voor dat er bij de ontwikkeling van de richtlijnen verschillende groepen zijn betrokken met elk hun eigen rol.

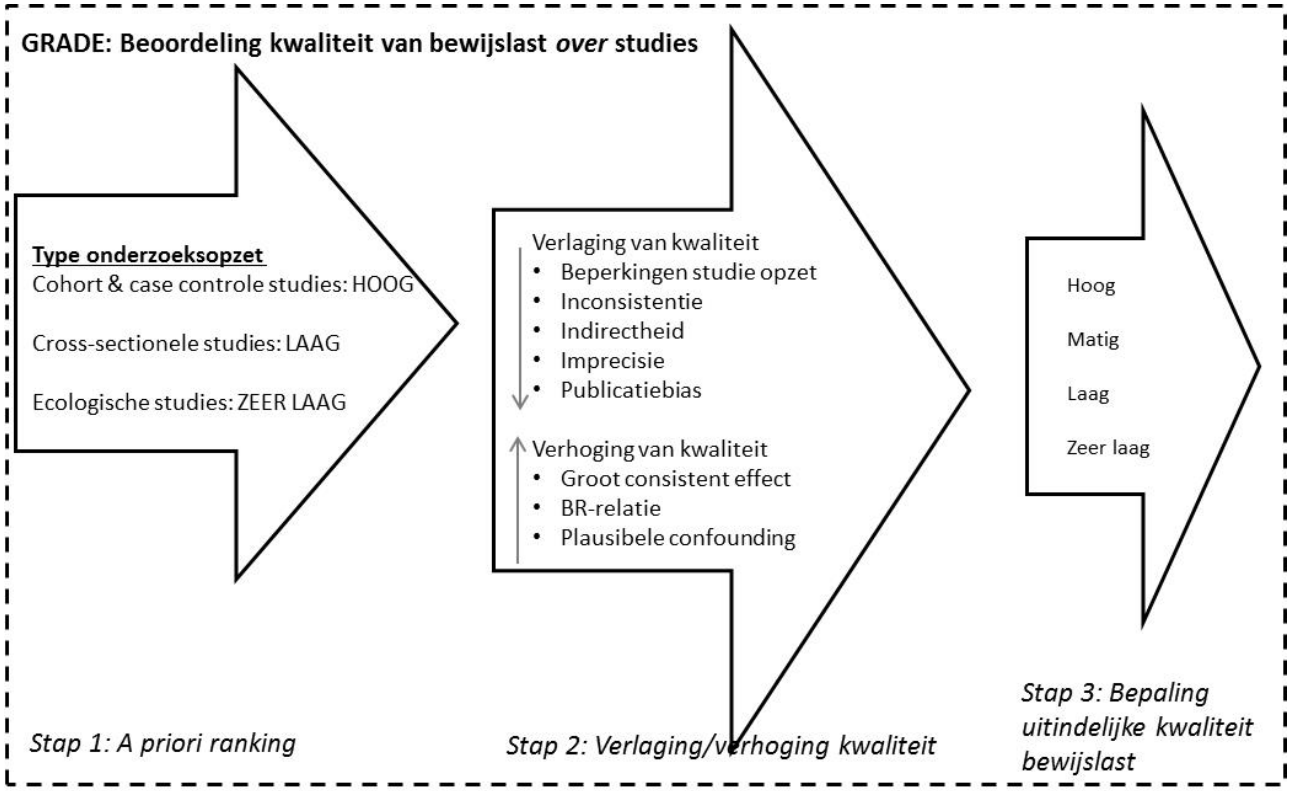
- De WHO steering group: in de stuurgroep zitten leden van verschillende afdelingen van de WHO. De rol van deze groep is om administratieve ondersteuning te bieden bij het ontwikkelen van de richtlijn. Ook draagt deze groep zorg voor het vaststellen van de scope van de WHO-richtlijn en het opstellen van de hoofdvragen in PICO format. Daarnaast moeten ze het Systematic Review team en een methodoloog vaststellen.
- De Guideline Development Group (GDG): Deze groep is volgens het handboek van de WHO verantwoordelijk voor het afleiden van de evidence-based aanbevelingen die onder meer zijn gebaseerd op de uitkomsten van de evidence reviews.
- De External review group (ERG): Deze groep bestaat uit experts op het gebied van geluid en gezondheid, stakeholders die waarschijnlijk te maken krijgen met de resultaten en effecten van de nieuwe richtlijnen, en geïnteresseerde partijen. Deze groep wordt gevraagd om in de verschillende fases van het proces commentaar te leveren over de helderheid en implicaties van de implementatie van de richtlijnen en bijbehorende aanbevelingen.
- Het Systematic Review Team (SRT): het SRT omvat een groep van experts op het gebied van geluid en gezondheid. Hun rol is om alle relevante literatuur te reviewen in het licht van de richtlijnen. Onderzoekers van het RIVM maakten deel uit van het SRT.

Een uitgebreide beschrijving van de rollen en verantwoordelijkheden van de verschillende groepen die bij de ontwikkeling van de richtlijnen en

bijbehorende aanbevelingen betrokken zijn, is terug te vinden in het WHO handboek.

De evidence reviews
Een evidence review is een literatuuroverzicht dat op een gestructureerde wijze wordt uitgevoerd. Op basis van een vraagstelling wordt op basis van een van te voren opgesteld zoekprotocol gezocht in meerdere elektronische databases (bijvoorbeeld Embase, Pubmed of Scopus). In- en exclusiecriteria worden gehanteerd om de in aanmerking komende artikelen te selecteren. Met een van te voren opgestelde checklist worden de benodigde gegevens uit de artikelen geëxtraheerd. Het gaat dan bijvoorbeeld om zaken als: waar en wanneer is de studie uitgevoerd, wat was de onderzoeksopzet, hoe groot was het aantal deelnemers, inschatting van de blootstelling van de deelnemers, welke eindpunten zijn er onderzocht en hoe zijn ze gemeten, wat was het resultaat van de studie, is daarbij rekening gehouden met factoren die resultaten mogelijk kunnen vertekenen. Daarnaast moest elk artikel dat geselecteerd was, door de onderzoekers worden beoordeeld op methodologische kwaliteit. Daarbij werd onder meer gekeken naar mogelijk vertekening door inschatting van de blootstelling, mogelijke vertekening door selectie van deelnemers, en mogelijke vertekening door de meting van het te onderzoeken gezondheidseindpunt. Indien mogelijk worden de resultaten van de afzonderlijke onderzoeken samengevat tot één overall schatting van het bestudeerde effect (meta-analyse).

Omdat de WHO zich voor de richtlijnen moest baseren op het best beschikbare bewijsmateriaal, moesten de auteurs van de reviews ook een oordeel geven over de kwaliteit van de gevonden bewijslast. Op verzoek van de WHO moesten de onderzoekers daarbij gebruik maken van de GRADE (‘Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation’) methode [37]. Dit is een methode om de kwaliteit van het wetenschappelijk bewijs te bepalen.
In GRADE wordt de kwaliteit van de beschikbare bewijslast beoordeeld per gezondheidseindpunt, dus niet per studie maar over de studies heen. Dit gebeurt in drie stappen. Deze worden weergegeven in figuur 1.1



Figuur 1.1 Beoordeling van kwaliteit van het beschikbare bewijs met GRADE.

GRADE heeft vier niveaus waarmee de sterkte van de bewijskracht wordt aangegeven, variërend van zeer laag tot hoog (zie ook tabel 1.1).

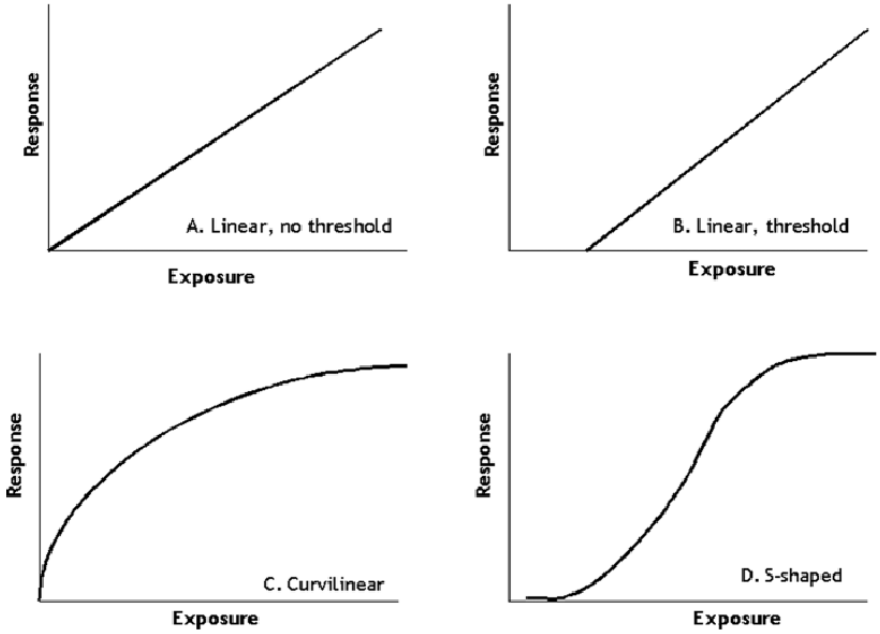
Tabel 1.1 Kwaliteit van de bewijslast volgens GRADE

Kwaliteit van bewijs	**Interpretatie**	**Voorbeelden**
Hoog	Er is **veel vertrouwen** dat het werkelijke effect dicht in de buurt ligt van de schatting van het effect. Het is zeer onwaarschijnlijk dat nieuwe resultaten het vertrouwen in de schatting van het effect veranderen.	Meerdere studies van hoge kwaliteit met een consistent resultaat
Matig	Er is **matig vertrouwen** in de schatting van het effect: het werkelijk effect ligt waarschijnlijk dicht bij de schatting van het effect, maar er is een mogelijkheid dat het hier substantieel van afwijkt.	Eén studie van hoge kwaliteit, of meerdere studies met beperkingen
Laag	Er is **beperkt vertrouwen** in de schatting van het effect: het werkelijke effect kan substantieel verschillend zijn van de schattingen van het effect.	Een of meerdere studies met ernstige beperkingen
Zeer laag	Er is **weinig vertrouwen** in de schatting van het effect: het werkelijke effect wijkt waarschijnlijk substantieel af van de schatting van het effect.	Er is geen direct onderzoeksbewijs aanwezig. Een of meerdere studies met zeer ernstige beperkingen

Blootstelling-respons relaties voor geluid en gezondheid
Het afleiden van gezondheidskundige advieswaarden met de Benchmark Dosis Methode (BDM) is in een aantal stappen verlopen. Een van de belangrijkste benodigdheden om deze methode te kunnen toepassen zijn blootstelling-respons (BR) relaties die de associatie tussen de blootstelling aan geluidniveaus veroorzaakt door een geluidbron en de bijbehorende respons (bijvoorbeeld de kans op ernstige hinder of de kans op het krijgen van een hartinfarct) beschrijft vanaf een startwaarde. Als onderdeel van de evidence reviews is met meta-analyses voor een aantal van de geselecteerde gezondheidseindpunten een BR-relatie afgeleid.

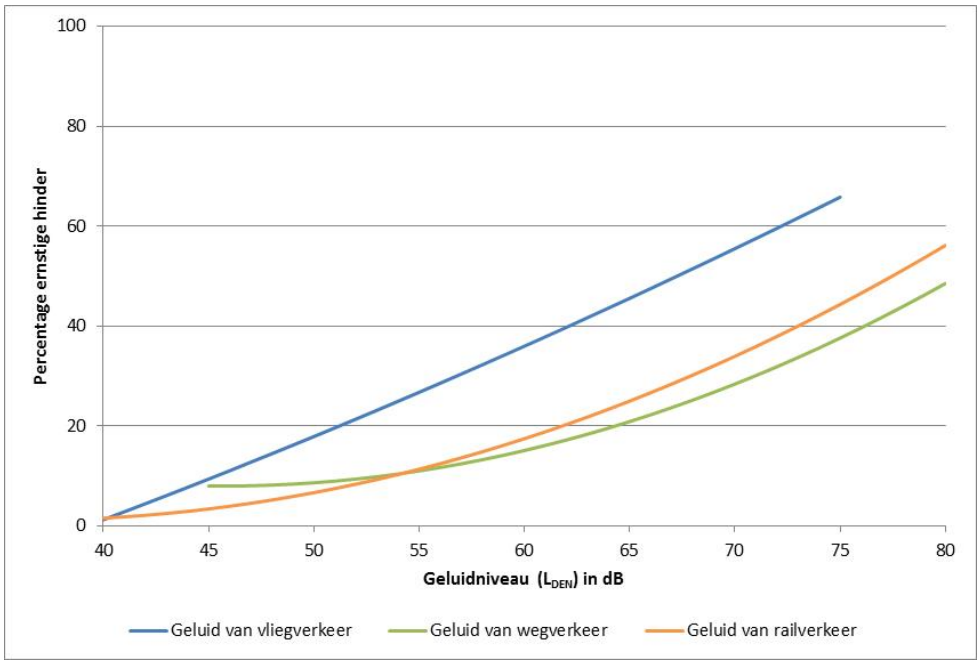
Met een BR-relatie kan worden uitgedrukt hoeveel effect er bij een bepaalde blootstelling is te verwachten. Gecombineerd met gegevens van de verdeling van geluidniveaus over de bevolking kunnen ze worden gebruikt om een schatting te maken van het aantal mensen dat negatieve effecten ondervindt door de blootstelling aan geluid. Daarnaast kunnen ze worden ingezet om de maatschappij te informeren en om de publieke en politieke bewustwording te vergroten. Ten slotte zijn blootstelling-responsrelaties relevant bij het vaststellen (gezondheidskundige) normen en kunnen ze een rol spelen bij monitoring.

Een BR-relatie kan verschillende vormen aannemen (zie ook figuur 1.2). Vaak is de relatie tussen blootstelling en effect of respons lineair: het effect wordt sterker of de kans op een effect neemt toe naarmate de blootstelling toeneemt. Soms verloopt de relatie wat ingewikkelder: zo kan er sprake zijn van een drempelwaarde, waaronder geen detecteerbare effect(en) optreden, of kan de kans op een effect juist afnemen bij hoge blootstellingsniveaus.



Figuur 1.2 Veel voorkomende vormen van blootstelling-respons relaties (bron: [136]).

Ernstige hinder
BR-relaties worden vaak beschreven met een formule. Dit is bijvoorbeeld het geval voor ernstige hinder: De meest recentste BR-relaties die de associatie tussen bronnen van omgevingsgeluid en ernstige hinder beschrijven zijn afgeleid als onderdeel van de evidence review over hinder die is uitgevoerd door [19]. Figuur 1.3 toont hoe deze BR-relaties er uit zien. De formules waarmee deze BR-relaties beschreven kunnen worden en de kenmerken van de onderliggende studies, zijn terug te vinden in tabel 1.2.



Figuur 1.3 De relatie tussen geluid van weg-, vlieg, en –railverkeer (L_{den}) en het percentage ernstige hinder, afgeleid door Guski et al [19].

Tabel 1.2 De relatie tussen geluid van weg-, vlieg, en –railverkeer (L_{den}) en het percentage ernstige hinder, afgeleid door Guski et al [19].

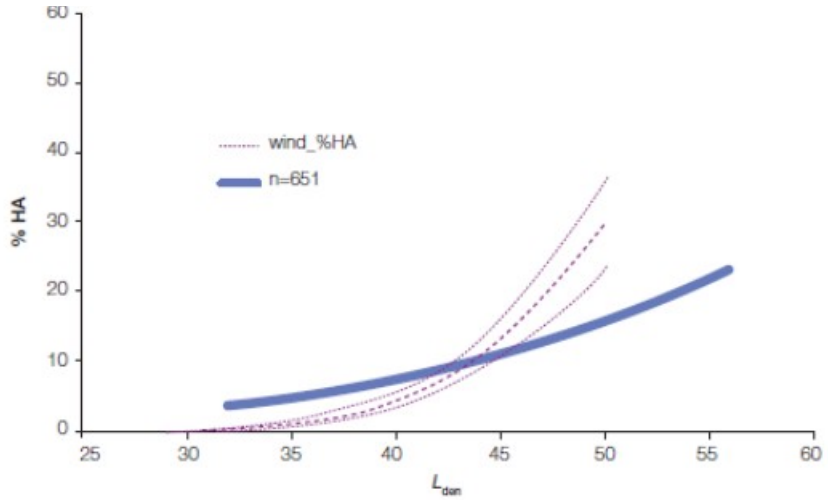
Geluidsbron	**Afgeleide polynoom voor het berekenen van het % ernstige hinder**	**Geluidsrange (L_{den})**	**Aantal studies waarop relatie is gebaseerd**
Vliegverkeer	-50,9693 + 1,0168*L_{den} + 0,0072*L_{den}^2	40 – 75 dB	12
Wegverkeer	78,9270 – 3,1162*L_{den} + 0,0342*L_{den}^2	45 – 80 dB†	25
Railverkeer	38,1596 – 2,05538*L_{den} + 0,0285*L_{den}^2	40 – 80 dB	9

†Origineel is de BR-relatie afgeleid voor de geluidsrange 40 – 80 dB (L_{den}). Echter, omdat er tot ongeveer 45 dB (L_{den}) een afname te zien is van het percentage ernstige hinder bij een toenemend geluidniveau, wordt een toe te passen geluidsrange van 45 – 80 dB (L_{den}) geadviseerd.

De BR-relaties die door Guski et al [19] werden gepresenteerd, zijn afgeleid door de resultaten van verschillende studies met elkaar te combineren. Zo is de BR-relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder gebaseerd op de resultaten van maar liefst 25

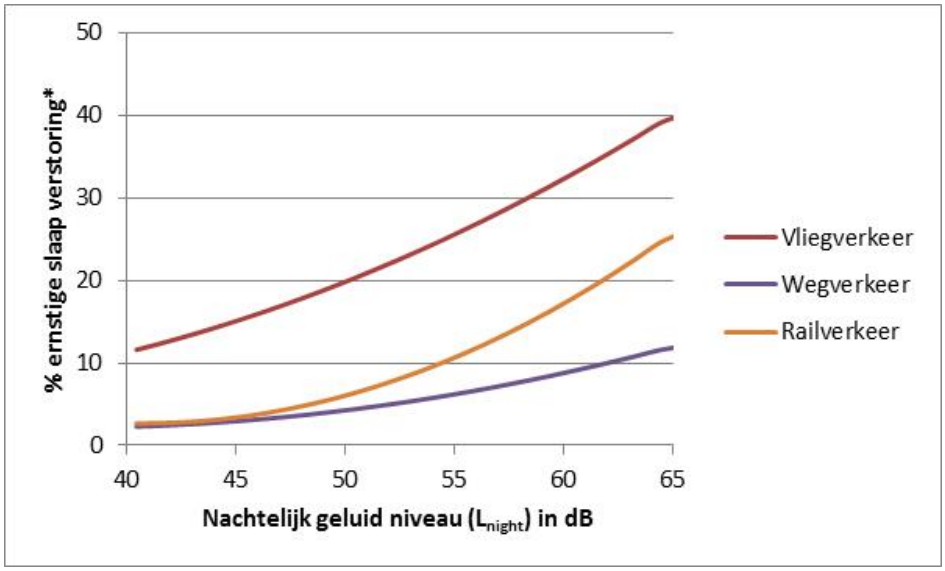
verschillende studies (zie ook tabel 1.2). Binnen een studie proberen onderzoekers de relatie tussen de blootstelling aan geluid (meestal uitgedrukt als de jaargemiddelde geluidbelasting L_{den}) en ernstige hinder meestal te beschrijven op basis van vragenlijstonderzoek. Daarin wordt hinder vaak gemeten door middel van een internationaal gestandaardiseerde vraag [137]. De vraag verwijst per geluidbron naar de ervaren mate van hinder in de thuissituatie gedurende de afgelopen 12 maanden. De hinder wordt bepaald door respondenten op een schaal van 0 tot 10 aan te laten geven in welke mate zij zich gehinderd voelen. Vervolgens wordt de gemeten hinder gerelateerd aan de geluidbelasting op de gevel van een woning.

De BR-relatie tussen geluid van windturbines en ernstige hinder
Helaas is het Guski et al. [19] niet gelukt om in hun evidence review voor de associatie tussen geluid van windturbines en ernstige hinder een nieuwe BR-relatie af te leiden. In plaats daarvan maakte de WHO bij het afleiden van de BMD gebruik van de resultaten van 4 studies waarin de relatie tussen geluid van windturbines en ernstige hinder is onderzocht. Het ging om twee Zweedse studies [87, 88], een Nederlandse studie [86, 138] en een Japanse studie [139]. In 2008 hebben Janssen et al [85] de resultaten van de Zweedse en Nederlandse studies gecombineerd tot een BR-relatie. Omdat de resultaten van de Japanse studie [139] te veel afweken van de resultaten van de andere drie studies, hebben Guski et al [19] er in hun evidence review over hinder voor gekozen om de resultaten van de vier studies niet met elkaar te combineren door middel van een meta-analyse. Daarom is vooralsnog geen algemeen toepasbare BR-relatie beschikbaar. Om toch een BMD, en dus gezondheidskundige advieswaarde af te leiden, heeft de WHO beide relaties over elkaar gelegd en bepaald bij welk geluidniveau 10% van de populatie ernstig was gehinderd. Dit was bij 45 dB (L_{den}) het geval.



*Figuur 1.5 De relatie tussen geluid van windturbines op de gevel en het percentage ernstige hinder afgeleid door Janssen et al [85] (***stippellijn***) en Kuwano et al [139] (blauwe lijn). Afkortingen: % HA = percentage ernstige hinder, L_{den} = geluidniveau veroorzaakt door geluid van windturbines. Let op: In de studie van Kuwano et al [139] is het geluidniveau veroorzaakt door windturbines uitgedrukt als L_{den}.*

Ernstige slaapverstoring
Ook voor de associatie tussen de blootstelling aan nachtelijk omgevingsgeluid en slaapverstoring zijn er BR-relaties beschikbaar. De meest recentste BR-relaties zijn afgeleid door Basner en McGuire [15] als onderdeel van hun evidence review. Het gaat om BR-relaties die de associatie tussen de nachtelijke blootstelling aan geluid van weg, rail- en vliegverkeer en ernstige slaapverstoring beschrijven. Figuur 1.4 toont hoe deze BR-relaties eruit zien. De formules waarmee deze BR-relaties beschreven kunnen worden en de kenmerken van de onderliggende studies, zijn terug te vinden in tabel 1.3.



Figuur 1.4 De relatie tussen nachtelijk geluid (L_{night}) en het percentage ernstige slaapverstoring door nachtelijk geluid, afgeleid door Basner & McGuire [15]. Slaapverstoring is vastgesteld door vragen over moeilijkheden met inslapen of wakker worden of verstoring van de nachtrust.

Tabel 1.3 De relatie tussen geluid van weg-, vlieg, en –railverkeer (L_{night}) en het percentage ernstige slaapverstoring door nachtelijk geluid, afgeleid door Basner en McGuire [15].*

Bron	**Afgeleide polynoom voor het berekenen van het % moeilijkheden met inslapen**	**Geluidsrange (L_{night})**	**Aantal studies waarop relatie is gebaseerd**
Vliegverkeer	$16{,}7885 - 0{,}9293*L_{night} + 0{,}0198*(L_{night})^2$	40 – 65 dB	6
Wegverkeer	$19{,}4312 - 0{,}9336*L_{night} + 0{,}0126*(L_{night})^2$	40 – 65 dB	12
Railverkeer	$67{,}5406 - 3{,}1852*L_{night} + 0{,}0391*(L_{night})^2$	40 – 65 dB	5

* Slaapverstoring is vastgesteld door vragen over moeilijkheden met inslapen of wakker worden of verstoring van de nachtrust.

De BR-relaties die door Basner en McGuire [15] zijn afgeleid door de resultaten van verschillende studies met elkaar te combineren. Zo is de BR-relatie tussen nachtelijk geluid van wegverkeer en ernstige hinder gebaseerd op de resultaten van 12 verschillende studies (zie ook tabel 1.3). Maar hoe wordt slaapverstoring gemeten binnen zo'n studie? Slaapverstoring is een term die vaak wordt gebruikt als het gaat om het aanduiden van het effect van de blootstelling aan nachtelijk geluid.

Volgens de WHO [39] is het bovendien van grote invloed op gezondheid en welzijn. De (ervaren hinderlijkheid van) slaapverstoring wordt vaak gemeten als onderdeel van een vragenlijst. Daarin wordt gevraagd naar de frequentie en/of mate van slaapverstoring van de afgelopen periode [140]. Echter, tijdens de nacht zijn mensen zich vaak niet bewust van zichzelf of hun omgeving. Het proces van inslapen en de periodes dat men wakker is tijdens de nacht dragen daarom disproportioneel bij aan de inschatting van de frequentie en/of mate van slaapverstoring. Daarom worden als onderdeel van een vragenlijst vaak ook verschillende indicatoren van slaapverstoring en/of zelf-gerapporteerde slaapkwaliteit gemeten: bijvoorbeeld ontwaken of 's nachts wakker worden, of moeite met in slaap vallen, verstoring van de nachtrust. Dit was ook het geval bij de BR-relaties die Basner en McGuire [15] hebben afgeleid. Slaapverstoring werd t.b.v. deze BR-relaties vastgesteld door vragen over moeilijkheden met inslapen, of wakker worden, of verstoring van de slaap.

Coronaire hartziekten
De relatie tussen geluid en het risico op coronaire hartziekten wordt vaak beschreven aan de hand van een verandering in het Relatieve Risico (RR). Het RR is de verhouding van het absolute risico op ziektegeval in een populatie met een zekere geluidsblootstelling (bijvoorbeeld het aantal gevallen van coronaire hartziekten per 1.000 mensen per jaar bij x dB) ten opzichte van het absolute risico in een populatie met een andere geluidsblootstelling. De grootte van het RR is mede afhankelijk van het verschil in geluidsblootstelling tussen beide populaties [99].
In hun evidence review, hebben Van Kempen et al [20, 21] de relatie tussen geluid en coronaire hartziekten beschreven aan de hand van het RR per 10 dB (L_{den}) toename in geluidniveau. De onderzoekers vonden aanwijzingen dat omgevingsgeluid is geassocieerd met een verhoogd risico op coronaire hartziekten. Het beste onderbouwd (meest robuust) zijn de effecten van wegverkeer: voor de relatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van coronaire hartziekten werd een RR gevonden van 1,08 (95%Bthi: 1,01-1,15) per 10 dB (L_{den}).
Over de vorm van de blootstelling-respons relatie bestaat nog steeds onzekerheid. Daarom is het onzeker wat de precieze hoogte van het geluidniveau is vanaf waar het geschatte RR per 10 dB voor de incidentie aan coronaire hartziekte kan worden toegepast. Een RR per 10 dB verandering in het geluidniveau geeft aan dat er een constant RR per eenheid geluid zou zijn. Dit veronderstelt een exponentiele relatie tussen geluid blootstelling en de incidentie.
Een belangrijke reden voor het gebruik van een RR per 10 dB is dat de verschillende studies waarin de invloed van geluid op het cardiovasculaire systeem wordt onderzocht, verschillende referentie groepen gebruiken. Bijvoorbeeld in een aantal vooral oudere studies worden personen blootgesteld aan geluidniveaus lager dan 60 dB, aangeduid als de referentie groep; andere studies duiden personen blootgesteld aan geluidniveaus lager dan 55 dB, aan als de referentiegroep. Tegenwoordig zijn er ook studies waarin personen blootgesteld aan geluidniveaus van minder dan 45 dB worden aangeduid als de referentiegroep.
Helaas is er voor het vaststellen van een drempelwaarde geen gouden standaard voorhanden. In sommige meta-analyses [141, 142] wordt

gekeken naar het gewogen gemiddelde referentieniveau. De meta-analyses van Vienneau et al [142] en Babisch [141] kwamen door middel van deze methode uit op respectievelijk 50 en 52 dB (L_{den}). Dit is een stuk lager dan de resultaten van een eerdere meta-analyse van Babisch, waarin hij veronderstelde dat er geen effecten van geluid van wegverkeer te verwachten waren onder geluidniveaus van 60 dB ($L_{Aeq,6-22hr}$) of lager [143, 144]. Ook de WHO heeft geprobeerd een gewogen gemiddelde referentieniveau te schatten vanaf waar het door Van Kempen et al. [20, 21] geschatte RR per 10 dB van 1,08 toegepast zou kunnen worden. Zij komen uit op een waarde van 53 dB (L_{den}). Let op: dit is toevallig gelijk aan de gezondheidskundige advieswaarde die is afgeleid voor geluid van wegverkeer.
Uiteindelijk zijn voor effecten op het cardiovasculaire systeem zoals coronaire hartziekten en hypertensie een aantal BR-relaties afgeleid (alle uitgedrukt als RR per 10 dB). Daarbij gaat het vooral om BR-relaties voor wegverkeer. Omdat de effecten van geluid van vlieg- en railverkeer minder vaak onderzocht zijn, ontbreken daar vaak BR-relaties. Voor de overige kritische gezondheidseindpunten zoals begrijpend lezen of permanent gehoorverlies zijn in de betreffende evidence reviews geen nieuwe BR-relaties afgeleid.

Meer achtergronden over de verschillende BR-relaties (hoe ze eruit zien, hoe ze zich verhouden tot al bestaande internationale BR-relaties en de nieuwste nationale BR-relaties en hoe je ze kan toepassen), zijn terug te vinden in Van Kempen [1].

Bijlage 3 Samenvattingen van rapporten en memo's uit 2018-2019, uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Rijkswegen

Rijkswaterstaat, L_{night} als dosismaat voor verkeerslawaai, Rijkswaterstaat, Memorandum d.d. 19 juni 2018, Utrecht [80]
Dit memorandum gaat in op de gevolgen van de invoering van de L_{night} als aanvullende geluidnorm voor rijkswegen. Een berekening leert dat er geen situaties (kunnen) bestaan waarvoor de WHO-advieswaarde voor de L_{night} voor wegverkeer (45 dB aan de gevel) wordt overschreden zolang de standaardwaarde van 50 dB voor L_{den} (zoals nu al voor geluid van rijkswegen geldt en straks onder de Omgevingswet ook voor provinciale wegen gaat gelden) niet wordt overschreden. Maar indien de WHO-advieswaarde van 53 dB L_{den} tot standaardwaarde zou worden verheven, is er bij Rijks- en provinciale wegen wel een risico op overschrijding van de 45 dB L_{night} (ook als de waarde van 53 dB L_{den} niet wordt overschreden). Vervolgens wordt in het memorandum verkend wat het voor het beheersysteem van de naleving van plafonds zou betekenen als parallel aan de huidige L_{den}-plafonds ook L_{night}-plafonds wordt ingevoerd als aanvullend criterium. In dat geval is het wel mogelijk in een beperkt aantal situaties dat L_{night}-plafonds worden overschreden, terwijl de L_{den}-plafonds (53 dB L_{den}) op die locatie niet worden overschreden, bijvoorbeeld bij een verschuiving van het verkeer naar de nachtperiode.

Spoorwegen

Doorschot, J.; Peeters, B.; Olink, E.; Nieuwenhuizen, E.; (2018) Impactanalyse geluid spoor, M+P, M+P.MIW.18.01.1, Vught [114]
Dit rapport geeft een deels kwantitatieve en deels kwalitatieve analyse van de gevolgen van het overnemen van de WHO-advieswaarden in de Nederlandse geluidnormering voor railverkeer. Er worden ook varianten beschouwd waarbij voor railverkeer dezelfde normen als voor wegverkeer zouden gaan gelden. De analyse schetst de (kwantitatieve) gevolgen aan de hand van een beoordeling van de uitwerking van het doelmatigheidscriterium (DMC) bij diverse configuraties van woningen langs het spoor ('clusters' genaamd). Het DMC is de wettelijke methode om bij overschrijding van de geluidnormen voor geluid van spoor- en rijkswegen te bepalen of (en zo ja, welke) geluidmaatregelen doelmatig zijn in een cluster woningen.
Een kwalitatieve analyse wordt gegeven van de introductie van de L_{night} in de plafondsystematiek. Tot slot wordt het effect van de introductie van WHO-advieswaarden op rangeerbewegingen beschouwd, waarvan het geluid onder de Omgevingswet eveneens onder de plafondsystematiek worden gebracht. Het rapport concludeert dat de overname van WHO-advieswaarden als voorkeurswaarde enerzijds consequenties heeft voor de baten (gezondheid), en anderzijds voor de kosten van maatregelen, voor de uitvoeringslast, en ook voor de lopende geluidsanering.

Doorschot, J.; Peeters, B.; Olink, E.; Schwanen, W.; (2019), Studie naar mogelijkheden voor implementatie L_{night} in wettelijk kader, M+P, M+P.MIW.18.02.1 , Vught [79]
Dit rapport verkent de opties om voor railverkeer de L_{night} als aanvullende geluidmaat op te nemen in de regelgeving. Het bevat geen advies, maar geeft een impact-assessment waarbij de gevolgen van verschillende keuzes voor de implementatie van L_{night} worden beoordeeld op onder meer bestuurlijke aspecten, technisch-inhoudelijke aspecten en gezondheidsaspecten. De onderzochte scenario's betreffen het rechtstreeks overnemen van WHO-advieswaarde voor L_{den} en/of L_{night} voor de voorkeurswaarde. Ook worden scenario's onderzocht waarbij de WHO-adviezen voor de L_{night} op een indirecte manier in de regelgeving worden ingebed.

Rijkswegen en Spoorwegen
Schwanen, W; Doorschot, J.; Peeters, B.; Hardeman, S. (2019) Opties om de dosis-effectrelaties te verwerken in het doelmatigheidscriterium, M+P, M+P.MIW.19.01.6, Vught [77]
Dit rapport werkt een aantal opties uit om op basis van de nieuwe BR-relaties van de WHO de puntentelling van het doelmatigheidscriterium (DMC) aan te passen. De huidige puntentelling kan op verschillende manieren worden aangepast, rekening houdend met het verloop van de BR-relaties voor L_{den} en L_{night}. De studie heeft als randvoorwaarde meegekregen dat het totale investeringsbudget gelijk blijft, en heeft als uitgangspunt dat de voorkeurswaarde niet wordt gewijzigd. Een aantal onderzochte varianten van de puntentelling blijkt te kunnen voldoen aan de budgettaire randvoorwaarde.

Lokale spoorwegen en gemeentelijke en provinciale wegen
Lammerts van Bueren, K. en Elbers, F. (2018) Impactstudie nieuwe WHO-richtlijn geluid, dBVision, I&W002-04-02fe, , Utrecht [116]
Dit rapport beschrijft de impact van en de handelingsopties voor het overnemen van de WHO-advieswaarden als geluidnorm voor lokale spoorwegen, gemeentelijke en provinciale wegen. De studie geeft de aantallen woningen die thans boven de WHO-advieswaarden liggen. Verder worden de kosten van maatregelen berekend voor wanneer de geluidbelasting van die woningen volledig tot de advieswaarde worden teruggebracht. Voor gemeentelijke wegen wordt gesteld dat de mogelijkheid om voldoende geluidmaatregelen te treffen afhankelijk zal zijn van de mate waarin hoge schermen langs zulke wegen inpasbaar worden geacht. Dat komt doordat met maatregelen aan de bron te weinig geluidreductie kan worden gerealiseerd: stillere wegdekken, minder verkeer, lagere snelheden, meer stille banden, meer elektrische voertuigen. Dit speelt ook bij provinciale wegen. De studie geeft aan wat de kosten van gevelisolatie zouden zijn voor alle woningen waar de overschrijding van de geluidbelasting aan de gevel niet kan worden weggenomen.

Geschiedenis normstelling geluid
Universiteit Utrecht, (2019), Notitie: de historische ontwikkeling van de normen voor geluidhinder door weg-, spoor- en vliegverkeer, september 2019, Utrecht [24]
De notitie gaat in op de historische ontwikkeling van de geluidnormen voor wegverkeer, railverkeer en luchtvaart. Verder worden de

overwegingen geschetst die daarbij steeds een rol hebben gespeeld. Uit een analyse van de parlementaire geschiedenis wordt geconcludeerd dat de huidige geluidnormen niet veel verschillen van die welke in de eerste geluidregelgeving werden aangehouden. De hoogte van de geluidnormen is meestal een afweging tussen gezondheidsaspecten en stedenbouwkundige aspecten. In de loop der tijd zijn veranderingen doorgevoerd in de normstelling met betrekking tot uniformering en afwijkmogelijkheden (uitzonderingen). In de toelichting bij die uitzonderingen wordt meestal niet ingegaan op de milieuhygiënische redenen daarvoor.

Luchtvaart

Van den Berg, R., Kemper, D. (2019), Impactanalyse nieuwe WHO 'Environmental Noise Guidelines', Deelimpactanalyse Luchtvaart, To70, 18.171.33, Den Haag [84]

Het rapport geeft een overzicht van de huidige aanpak van geluidhinder rondom Nederlandse luchthavens. Verder bevat het gegevens van de omvang van de impact van geluid bij de luchthavens Schiphol, Maastricht-Aachen en Lelystad. Het effect van het eventueel aanscherpen van de huidige geluidnormen tot het niveau van de WHO-advieswaarden wordt berekend in termen van geluidbelast oppervlak, aantal woningen, ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden. Als beleidsopties worden onder meer genoemd: bronbeleid in Europees kader en via tariefdifferentiatie, (aanvullende) gevelisolatie, operationele en explotatiemaatregelen, en verbeterde communicatie en consultatie.

Addendum To70, (2019), Geschiedenis omtrent gezondheidsafweging en uitgangspunten bij normstelling voor de geluidbelasting rondom luchthavens in Nederland. Addendum inzake Motie Schonis, To70, 19.171.18, Den Haag [145]

Het addendum bespreekt de geschiedenis van het normenstelsel en het beleid, en geeft weer wat het verschil in BR-relaties (tussen de huidige en die van de WHO) betekent voor de berekende aantallen ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden rond Schiphol, Maastricht-Aachen en Lelystad.

Bijlage 4 Motie Schonis

Tweede Kamer der Staten-Generaal

Vergaderjaar 2018–2019

35 000 A Vaststelling van de begrotingsstaat van het Infrastructuurfonds voor het jaar 2019

Nr. 60 MOTIE VAN HET LID SCHONIS

Voorgesteld tijdens het Notaoverleg van 29 november 2018

De Kamer,

gehoord de beraadslaging,

constaterende dat de WHO met haar recent gepubliceerde rapport onderbouwd heeft dat er een sterke correlatie is tussen geluidsoverlast en negatieve gezondheidseffecten;

overwegende dat er met het bestaande beleid reeds ingezet wordt op het voorkomen en waar mogelijk verminderen van geluidsoverlast;

van mening dat het belangrijk is om op lange termijn toe te blijven werken naar vermindering van de negatieve gezondheidseffecten als gevolg van geluid;

verzoekt de regering, om onafhankelijk onderzoek te laten verrichten om in kaart te brengen hoe het WHO-rapport zich verhoudt tot de huidige (inter)nationale wet- en regelgeving en naar de mogelijkheden om het WHO-rapport te gebruiken ter versterking van het (inter)nationaal beleid en de mogelijke gevolgen daarvan voor de Nederlandse situatie, en de Kamer over de resultaten te informeren,

en gaat over tot de orde van de dag.

Schonis

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag