



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

Handreiking geluidhinder wegverkeer *Berekenen en meten*

RIVM rapport 609300020/2011

A. Dusseldorp | D.J.M. Houthuijs |

A.J.P. van Overveld | I. van Kamp | M. Marra



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

Handreiking geluidhinder wegverkeer

Berekenen en meten

RIVM Rapport 609300020/2011

Colofon

© RIVM 2011

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'.

A. Dusseldorp IMG/cGM
D. Houthuijs MGO
A. van Overveld IMG/cGM
I. van Kamp MGO
M. Marra MGO

Contact:
Annelike Dusseldorp
IMG, Centrum Gezondheid en Milieu (cGM)
annelike.dusseldorp@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van VWS, in het kader van V/609300 'ondersteuning van GGD-en'.

Rapport in het kort

Handreiking geluidhinder wegverkeer

Er bestaan verschillende methoden om te bepalen hoeveel mensen op een locatie geluidshinder als gevolg van wegverkeer ervaren. Met vragenlijsten kan het percentage gehinderden worden gemeten. Daarnaast kan het percentage gehinderden worden berekend met de geluidbelasting en een internationaal erkende 'blootstelling-responsrelatie' uit 2001. Het RIVM heeft een handreiking opgesteld die aandachtspunten beschrijft bij onderzoek naar geluidshinder, de interpretatie van hindercijfers en de invloed van leeftijd en andere persoonlijke en contextuele factoren.

Cijfers vaak niet goed vergelijkbaar

De handreiking vloeit voort uit een vraag van de GGD-en naar de oorzaak van het verschil tussen berekende en gemeten geluidshinder. Zoekende naar een verklaring bleek dat cijfers uit verschillende onderzoeken vaak niet goed vergelijkbaar zijn, doordat zij gebruikmaken van uiteenlopende vraagstellingen en analysemethoden. Ook zitten zowel rondom gemeten als berekende cijfers onzekerheidsmarges, waardoor het niet zinvol is alleen de gemiddelde uitkomsten te vergelijken. Verder bleek dat een blootstelling-responsrelatie uit 2009 hinderpercentages berekent die in het algemeen meer in de buurt liggen van de gemeten cijfers.

Hinderpercentage bepalen met de meest geschikte methode

Los van het feit dat de blootstelling-respons relatie dus mogelijk verbeterd zou kunnen worden, is in een bestaande situatie een vragenlijst de meest geschikte methode om het percentage gehinderden te bepalen. Als metingen met dezelfde vragenlijst meerdere keren worden herhaald, zijn veranderingen in de tijd bovendien goed te volgen. Voor nog niet bestaande situaties of scenarioberekeningen zijn berekeningen met blootstelling-responsrelaties een goede methode om zicht te krijgen op te verwachten percentages gehinderden.

Trefwoorden:

Geluid, hinder, wegverkeer

Abstract

Guideline Noise Annoyance

Noise annoyance resulting from road traffic in certain situations can be assessed in two ways. Firstly, the percentage of people affected can be obtained through questionnaires from surveys. Secondly, it can be calculated according to traffic noise levels and the standard exposure-response relation (dated 2001). The Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has drawn up a guideline that addresses various issues related to the assessment of noise annoyance, the interpretation of results and the influence of age and other personal and contextual factors.

Questions from local health authorities on differences between measured and calculated percentages of noise annoyance have led to the realisation of this guideline. After having explored local data and reports, it was concluded that results from different studies are often not comparable because different research questions and methods of analysis are used. Furthermore, the comparison of measured and calculated mean percentages is not useful when the statistical variation in the results is not taken into account. In addition, the application of an age-specific exposure-response relation (dated 2009) resulted generally to more concord between the calculated and measured percentages.

In current situations, surveys are considered the best way to assess the actual noise annoyance. When the same surveys are repeated at different points in time, noise annoyance can be well measured. For estimating percentages of noise annoyance for future situations, exposure-response relations are the appropriate tools. Due to the variation in study results, the calculated percentages may deviate from those that actually occur in the future situation.

Keywords:

Noise, Annoyance, Road Traffic

Inhoud

Samenvatting—9

1 Inleiding—11

- 1.1 Achtergrond en vraagstelling—11
- 1.2 Doel van het project—11
- 1.3 Aanpak—11
- 1.4 Begeleidingscommissie—12

2 Handreiking: een praktische leidraad—13

- 2.1 Wat is geluidhinder?—13
- 2.2 Berekenen van geluidhinder—13
 - 2.2.1 Geluidbelasting—13
 - 2.2.2 Omrekenen van geluidbelasting naar hinder—13
 - 2.2.3 Aandachtspunten voor het berekenen van geluidhinder samengevat—15
- 2.3 Meten van geluidhinder—15
 - 2.3.1 Standaardvraag—15
 - 2.3.2 Syntax voor het berekenen van het percentage (ernstig) gehinderden—16
 - 2.3.3 De geluidbronnen in de standaardvraag—17
 - 2.3.4 Invloed van hinderpercentage en steekproefgrootte op de onzekerheid—18
 - 2.3.5 Non-respons—20
 - 2.3.6 Aandachtspunten voor het meten van geluidhinder samengevat—21
- 2.4 Meten versus berekenen—22
 - 2.4.1 Gemeten en berekende cijfers naast elkaar—22
 - 2.4.2 Meten en berekenen samengevat—23
- 2.5 De invloed van andere factoren dan het geluidniveau—24
 - 2.5.1 Persoonlijke en contextuele factoren—24
 - 2.5.2 De invloed van een stille gevel—28
 - 2.5.3 Aangrijpingspunten om hinder te verminderen—28
 - 2.5.4 Invloed van andere factoren samengevat—29
- 2.6 Aandachtspunten voor GGD-en bij het interpreteren van hindercijfers—29
- 2.7 Toekomst—30

3 Verdieping berekenen en meten geluidhinder—35

- 3.1 Meten: bepaling van (ernstige) hinder op basis van de standaardvraag—35
- 3.2 Berekenen; betrouwbaarheidsinterval en tolerantie-interval—37
- 3.3 Invloed van het niet goed schatten van de blootstelling (misclassificatie)—39
- 3.4 Het weergeven van de invloed van 'persoonlijke en contextuele factoren'—40

4 Gepubliceerde hindercijfers op een rij—43

- 4.1 Hinder MSR (berekend) en Provincie Zuid-Holland (gemeten)—43
- 4.2 Hinder MSR (berekend) versus enquêtes GGD (gemeten)—44
- 4.3 Ernstige hinder door wegverkeer (landelijke cijfers) volgens drie methoden—45
- 4.4 Landelijke cijfers—49
- 4.5 Conclusies vergelijken—50

5 Gegevens Amsterdam en Rotterdam—53

- 5.1 Beschrijving databestanden en analyses—53
- 5.2 Gemeten en berekende ernstige hinder per stad—54
 - 5.2.1 Ruwe hindercijfers van Amsterdam en Rotterdam—54
 - 5.2.2 Berekende ernstige hinder in Amsterdam en Rotterdam—54
 - 5.2.3 Ernstige hinder in relatie tot geluidbelasting—54

5.3	De invloed van kenmerken van de respondenten—55
5.4	Invloed van de gegevens over geluidbelasting—56
5.4.1	Geluidbelasting in de steden—56
5.4.2	Toewijzen van de gemiddelde geluidbelasting aan de respondenten—57
5.4.3	Gevolgen voor blootstelling-responsrelaties—58
5.4.4	Conclusies geluidbelasting—59
5.5	Resultaten analyses samengevat—59
6	Conclusies publicaties en databestanden—61
6.1	Enkele bevindingen op een rij—61
6.2	Antwoord op de hoofdvragen—61
7	Literatuur—63

Samenvatting

Dit rapport bevat een handreiking die GGD-en kan ondersteunen bij het uitvoeren en interpreteren van onderzoek naar geluidhinder van wegverkeer. Aanleiding voor dit project was dat GGD-en de indruk hebben dat de berekende geluidhinder (op basis van de geluidbelasting en internationale blootstelling-reponsrelaties) vaak lager uitkomt dan de gemeten geluidhinder (gebaseerd op vragenlijstonderzoek). Daarom hebben de GGD-en het RIVM gevraagd om in kaart te brengen waardoor dit verschil kan worden verklaard. Op grond van een aantal publicaties en een analyse van hindergegevens uit Rotterdam en Amsterdam zijn verschillen en mogelijke verklaringen onderzocht. De bevindingen daarvan zijn beschreven in deze handreiking, en een uitgebreide uitleg is als achtergrond opgenomen in dit rapport. Het project beperkt zich tot geluid van wegverkeer, omdat wegverkeer een bron is waar alle GGD-en mee te maken hebben en de hinder door wegverkeer bovendien in omvang groter is dan hinder door vlieg- of railverkeer.

Meten en berekenen van geluidhinder

Het meten van geluidhinder vindt plaats door mensen direct te vragen naar de mate van hinder die ze ondervinden, bijvoorbeeld door middel van een vragenlijst. Bij het berekenen van geluidhinder wordt op basis van de geluidbelasting en een blootstelling-responsrelatie die is gebaseerd op eerdere onderzoeken, een schatting gemaakt van het aantal gehinderden. In Nederland wordt daarvoor volgens internationale afspraken de Miedema-curve uit 2001 gebruikt. Zowel het meten als berekenen van hinder heeft voor- en nadelen. Berekenen van hinder is de enige manier om een indruk te krijgen van de te verwachte hinder bij toekomstige situaties, zoals de aanleg van nieuwe infrastructuur of een nieuwe woonwijk. Bovendien is het verplicht in het kader van EU-regelgeving om berekeningen voor het aantal gehinderden uit te voeren, naast het maken van geluidskarten. Voordeel is dat vrij gemakkelijk een groot gebied in ogenschouw kan worden genomen op basis van cijfers over de geluidbelasting en dat verschillende scenario's kunnen worden vergeleken. Nadeel is dat de gebruikte blootstelling-responsrelatie een grote onzekerheidsmarge kent, waardoor de uitkomst van berekeningen voor een lokale situatie niet exact zal overeenkomen met de feitelijke actuele situatie. Daarom is het beter om in een actuele situatie het percentage gehinderden te meten door middel van een enquête onder betrokkenen, waarbij de mate van *ernstige* hinder het beste signaal geeft over de lokale situatie.

Vergelijkbaarheid van hinderpercentages (berekend, gemeten)

Cijfers over geluidhinder uit verschillende onderzoeken blijken vaak niet goed vergelijkbaar te zijn door het gebruik van verschillende vraagstellingen en berekeningswijzen. Ook wordt bij het vergelijken van de cijfers de onzekerheidsmarge vaak niet in ogenschouw genomen. Niet elk verschil is daardoor ook een statistisch significant verschil.

Wel is geconstateerd dat – met de bovengenoemde kanttekening over de vergelijkbaarheid – inderdaad de berekende hinder in de onderzochte gevallen lager is dan de gemeten hinder. Berekeningen met een leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie uit 2009 suggereren dat onder mensen van 25 tot 60 jaar het percentage ernstige hinder door geluid van wegverkeer wordt onderschat met de relatie van Miedema en Oudshoorn uit 2001. Dit ondersteunt het beeld dat de GGD-en hebben dat de berekende percentages meestal lager uitvallen dan hetgeen uit enquêtes naar voren komt. Dit is namelijk de leeftijdsgroep waarop GGD-onderzoek vaak betrekking heeft. Het gebruik van

een leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie is aan te bevelen. Echter, het verschil tussen de leeftijdsspecifieke relatie en die van Miedema en Oudshoorn wordt mede veroorzaakt door een aantal toegevoegde studies. Een update van de blootstelling-responsrelatie zou een optie zijn om hier verder duidelijkheid over te geven.

Factoren die invloed hebben op de reactie op geluid

Geluidbelasting van wegverkeer heeft een duidelijke relatie met hinder. Dat betekent dat gegevens uit een gezondheidsenquête goed te gebruiken zijn om een vinger aan de pols te houden op het gebied van geluidhinder. Naast het geluid van wegverkeer zelf heeft een aantal andere (persoonlijke en contextuele) factoren invloed op gerapporteerde hinder. Het meeste onderzoek naar deze factoren is gedaan in relatie tot geluid van vliegverkeer. Daaruit blijkt dat niet zozeer de demografische factoren als geslacht en opleiding de grootste invloed hebben, maar eerder geluidgevoeligheid, verwachtingen over het toekomstige geluidniveau en angst voor de geluidbron. Hoewel deze kennis afkomstig is uit onderzoek naar geluid van vliegverkeer, is het aannemelijk dat ook bij verkeer deze factoren een belangrijke rol spelen. Zij kunnen daarom een aanknopingspunt zijn in het geluidbeleid. De effectiviteit van het sturen op deze factoren in beleid is echter niet goed onderzocht. Recent is ook onderzoek gedaan naar de invloed van een 'stille gevel'; een kant van een woning waar de geluidbelasting lager is dan aan de (door wegverkeer) belaste kant. De eerste resultaten wijzen uit dat de geluidhinder daardoor afneemt.

Handreiking

De handreiking bevat uitleg over het fenomeen geluidhinder, de manier waarop de geluidbelasting wordt bepaald, meer informatie over 'persoonlijke en contextuele factoren' en aandachtspunten voor het zelf uitvoeren van onderzoek naar geluidhinder. Daarin komt onder andere de standaardvraagstelling aan de orde, de invloed van de grootte van de steekproef en het omgaan met non-respons. Ook voor de interpretatie van hindercijfers uit onderzoek van anderen worden aandachtspunten gegeven, zoals het letten op de onderzoeksopzet, de onderzochte populatie en het oog hebben voor de betrouwbaarheid van berekende en gemeten hinderpercentages.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en vraagstelling

GGD-en brengen regelmatig de gezondheidseffecten van geluid van wegverkeer in kaart voor (beleids)adviezen in specifieke situaties of in het kader van de periodieke gezondheidsenquêtes. De ervaring van de GGD-en daarbij is dat de gemeten geluidhinder (met enquêtes) vaak hoger uitvalt dan de berekende hinder (op basis van een combinatie van geluidniveaus en blootstelling-responsrelaties). Dit levert in de praktijk veel discussie op. Hoewel een verschil in gemeten versus berekende hinder tot op zekere hoogte niet vreemd is (zie ook Breugelmans et al., 2007), zijn in ogen van de GGD-en in sommige gevallen de verschillen groter dan verwacht en niet onmiddellijk te verklaren. In discussies over lokaal beleid is de berekende hinder vaak leidend. Als de gemeten hinder stelselmatig hoger uitvalt, zou dit kunnen betekenen dat in verschillende situaties het berekenen van de hinder tot een onderschatting van de omvang van de hinder leidt. Bovendien draagt een discussie over de verschillen tussen uitkomsten niet bij aan de erkenning en dus aanpak van het probleem. De GGD-en hebben het Centrum voor Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM daarom gevraagd op zoek te gaan naar (mogelijke) verklaringen voor de verschillen tussen enerzijds de gemeten hinder en anderzijds de berekende hinder, om uiteindelijk de gezondheidseffecten eenduidiger en realistischer te kunnen presenteren.

1.2 Doel van het project

Het project heeft tot doel meer inzicht te bieden in factoren die het verschil kunnen verklaren dat wordt gevonden tussen gemeten en berekende hinder van wegverkeer. Het rapport beperkt zich tot wegverkeer, omdat geluidhinder door wegverkeer in omvang veel groter is dan dat door vlieg- of railverkeer. Tevens is wegverkeer een bron waar alle GGD-en mee te maken hebben. Tot slot geldt dat recente Europese onderzoeken naar hinder door vliegverkeer aangeven dat de in Europa gehanteerde blootstelling-responsrelatie voor vliegverkeer de hinder onderschat en dat bijstelling van de relatie wenselijk is (Van Kempen & Van Kamp, 2005; Babisch et al., 2009; Janssen et al., 2011).

Deze handreiking dient om de GGD-en te ondersteunen bij het uitvoeren van onderzoek naar geluidhinder en het interpreteren van hindercijfers.

1.3 Aanpak

Eind 2009 heeft een vooroverleg plaatsgevonden met een begeleidingscommissie (zie paragraaf 1.4). Hierin is besloten het project te beperken tot geluidhinder door wegverkeer (zie ook paragraaf 1.2).

Gepubliceerde cijfers op een rij

Op basis van een aantal publicaties zijn berekende en gemeten cijfers naast elkaar gezet om meer inzicht te krijgen in de ordegrrootte van de mogelijke discrepanties. Er kwam naar voren dat de meeste cijfers eigenlijk niet goed vergelijkbaar zijn door bijvoorbeeld het gebruik van andere vraagstellingen of doordat de getallen betrekking hadden op onderling verschillende populaties (andere leeftijden). De gegevens zijn besproken met de begeleidingscommissie om de vraagstelling verder te verhelderen.

Analyse van twee databestanden

In de verkennende fase bleek dat de gegevens uit de gezondheidsmonitor van de GGD Amsterdam en de GGD Rotterdam-Rijnmond geschikt waren om te bezien wat in die bestanden de relatie is tussen geluid en geluidhinder en of er factoren in de databestanden aan te wijzen waren die de relatie tussen geluid en geluidhinder beïnvloedden. Deze databestanden zijn in het voorjaar van 2010 door deze GGD-en ter beschikking gesteld. Het gebruik van deze data is vastgelegd in overeenkomsten. De gegevens waren niet herleidbaar naar individuele personen.

Rapportage; keuze voor een handreiking

De resultaten van de vergelijkingen van gemeten en berekende hinderpercentages en van de analyse van de databestanden zijn besproken met de begeleidingscommissie (zie paragraaf 1.4). Daar is de vraag voorgelegd of een handreiking een gepaste wijze van rapportage was. Hiermee werd ingestemd. Dit rapport start daarom met een handreiking voor GGD-en en verwijst voor de onderbouwing naar de achtergronden bij dit rapport, waarin de resultaten van de vergelijking van gemeten en berekende cijfers en de analyse van de databestanden zijn opgenomen. In de handreiking wordt onder andere beschreven wat men al dan niet kan met de blootstelling-responsrelaties op lokaal niveau, waar rekening mee moet worden gehouden bij onderzoek naar geluidhinder, en wat de invloed is van de vraagstelling en non-respons.

1.4 Begeleidingscommissie

Het project is begeleid door een commissie, die als volgt was samengesteld:

- Ingrid Akkersdijk, GGD Zuid-Holland Zuid
- Lex Groenewold, GGD Gelre-IJssel
- Roel Kerkhoff, GGD Rotterdam-Rijnmond
- Wim Ovaa, GG&GD Utrecht
- Jacobje Visser, GGD Hollands Noorden
- Henk Vos/Sabine Janssen, TNO
- Miriam Weber, DCMR
- Fred Woudenberg, GGD Amsterdam

De vertegenwoordigde GGD-en hadden allemaal het door GGD Rotterdam-Rijnmond ingediende voorstel hoog geprioriteerd voor het cGM-werkplan en zijn op grond daarvan uitgenodigd om deel te nemen in de begeleidingscommissie.

De begeleidingscommissie heeft meegedacht met de vraagstelling en aanpak van het project. Tevens is het conceptrapport met de begeleidingscommissie besproken.

2 Handreiking: een praktische leidraad

Deze handreiking beoogt verschillende aspecten van onderzoek naar geluidhinder door wegverkeer op een rij te zetten. Met deze leidraad kan een medewerker bij de afdeling Medische Milieukunde van de GGD aan de slag met (resultaten van) onderzoek naar geluidhinder en heeft aanknopingspunten voor de communicatie met epidemiologen, geluidsexperts, beleidsmakers en bestuurders. De handreiking is zo praktisch mogelijk opgezet. Het achtergronddocument in dit rapport bevat verdiepende informatie. Waar dat van toepassing is, wordt naar het achtergronddocument verwezen.

2.1 Wat is geluidhinder?

Hinder is een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt (GR, 1999). Geluidhinder is subjectief; het verschilt van persoon tot persoon of iemand een geluid hinderlijk vindt. Naast het geluidniveau hangt dit ook af van een aantal andere factoren, zoals angst voor de bron of controleerbaarheid van de blootstelling.

Geluidhinder is objectief vast te stellen, op twee manieren:

- 1) Berekenen. Op basis van gegevens over de geluidbelasting in een bepaald gebied wordt het percentage (ernstig) gehinderden berekend met blootstelling-responsrelaties. Deze relaties zijn gebaseerd op een groot aantal vragenlijstonderzoeken in diverse landen, in de periode 1971-1994.
- 2) Meten. Met vragenlijsten wordt mensen gevraagd in welke mate zij gehinderd zijn door geluid van wegverkeer.

2.2 Berekenen van geluidhinder

Op grond van de geluidbelasting kan berekend worden welk percentage van de blootgestelden naar verwachting (ernstig) gehinderd is. Hierbij wordt de geluidbelasting op de gevel van de woning gebruikt om het percentage hinder te berekenen. De geluidbelasting wordt via blootstelling-reponsrelaties omgezet naar een verwacht percentage ernstige hinder.

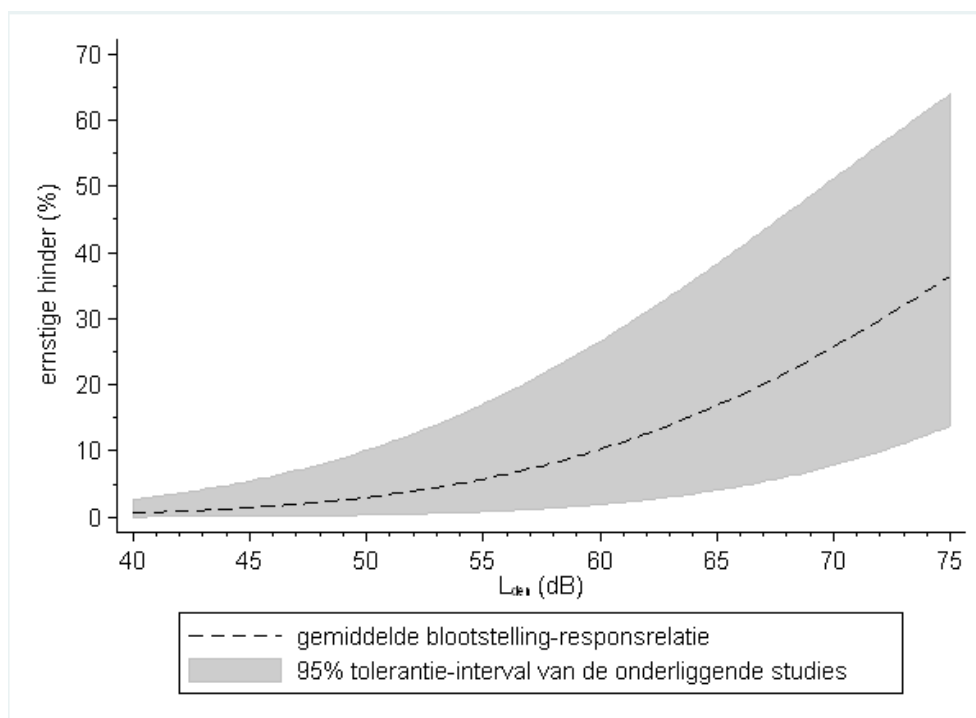
2.2.1 *Geluidbelasting*

Om te bepalen aan hoeveel geluid mensen zijn blootgesteld, wordt gebruikgemaakt van gegevens over de geluidbelasting. In de berekening van de geluidbelasting wordt alleen verkeer van auto's, vrachtwagens, bussen, bestelauto's en dergelijke meegenomen. Brommers en scooters zitten er bijvoorbeeld niet in. De berekende geluidbelasting is meestal het geluidniveau aan de hoogst belaste gevel van een woning, door een specifieke bron (wegverkeer) in de omgeving.

2.2.2 *Omrekenen van geluidbelasting naar hinder*

De blootstelling-responsrelatie tussen geluid en (ernstige) hinder is gebaseerd op diverse internationale onderzoeken. Er zijn aparte relaties afgeleid voor verschillende bronnen van geluid, bijvoorbeeld vliegverkeer, railverkeer of wegverkeer. De internationaal gangbare blootstelling-responsrelatie voor wegverkeer (zie Figuur 1) is afgeleid op basis van vragenlijstonderzoeken die in Europa en Canada in de periode 1971-1994 zijn uitgevoerd (Miedema en

Oudshoorn 2001, 2006). Deze relatie wordt in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai aanbevolen (EC/DG ENV, 2002).



Figuur 1. De relatie tussen geluid van wegverkeer en het percentage ernstige hinder inclusief 95%-tolerantie-interval (bron: Miedema en Oudshoorn, 2001 en Oudshoorn en Miedema, 2006)¹.

Omdat de blootstelling-responsrelatie op een groot aantal onderzoeken en mensen gebaseerd is, geeft de curve het gemiddelde beeld goed weer. De consequentie is echter dat er lokaal (kleine groepen, specifieke omstandigheden) belangrijke afwijkingen van het gemiddelde mogelijk zijn. Miedema en Oudshoorn geven aan dat de blootstelling-responsrelaties primair bedoeld zijn voor strategische doeleinden (zoals het afleiden van normen, het stellen van doelen, het vertalen van geluidskaarten in aantallen gehinderden en de toepassing in scenariostudies waarbij de gevolgen van veranderingen in de geluidbelasting voor de lange termijn worden berekend). Een kenmerk van deze doelen is dat ze (ook) betrekking hebben op toekomstige populaties en situaties. Specifieke kenmerken van de huidige populatie en de huidige omstandigheden zijn niet altijd relevant voor de strategische doeleinden.

De keerzijde is dat de blootstelling-responsrelaties niet (goed) toepasbaar zijn voor lokale situaties, voor situaties met ophef over de geluidssituatie of in situaties waarin de geluidbelasting is veranderd of gaat veranderen. Gezien de huidige kennis kan in dergelijke situaties alleen met enquêtes een goed beeld van de omvang van de hinder worden verkregen.

¹ Voor uitleg over het betrouwbaarheidsinterval en tolerantieinterval, zie paragraaf 3.3 in de achtergrond

2.2.3 *Aandachtspunten voor het berekenen van geluidhinder samengevat*

- In de berekening van de geluidbelasting wordt alleen verkeer van auto's, vrachtwagens, bussen, bestelauto's en dergelijke meegenomen. Wanneer gevraagd wordt naar de hinder door wegverkeer, kunnen mensen ook andere bronnen van wegverkeer (brommers, scooters) in hun oordeel betrekken.
- Blootstelling-responsrelaties zijn vaak niet (goed) toepasbaar in lokale situaties.

2.3 **Metten van geluidhinder**

Het meten van geluidhinder gebeurt meestal door het afnemen van vragenlijsten onder de populatie waarin men geïnteresseerd is, bijvoorbeeld de inwoners van een stad of een wijk. Ook landelijk wordt regelmatig het percentage gehinderden gemeten (zie paragraaf 4.4). De vraagstelling in de enquêtes en de analyse van de gegevens hebben invloed op het percentage (ernstig) gehinderden dat wordt gevonden. Daarom is een standaardvraag aanbevolen. Ook de kwaliteit van het onderzoek is van belang. Hieronder worden deze aspecten toegelicht.

2.3.1 *Standaardvraag*

GGD-en onderzoeken periodiek de gezondheid van de bevolking. Binnen de Lokale en Nationale Monitor Gezondheid worden de gegevensverzamelingen van GGD-en zoveel mogelijk geüniformeerd. Zo zijn er standaardvragen beschikbaar voor verschillende indicatoren Jeugdgezondheid, Volksgezondheid en Gezondheid Ouderen.

Voor geluid is in internationaal verband een standaardvraag vastgesteld over geluidhinder bij volwassenen, om de vergelijkbaarheid tussen onderzoeken te bevorderen (ISO norm ISO/TS 15666, 2003). Sinds 2006 is deze vraag in de Nationale Monitor opgenomen. Met deze vraag kan het percentage mensen worden bepaald dat hinder ondervindt van geluid in hun woonomgeving en de vraag is in beginsel bedoeld voor de gezondheidsenquête voor de algemene bevolking (19-65 jaar). De standaardvraag is te vinden op de website van de 'Lokale en Nationale Monitor Gezondheid' (www.monitorgezondheid.nl) en luidt als volgt (versie oktober 2010):

Vraag 1 Hieronder staat een schaal van 0 t/m 10 waarop u kunt aangeven in welke mate geluid u hindert, stoort of ergert als u thuis bent. Als u helemaal niet gehinderd wordt kiest u de 0, als u extreem gehinderd wordt kiest u de 10. Als u daar ergens tussenin zit, kiest u een getal tussen 0 en 10. Als een geluid bij u thuis niet hoorbaar is, kunt u dit in de laatste kolom aangeven.

Als u denkt aan de afgelopen 12 maanden, welk getal van 0 tot 10 geeft het beste aan in welke mate u gehinderd, gestoord of geërgerd wordt door geluid van de onderstaande bronnen als u thuis bent? Geef op iedere regel uw antwoord

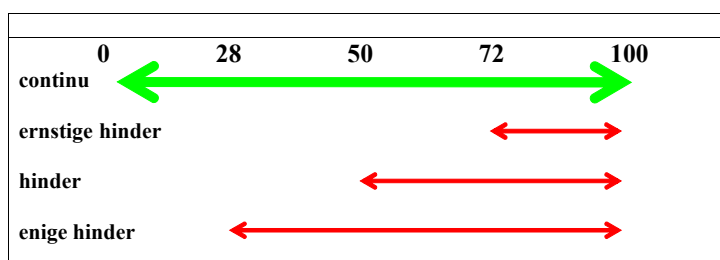
	0 betekent geen hinder en 10 betekent heel veel hinder											Niet hoorbaar
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/ uur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/ uur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vliegtuigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bedrijven/industrie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Buren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bromfietsen/bromscooters	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Overig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Facultatief												
Trams/metro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Helikopters	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bouw- en sloopactiviteiten (ook renovaties)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bromgeluiden, bv ventilatoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sportvelden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Horeca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Enzovoorts.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Met een gestandaardiseerde vraag over geluidhinder beoogt de ISO de bevindingen van enquêtes beter vergelijkbaar te maken, zodat resultaten kunnen worden gepoold en er betere informatie voor het beleid beschikbaar komt.

2.3.2 Syntax voor het berekenen van het percentage (ernstig) gehinderden

Bij de standaardvraag (zie paragraaf 2.3.1) hoort ook een vaste manier voor het omrekenen van de individuele antwoorden naar een percentage gehinderden in de onderzoeksgroep. Het is internationaal gangbaar om ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd te definiëren aan de hand van percentages van de antwoordschaal. In dit geval vormen de elf antwoordcategorieën een continue 100%-schaal (zie Figuur 2). Ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd zijn gedefinieerd als 72%, 50% en 28% van de continue schaal. De categorieën overlappen elkaar: de cijfers voor ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd kunnen dus niet opgeteld worden.

Internationaal wordt alleen het percentage ernstig gehinderden gerapporteerd. Daar sluiten we ons in deze handreiking bij aan. Het afkappunt voor ernstige hinder ligt bij 72% van de volledige schaal. Helaas valt de 72% niet precies samen met een antwoordcategorie op de 11-puntschaal. Daarom worden de scores op de vragenlijsten omgerekend naar (ernstige) hinder volgens vaste formules. Verdere uitleg hierover, met een rekenvoorbeeld, wordt gegeven in de achtergrond (zie paragraaf 3.1).



Figuur 2. Afkappunten voor hinder (afgeleid door Miedema, 1992)

Het is belangrijk dat bij gebruik van de standaardvraag de standaardsyntax (programmeerregels in een statistisch programma) wordt gebruikt voor de analyse van de gegevens. Deze is te verkrijgen via de epidemiologen van de GGD. Zij kunnen inloggen op www.monitorgezondheid.nl en daar de syntax vinden. Bij het gebruik van andere afkappunten zijn de cijfers uit vragenlijstonderzoeken niet meer goed vergelijkbaar.

2.3.3 De geluidbronnen in de standaardvraag

In ISO 15666 wordt niet alleen ingegaan op de vraagstelling, maar ook op de geluidbronnen. Er wordt aangegeven dat als het onderzoek bedoeld is om geluidhinder in verschillende gebieden, over verschillende jaren of door verschillende bronnen te vergelijken, de geluidbronnen op hetzelfde abstractieniveau moeten worden beschreven. Hiermee wordt bedoeld dat de mate van detaillering van de bronnen op elkaar dient te worden afgestemd. Een voorbeeld van een verschillend abstractieniveau is 'wegverkeer' en 'vrachtwagens'.

De standaardvraag uit de 'Lokale en Nationale Monitor Gezondheid' voldoet niet geheel aan deze passages uit ISO 15666. Zo wordt er enerzijds gesproken over 'treinen' en 'vliegtuigen', maar wordt niet naar 'wegverkeer' gevraagd. In plaats daarvan wordt wegverkeer uitgesplitst naar 'verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur' en naar 'verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur'. Ook wordt apart gevraagd naar 'bromfietsen/bromscooters'. Deze bron kan onderdeel zijn van het verkeerswegennet waar je niet harder mag dan 50 km/uur.

De standaardvraag is erop gericht de algemene en blijvende reactie op geluid vast te leggen, waarbij de hinderbeleving op verschillende tijdstippen en op verschillende plaatsen in en rondom het huis over een langere periode wordt geïntegreerd. Een lange lijst met specifieke bronnen draagt niet bij tot het komen van een integraal oordeel over de situatie.

Het verdient dan ook aanbeveling om in onderzoek de geluidbronnen te beperken tot enkele 'hoofdcategorieën' zoals bijvoorbeeld wegverkeer, railverkeer, vliegverkeer, bedrijven/industrie, bouwactiviteiten en burens. Met vragen over specifieke bronnen (bijvoorbeeld vrachtauto's, bussen, brommers, scooters, et cetera) kan eventueel in tweede instantie vastgesteld worden hoe belangrijk zij zijn binnen de categorie 'wegverkeer'. Deze aanbeveling wijkt af van wat veelal gangbaar is ('Lokale en Nationale Monitor Gezondheid', de 'Hinderinventarisatie', et cetera). In onderzoek dat al langer loopt, is het uit oogpunt van vergelijkbaarheid en trendbreuk lastig de vraagstellingen in de loop van de tijd aan te passen.

2.3.4 *Invloed van hinderpercentage en steekproefgrootte op de onzekerheid*

Rondom alle verkregen hinderpercentages zit een betrouwbaarheidsinterval (btbhi)². Dit interval geeft aan binnen welke waarden de gemiddelde hinder in de onderzochte populatie ligt, met een bepaalde zekerheid. Meestal wordt voor deze zekerheid de waarde van 95% gehanteerd, en wordt dus gesproken over het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De betrouwbaarheid wordt groter bij een grotere steekproef of bij lagere percentages. Hoe dat werkt, wordt toegelicht in deze paragraaf.

Hoogte van het hinderpercentage

Bij hogere percentages hinder wordt het betrouwbaarheidsinterval groter (zie Tekstbox 1).

Omvang van de steekproef

De omvang van de steekproef heeft bij vragenlijstonderzoek een grote invloed op de nauwkeurigheid van het verkregen percentage (ernstig) gehinderden. Hoe kleiner de steekproef, hoe minder nauwkeurig de hinder geschat wordt. Rond de schatting van het percentage (ernstig) gehinderden is er dan een groot betrouwbaarheidsinterval. Als bijvoorbeeld in een wijk waar 5000 mensen wonen, de hinder wordt berekend op grond van tien respondenten, en twee van deze respondenten geven aan ernstig gehinderd te zijn (20%), ligt met 95% betrouwbaarheid het gemiddelde percentage ernstige hinder binnen de wijk tussen 3% en 56%. Bij honderd respondenten, waarvan twintig respondenten aangeven ernstig gehinderd te zijn (wederom 20%), ligt het gemiddelde percentage voor de deze wijk tussen 13% en 29% (zie Tekstbox 1).

Tekstbox 1. Voorbeelden van onzekerheid door de steekproef en door het percentage

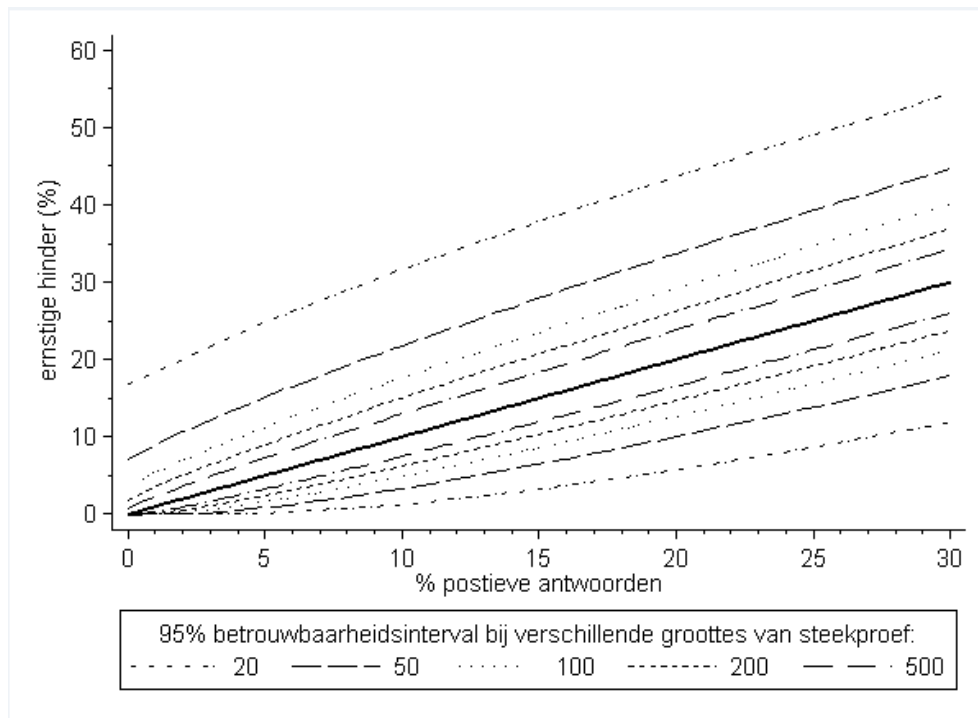
Voorbeeld onzekerheid door het hinderpercentage

Bij hoge hinderpercentages wordt het betrouwbaarheidsinterval van de schattingen ook groter (zie Figuur 3). Bij een steekproef van honderd respondenten waarvan 10% aangeeft gehinderd te zijn, is het 95%-betrouwbaarheidsinterval bijvoorbeeld 5-18%. Dat wil zeggen dat de hinder in de populatie waaruit de steekproef afkomstig is, met 95% zekerheid tussen de 5 en 18% ligt. Als in deze steekproef 20% aangeeft gehinderd te zijn, dan ligt de hinder in de populatie met 95% zekerheid tussen de 12-29%. Betrouwbaarheid is dus geen vast getal: bij toenemende percentages wordt het betrouwbaarheidsinterval groter. Boven de 50% neemt het betrouwbaarheidsinterval weer af.

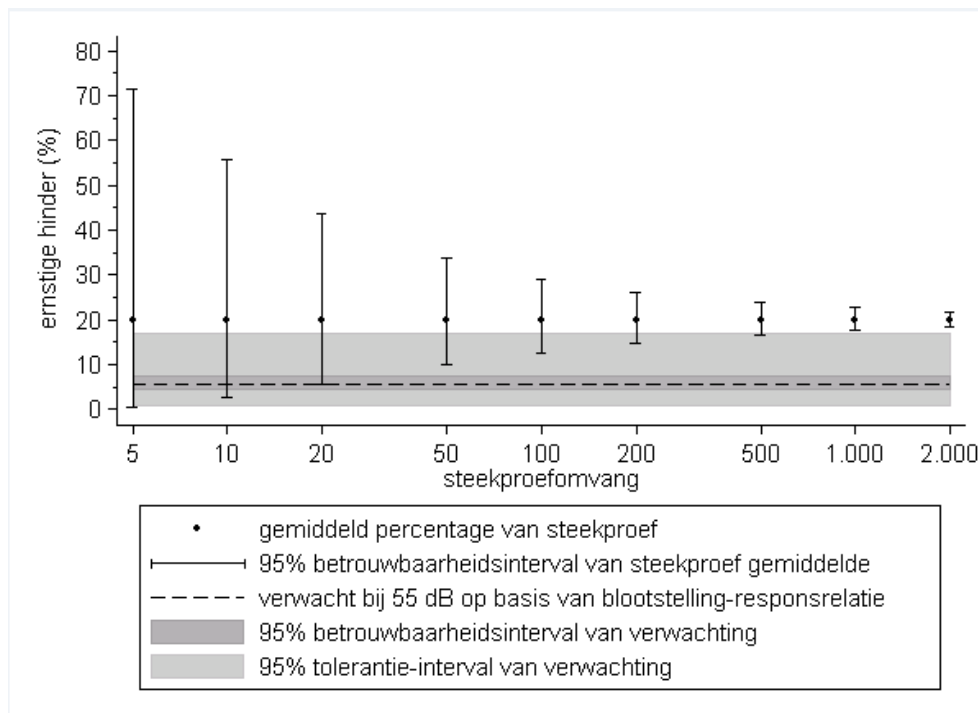
Voorbeeld onzekerheid door de steekproef

Stel dat er een gebied is waar het percentage ernstige hinder onder de gehele bevolking 20% bedraagt (als het iedereen gevraagd zou worden). Een GGD voert in dit gebied een onderzoek uit met als doel het percentage ernstige hinder vast te stellen. Met een steekproef van tweehonderd respondenten kijkt de onder- en bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval circa 6% af van het gemiddelde van 20%. De gemeten hinder in het gebied ligt dus met 95% zekerheid tussen de 14 en 26%. Bij 2.000 respondenten is dit pas minder dan 2% geworden (zie Figuur 4).

² Ook de berekende hinder kent een onzekerheidsmarge, zie paragraaf 2.2.2.



Figuur 3. Voorbeeld van het effect van de hinderpercentages bij verschillende steekproefomvang (aantal respondenten) op het betrouwbaarheidsinterval.



Figuur 4. Voorbeeld van het effect van de steekproefomvang (aantal respondenten) op het betrouwbaarheidsinterval

Bij het uitvoeren van vragenlijstonderzoek op lokale schaal is het dus van belang te beseffen dat er door de steekproeftrekking variatie in het verkregen percentage ernstige hinder optreedt. Daarmee is het onwaarschijnlijk:

- dat er bij herhaling van het vragenlijstonderzoek met een andere steekproef precies dezelfde getallen uitkomen;
- dat de gemeten hinder precies gelijk is aan de berekende hinder.

De steekproefgrootte bepalen

De benodigde steekproefgrootte is afhankelijk van de doelstelling van het onderzoek. Er is daarom niet standaard aan te geven hoeveel mensen minstens bevraagd moeten worden om voldoende zeggingskracht te krijgen. In de achtergrond wordt dit verder uitgelegd. Voor medewerkers Medische Milieukunde is het aan te bevelen de benodigde grootte van de steekproef te bespreken met epidemiologen van de GGD.

2.3.5 *Non-respons*

Wat is non-respons?

Bij het uitzetten van een enquête zal niet iedereen van de benaderde personen ook daadwerkelijk deelnemen aan het onderzoek. Bij gezondheidsenquêtes blijkt tussen de 45-75% van de populatie mee te doen aan het onderzoek. Factoren als geslacht, leeftijd, sociaal-economische status (SES), burgerlijke staat en etniciteit hebben invloed op de respons (van den Brink et al., 2005). Wanneer degenen die wel deelnemen (respons) en degenen die niet deelnemen (non-respons) van elkaar verschillen op aspecten die het hinderpercentage beïnvloeden, kan dit de onderzoeksresultaten vertekenen.

Tekstbox 2. Voorbeelden van (het effect van) selectieve respons

- 1) Wanneer in een bepaalde wijk vooral ouderen tijd hebben de vragenlijst terug te sturen, een groep die meestal iets minder gehinderd is dan mensen in de middelbare leeftijd, dan zal de hinder in de wijk worden onderschat.
- 2) Als in deze wijk een vragenlijst over geluidhinder voornamelijk wordt teruggestuurd door mensen die last hebben van geluid, zal dit leiden tot een hoog hinderpercentage. Wanneer dit wordt vertaald naar de oorspronkelijke groep deelnemers, is dit een overschatting van het werkelijke percentage gehinderden in de betreffende wijk.

Hoe is vertekening van de resultaten door non-respons te voorkomen?

Het voorkomen van vertekening kan voorafgaand aan het onderzoek worden geprobeerd en ook zijn er mogelijkheden om achteraf in de statistische analyse nog te corrigeren. Hieronder wordt dit toegelicht.

Vooraf: Het verhogen van de respons is een manier om vertekening zoveel mogelijk te voorkomen. Volgens van den Brink et al., (2007) verhogen de volgende zaken de respons: een financiële vergoeding voor deelname, het voorzien van de retourenvelop van een postzegel, het feit dat de naam van de geadresseerde op de brief staat, kortere vragenlijst, mooie opzet, contact opnemen met de deelnemers en het versturen van herinneringen.

Achteraf: In de statistische analyse kan in principe worden gecorrigeerd voor een selectieve respons. Er wordt dan een weegfactor gebruikt die de ondervertegenwoordigde groep een zwaardere weegfactor geeft.

Om adequaat voor selectieve respons te kunnen corrigeren, moeten de relevante kenmerken bekend zijn en moet vastgesteld worden hoe vaak deze kenmerken voorkomen onder de respondenten en (een steekproef) van de non-respondenten. In het hierboven genoemde eerste voorbeeld (zie Tekstbox 2) is informatie over de leeftijd van beide groepen al voldoende om te corrigeren. Deze informatie is voorhanden als deze steekproef op basis van het GBA (gemeentelijke basisadministratie) is getrokken. In het tweede voorbeeld is informatie over de geluidhinder onder de non-respondenten nodig om voor selectieve respons te kunnen corrigeren. Dit kan door de non-respondenten opnieuw te benaderen en hierbij slechts enkele kenmerken te meten en deze voor de correctie te gebruiken. De belangrijkste variabele die in dit geval moet worden vastgesteld, is de hinder. De respons onder de non-respondenten moet hoog zijn, anders treedt nogmaals vertekening op. Dit kan een andere manier van benaderen vereisen (bijvoorbeeld telefonisch of bezoek aan huis in plaats van een schriftelijke vragenlijst). Een dergelijk non-responsonderzoek kan al snel kostbaar worden, maar dient bij reeds bekende klachtenproblematiek sterk te worden overwogen. Wanneer in een dergelijke situatie wordt volstaan met een non-responscorrectie op basis van alleen GBA-gegevens (leeftijd, geslacht, geboorteland) kan men ten onrechte concluderen dat er geen sprake is van selectieve respons. Voor meer informatie wordt verwezen naar Breugelmans et al., 2004.

2.3.6 *Aandachtspunten voor het meten van geluidhinder samengevat*

- In een vragenlijstonderzoek is het voor de vergelijkbaarheid met ander onderzoek en de blootstelling-responsrelatie van belang gebruik te maken van de standaardvraag (zie paragraaf 2.3.1).
- De analyse van de antwoorden dient op standaardwijze te gebeuren (zie paragraaf 2.3.2). Het is daarbij niet raadzaam de hinder van verschillende bronnen (typen wegverkeer) bij elkaar op te tellen (zie ook paragraaf 2.3.3).
- Voor het uitvoeren van het onderzoek is het gewenst om, in overleg met de epidemiologen, te bepalen hoe groot de steekproef moet zijn voor resultaten met voldoende zeggingskracht. Dit verschilt per doelstelling of vraagstelling (zie paragraaf 4).
- Selectieve non-respons kan de resultaten vertekenen. Een zo hoog mogelijke respons vermindert de kans op vertekening. Eventueel kan voor selectieve non-respons worden gecorrigeerd in overleg met de epidemiologen (zie paragraaf 2.3.5).

Deze aandachtspunten komen ook naar voren in de richtlijnen voor de rapportage van onderzoek naar geluidhinder van Fields et al. (1997). Deze richtlijnen geven aan wat cruciale informatie is om de studies goed te kunnen duiden (zie Tekstbox 3).

*Tekstbox 3. Richtlijnen voor rapportage van studies naar geluidhinder
(Gebaseerd op Fields 1997)*

Bij het publiceren van data uit geluidsstudies, zouden minimaal de volgende zaken vermeld moeten worden:

- ✓ Algemene studiegegevens: jaar, seizoen, plaats, land, doel van de studie, reden voor de keuze van het studiegebied of de studiegebieden, eventueel kaarten van het studiegebied en/of beschrijving van het type gebied.
- ✓ Gegevens over de steekproef: wijze van steekproeftrekking, selectiecriteria, aantal respondenten en het percentage non-respons. In uitgebreide rapportages zouden ook de redenen voor non-respons vermeld moeten worden.
- ✓ Wijze van dataverzameling: methode (schriftelijk/telefonisch), vraagstelling (in exacte bewoordingen), betrouwbaarheidsintervallen en statistische toetsen voor de belangrijkste resultaten.
- ✓ Akoestische gegevens: geluidsbron, geluidmaat en informatie over hoe deze tot stand is gekomen, informatie over welk type geluid is meegenomen (bijvoorbeeld piekgeluiden) en vanaf welk geluidniveau, precisie van het geluidniveau.
- ✓ Blootstelling-responsrelatie in de studie (als dat het doel van de studie was).
- ✓ Analyse van verklarende variabelen: de invloed van andere kenmerken dan het geluidniveau op de geluidhinder. Bijvoorbeeld door de presentatie van de blootstelling-responsrelatie binnen verschillende categorieën van een (mogelijk) verklarende variabele.

2.4 Meten versus berekenen

2.4.1 Gemeten en berekende cijfers naast elkaar

In de praktijk bestaat de indruk dat het percentage berekende hinder meestal lager is dan de hinderpercentages die worden gevonden met enquêtes. Die constatering was de aanleiding voor dit project.

We hebben een aantal publicaties bestudeerd om te bekijken waar dit verschil vandaan kan komen. Tevens hebben we databestanden uit de Gezondheidsenquête van GGD Rotterdam-Rijnmond en GGD Amsterdam geanalyseerd om hier meer inzicht in te krijgen. De details van beide exercities worden beschreven in de achtergronden bij deze handreiking (zie hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5). In het kort zijn de bevindingen als volgt:

- In vragenlijsten worden verschillende vraagstellingen en/of antwoordschalen gebruikt, die leiden tot verschillende definities van ernstige hinder. Hierdoor zijn de cijfers uit de verschillende onderzoeken onderling niet goed vergelijkbaar³.
- Voor de vergelijking van de gemeten hinder met de blootstelling-responsrelaties is het van belang de betrouwbaarheidsintervallen van de schattingen en het tolerantie-interval van de blootstelling-responsrelatie mee te beoordelen. Op die manier kan worden getoetst of het verschil in de gemiddelden statistisch significant is. De onzekerheden worden kleiner door

³ De blootstelling-responsrelaties zijn overigens ook gebaseerd op onderzoeken met verschillende vraagstellingen. De definitie van ernstige hinder is wél geüniformeerd (72% van de antwoordschaal). Er is zodoende ruimte voor verbetering van de blootstelling-responsrelatie.

- voldoende respondenten per gebied en een geluidsschatting op laag aggregatieniveau (bijvoorbeeld 6-positie postcode of beter).
- Het valt op dat de berekende hinder meestal lager is dan de gemeten hinder. Het is niet mogelijk hierover een kwantitatieve uitspraak te doen, omdat de resultaten tussen meten en berekenen niet vergelijkbaar zijn door toepassing van verschillende methodieken.
 - Bij het vergelijken van cijfers wordt vaak niet gekeken of de percentages wel betrekking hebben op dezelfde populatie. Zeker bij het omzetten van absolute aantallen naar percentages of andersom is het van belang om hierover helder te zijn (gehele bevolking of bepaalde leeftijdscategorie, de gehele gemeente of alleen boven een bepaalde geluidbelasting) omdat anders dezelfde percentages tot verschillende absolute aantallen kunnen leiden.
 - Berekeningen met een leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie uit 2009 suggereren dat onder mensen van 25 tot 60 jaar, gemiddeld genomen, het percentage ernstige hinder door geluid van wegverkeer wordt onderschat met de relatie van Miedema en Oudshoorn uit 2001. Deze leeftijdsgroep is over het algemeen de populatie waarbij GGD-en de vraag over hinder van geluid stellen. Het gebruik van een leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie is aan te bevelen. Echter, het verschil tussen de leeftijdsspecifieke relatie en die van Miedema en Oudshoorn wordt mede veroorzaakt door een aantal toegevoegde studies. Hier zou ruimte kunnen zitten voor verbetering van de blootstelling-responsrelatie.
 - In de databestanden van Rotterdam en Amsterdam blijkt geen systematische discrepantie te zitten tussen gemeten en berekende hinder. In Rotterdam is de hinder op grond van berekeningen wel lager dan de gemeten hinder. In Amsterdam hoger, maar dat is niet significant.
 - Gemeten geluidhinder (enquête) heeft een duidelijke samenhang met de geluidbelasting; per toename van de geluidbelasting met 10 dB (L_{den}) neemt het percentage geluidgehinderden met een factor 2 tot 3 toe (zie paragraaf 5.5.).

2.4.2 *Metten en berekenen samengevat*

Zowel het meten als het berekenen van geluidhinder kennen voor- en nadelen en hebben hun eigen sterke kanten en beperkingen. In deze paragraaf wordt dit kort samengevat.

Berekenen

Voor het berekenen van de geluidhinder zijn gegevens nodig van de gemodelleerde geluidbelasting door wegverkeer op een bepaald adres, en een toepasbare blootstelling-responsrelatie. Wanneer gegevens over geluidbelasting voorhanden zijn, kan vrij gemakkelijk voor een groot gebied worden berekend wat de geschatte hinderpercentages zijn op grond van bestaande blootstelling-responsrelaties. Als de geluidhinder voorspeld moet worden in een nieuwe situatie, is het *berekenen* van de geluidhinder de enige optie. Ook voor de geluidskaarten in het kader van EU-verplichtingen dienen berekeningen te worden uitgevoerd. De verplichting geldt alleen voor belangrijke wegen (tenminste 6 miljoen voertuigen per jaar), spoorwegen (tenminste 60.000 treinen per jaar) en luchthavens (tenminste 50.000 vliegbewegingen) en agglomeraties (stedelijk gebied met meer dan 100.000 inwoners). Met ingang van 2012 en vervolgens elke vijf jaar wordt dit aangescherpt tot wegen met tenminste 3 miljoen voertuigen per jaar, spoorwegen met tenminste 30.000 treinen per jaar en agglomeraties met meer dan 100.000 inwoners. De agglomeraties zijn met een ministeriële regeling aangewezen. In de rapportage

van de bijbehorende actieplannen worden meestal alleen de aantallen bewoners genoemd die boven de 55 dB L_{den} of 50 dB L_{night} wonen, omdat dit de minimale vereisten zijn.

Of de internationale blootstelling-responsrelatie voor wegverkeer naar een bepaalde lokale situatie is te vertalen, is de vraag. In elk geval is het van belang te beseffen dat er een ruime onzekerheidsmarge rondom de blootstelling-responsrelatie zit. Zeker in lokale situaties kan het percentage gehinderden afwijken van de berekende waarde. Het weergeven van een betrouwbaarheidsinterval in de rapportages kan helpen om aan te geven dat de schatting een bepaalde spreiding heeft, waarbinnen de hinder waarschijnlijk zal liggen. In situaties waar sprake is van veel ophef over de (te verwachten) geluidssituatie, is de kans groot dat de berekeningen de hinder onderschatten: de blootstelling-responsrelaties zijn niet (goed) toepasbaar voor lokale situaties waar ophef is over de geluidssituatie of in situaties waarin de geluidbelasting is veranderd of gaat veranderen. Gezien de huidige kennis kan in dergelijke situaties alleen met enquêtes een goed beeld van de omvang van de hinder worden verkregen.

Metten (vragenlijsten)

Voor het meten van hinder zijn geen gegevens over de geluidbelasting nodig. De respondenten wordt direct gevraagd naar de mate waarin men gehinderd is door wegverkeer. Hierbij worden dan impliciet ook factoren, anders dan geluid, automatisch meegenomen in het percentage (ernstig) gehinderden. Het is dus een goede manier om inzicht te krijgen in de geluidhinder in een actuele situatie. Bij het uitvoeren van vragenlijstonderzoek is het van belang dat de gegevens minder zeggen bij een (te) kleine steekproef of een hoog percentage non-respons. Een vragenlijstonderzoek is daarnaast een momentopname. In situaties met veel ophef zal er vaak op dat moment als resultaat een hoog percentage gehinderden worden gevonden. Dan is niet duidelijk of dit blijvend is. Een vragenlijstonderzoek leent zich bij herhaald uitvoeren goed voor het monitoren van het aantal gehinderden in de tijd.

Vergelijken van cijfers uit verschillende onderzoeken

Het vergelijken van cijfers over de tijd, verzameld met dezelfde instrumenten, is nuttiger dan het exact bepalen van een verschil met uitkomsten van andere instrumenten. Een reguliere peiling van geluidhinder met dezelfde methode is een goede manier om de vinger aan de pols te houden.

2.5 De invloed van andere factoren dan het geluidniveau

Geluidhinder hangt niet alleen samen met het geluidniveau maar ook met andere factoren, ook wel eens samengevat als 'Hinder is meer dan decibellen'. In deze paragraaf wordt beschreven wat hierover bekend is.

2.5.1 Persoonlijke en contextuele factoren

Naast het geluidniveau zijn andere factoren mede van invloed op de hinder. In de praktijk worden deze factoren vaak, complementair aan 'de decibellen', met 'niet-akoestische' factoren aangeduid. Omdat 'niet-akoestische factoren' een aanduiding is voor een groot aantal uiteenlopende aspecten en daarmee weinig specifiek is, geven we de voorkeur aan de term 'persoonlijke en contextuele

factoren'. Omdat de invloed op geluidhinder én de beïnvloedbaarheid door het beleid verschilt, is het handig om de volgende categorieën te onderscheiden:

- 1) demografische en (sociaal) economische factoren (leeftijd, geslacht, inkomen);
- 2) persoonlijke factoren (angst voor de geluidbron, geluidgevoeligheid, economische binding met de geluidbron);
- 3) sociale factoren (verwachtingen over toekomstig geluid⁴, houding ten opzichte van de geluidbron of de verantwoordelijken, media-aandacht);
- 4) situationele factoren (frequentie van geluidgebeurtenissen, aantrekkelijkheid van de buurt, hoeveelheid groen, afstand tot voorzieningen, aanwezigheid van andere geluidbronnen zoals een vliegveld).

De invloed van deze factoren op het optreden van geluidhinder is complex en moeilijk te voorspellen. In de meeste onderzoeken komt naar voren dat situationele, sociale en persoonlijke factoren meer invloed hebben op hinder dan demografische factoren (Fields et al., 1993). In Tekstbox 4 staat een toelichting op de factoren die vaak genoemd worden als van invloed op de geluidhinder. Bij vliegverkeer spelen mogelijk andere factoren een rol dan bij wegverkeer. Zo lijkt bijvoorbeeld bij wegverkeer angst een minder grote rol te spelen dan bij vliegverkeer (het neerstorten van een vliegtuig).

De situationele en sociale factoren kunnen per geluidsbron verschillen en zijn daarmee te beïnvloeden, wat bij demografische en persoonlijke factoren niet of minder goed mogelijk is. In Tabel 1 is verder uitgesplitst welke aspecten een kleine of grote invloed hebben op geluidhinder. Dit is uitgedrukt als 'de invloed in decibellen' (zie paragraaf 3.4.), dus een vermindering van het hinderpercentage bij gelijkblijvende geluidbelasting. Deze tabel is bedoeld als ordegrootte, want de classificatie klein en groot is arbitrair en inzichten veranderen in de tijd.

Tekstbox 4. Toelichting op een aantal 'persoonlijke en contextuele factoren' (grotendeels gebaseerd op gegevens over vliegverkeer, RIGO/RIVM 2005 en Fields 1993).

DEMOGRAFISCH

Leeftijd

Voor leeftijd wordt in de meeste onderzoeken gevonden dat vooral de middengroepen (grotendeels 30-50 jaar) meer hinder rapporteren ten opzichte van zowel oudere als jongere groepen. Ook in de databestanden van Rotterdam en Amsterdam hebben we dit effect gezien (zie paragraaf 5.3 en voor leeftijd in de blootstelling-responsrelatie paragraaf 3.2).

Sociaal Economische Status (SES), hoge opleiding, hoog inkomen

Er zijn aanwijzingen dat mensen met een hogere SES iets vaker gehinderd zijn. Dit effect is echter klein (Fields 1993). Wij vonden in de databestanden van Amsterdam en Rotterdam inderdaad dat mensen met een hoge opleiding (HBO, WO) iets vaker gehinderd zijn ten opzichte van mensen met lagere opleidingen (zie paragraaf 5.3).

⁴ Verwachtingen over toekomstig geluid bleek bij onderzoek rondom Schiphol naast geluid de belangrijkste factor te zijn die invloed had op de hinder.

Geslacht

De invloed van geslacht op gerapporteerde hinder is niet consistent en mogelijk afhankelijk van het aantal uren dat men thuis is.

PERSOONLIJK

Geluidgevoeligheid

Geluidgevoeligheid wordt op uiteenlopende manieren gemeten. Er zijn verschillende gevalideerde vragenlijsten beschikbaar (Weinstein, 1978; Zimmer and Ellermeijer, 1998; Schütte, Marks, Wenning en Griefahn, 2007). De uitkomsten hiervan hangen in sterke mate samen (White, 2008). Van de veelgebruikte Weinsteinschaal zijn zowel een 10- als 21-item versie beschikbaar. Het gebruik van een enkele vraag naar de mate waarin men zichzelf beschouwt als geluidgevoelig, wordt minder geschikt bevonden (Ellermeijer en Zimmer, 1999). In het algemeen blijkt een derde van de mensen gevoelig en zo'n 12-15% zeer gevoelig voor geluid te zijn (onder anderen Van Kamp et al., 2004; Örström et al., 2006).

Angst voor de bron/voor geluid

Het kan hier gaan om angst voor de bron (bijvoorbeeld neerstorten vliegtuig) of directe angstreacties op geluid (zoals schrikken of bang worden). De directe angstreacties zijn moeilijk te beïnvloeden.

SOCIAAL

Houding ten opzichte van de bron

Uit onderzoek rond Schiphol blijkt dat mensen die een negatieve houding ten opzichte van de luchthaven en/of de overheid hebben, vaker ernstig gehinderd zijn of een klacht indienen over geluid.

Verwachting over toekomstig geluid

De verwachting dat de geluidssituatie in de toekomst zal verslechteren, had in onderzoek rondom Schiphol een grote invloed op de ernstige hinder.

SITUATIONEEL

Aantrekkelijkheid van de omgeving

Als mensen toegang hebben tot een plek die natuurlijk aandoet (aanwezigheid groen) en die uitnodigt om er te blijven en tot rust te komen of om mensen te ontmoeten, is het aantal gehinderden door geluid van wegverkeer lager (onder anderen Gidlöf 2010).

Bezorgdheid over de bron

Soms zijn mensen bezorgd over bepaalde effecten die direct of indirect met het geluid samenhangen, zoals de bezorgdheid over de gezondheidseffecten van geluid of van luchtverontreiniging door verkeer.

Tabel 1. De potentiële invloed (globale ordegraote) van 'persoonlijke en contextuele factoren' aangepast op basis van een presentatie van Lambert (2010, ENNAH Workshop, gebruik met permissie)

	Groote van invloed			
	Geen	Klein	Middel	Groot
Demografische en sociaal-economische factoren				
Geslacht	x			
Leeftijd ⁵		x		
Opleiding		x		
Gezinsgroote		x		
Eigendom van de woning		x		
Woonduur		x		
Tijd thuis doorgebracht		x		
Economische binding met de geluidbron			x	
Eigen gebruik van de geluidbron			x	
Persoonlijke factoren				
Geluidgevoeligheid				x
Negatieve affectiviteit			x	
Vermogen tot coping			x	
Angst voor de bron				x
Belang dat aan de bron wordt gehecht: ✓ economisch belang ✓ imago		x	x	
Gevoel dat het geluid door verantwoordelijken vermijdbaar is				x
Sociale factoren				
Waargenomen beheersbaarheid ✓ voorspelbaarheid ✓ toegang tot informatie ✓ vertrouwen dat autoriteiten in staat zijn het probleem aan te pakken ✓ mogelijkheid (via klachten telefoon bv.) om geluidprobleem aan te kaarten/voorkeuren te uiten			x x	x x
Procedurele rechtvaardigheid			x	
Bezorgdheid over de (bij)effecten van de bron				x
Situationele factoren				
Geluidsisolatie				x
Stille gevel				x
Aanwezigheid van andere geluidbronnen			x	
Geluidgeschiedenis en verwachtingen over toekomstige geluidniveaus			x	
Tevredenheid met de leefomgeving (woning, toegang tot lokale voorzieningen en kwaliteit van de sociale relaties)			x	

⁵ Zie paragraaf 3.2 voor een nadere beschouwing van de leeftijd

Relatie contextuele en persoonlijke factoren en geluidhinder

De invloed van de verschillende factoren op hinder kan op een aantal manieren worden uitgedrukt, namelijk als decibellen (grootte van de invloed), als verklaarde variantie in statistische modellen (individueel niveau) of op populatieniveau (zie verder de achtergronden, paragraaf 3.4). Het feit dat de invloed op verschillende manieren kan worden uitgedrukt, leidt in de discussies over geluidhinder wel eens tot spraakverwarringen. In de literatuur over 'niet-akoestische' factoren gaat het vaak over de invloed op individuen, die vervolgens vertaald wordt naar een uitspraak op populatieniveau. In een veelgeciteerde publicatie van Job (1988) wordt bijvoorbeeld beschreven dat gewoonlijk minder dan 20% van de variatie in de individuele reactie op vliegtuiggeluid op het conto van het geluid zelf kan worden geschreven. Deze uitspraak wordt in het publieke debat nog wel eens foutief geïnterpreteerd zoals: '80% van de factoren die bepalen of geluid ook daadwerkelijk tot geluidhinder leidt, heeft niets met decibellen te maken' (Wikipedia over luchtvaart), 'Perceptie van vliegtuiggeluid is tweederde van het probleem' (uitspraak Cerfontaine in NRC) of 'Geluidhinder zit tussen de oren' (NOS journaal). In de achtergronden illustreren we hoe de invloed van deze factoren op de blootstelling-responsrelatie kan worden weergegeven.

2.5.2 De invloed van een stille gevel

Relatief nieuw is onderzoek naar de invloed van een zogenaamde stille gevel. Dit houdt in dat een woning een kant heeft waar de geluidbelasting duidelijk lager is dan aan de meest lawaaiige kant van de woning. Deze stille gevel geeft mensen de mogelijkheid om zich (tijdelijk) aan het geluid te onttrekken. Als er een stille zijde in of om het huis is met een geluidbelasting minder dan 48 dB, verminderen volgens de recentste inzichten hinder en slaapverstoring door wegverkeer. Öhrström et al. (2006) vonden bijvoorbeeld dat een stille zijde in het huis de hinder met 11-19% verminderde, afhankelijk van de geluidbelasting. Zij vonden bij huizen met een geluidbelasting van 55 dB aan beide zijden ($L_{Aeq,24}$) een even groot percentage gehinderden als in woningen met een geluidbelasting met 60 dB aan de ene kant en een stille zijde aan de andere kant (hinderpercentages respectievelijk 21-22%). Naast een stille kant aan het huis speelt ook de aantrekkelijkheid van de stille kant of binnenplaats een belangrijke rol (zie de vorige paragraaf, situationele factoren).

Onlangs is het Europese project Qside gestart (gecoördineerd door TNO). Het project gaat in op de vraag hoe de geluidbelasting door verkeer kan worden gemodelleerd aan de stille zijde van woningen. Tevens wordt gekeken hoe de invloed van stille gevels en gebieden (zoals binnentuinen en parkjes) op de geluidhinder kan worden meegenomen in het geluidbeleid.

*2.5.3 Aangrijpingspunten om hinder te verminderen**Terugbrengen geluidbelasting*

Het terugbrengen van de geluidbelasting zal in elke groep (en dus in de totale populatie) leiden tot een afname in het percentage gehinderden.

Persoonlijke en contextuele factoren

Het beleid heeft weinig tot geen invloed op (de verdeling van) demografische en persoonlijke factoren. Wel kunnen situationele en sociale factoren een aangrijpingspunt zijn voor vermindering van de hinder. Dit geldt vooral in situaties waar sprake is van een relatief abrupte verandering in het geluidniveau, zoals de opening van een nieuwe weg. Als er in de omgeving van

mensen acute (als contrast van graduele) veranderingen plaatsvinden die direct invloed hebben op geluid, is de kans groot dat de geluidhinder in sterke mate toeneemt, zeker in de eerste periode (Brown en van Kamp, 2009). Als er abrupt meer geluid is na een verandering in de omgeving, zijn er meer gehinderden dan 'normaal' bij dat geluidniveau zou worden verwacht. Als de situatie stabiliseert, lijkt het percentage ernstige hinder weer te zakken naar het percentage dat wordt verwacht bij het betreffende geluidniveau, maar dat kan wel enige jaren duren (Brown en van Kamp 2009).

Persoonlijke en contextuele factoren hebben invloed op de reactie van een persoon op een bepaalde geluidblootstelling. Dat betekent dat de blootstelling-responsrelatie net wat anders kan liggen voor bijvoorbeeld een groep mensen die positief, neutraal of negatief ten opzichte van de aanleg van een bepaalde weg staan. Deze factoren kunnen ook aanknopingspunten zijn voor het geluidbeleid. Het is echter moeilijk te zeggen of daarmee een reductie van de geluidhinder kan worden bereikt, omdat gegevens over voorbeelden hiervan (inclusief evaluatie) nauwelijks voorhanden zijn. Bovendien zal elke situatie verschillen en, zoals gezegd, is de invloed van deze (set aan) factoren complex.

2.5.4 *Invloed van andere factoren samengevat*

Factoren, anders dan het geluidniveau, bepalen mede de reactie op geluid. Deze factoren kunnen worden onderverdeeld in persoonlijke, demografische, situationele en sociale factoren (in dit rapport aangeduid met 'persoonlijke en contextuele factoren'). Uit onderzoek bij vliegverkeer blijkt dat vooral persoonlijke, situationele en sociale factoren een belangrijke rol kunnen spelen. Hoewel minder bekend is over de rol van deze factoren bij hinder door wegverkeer, is het aannemelijk dat ook bij wegverkeer niet alleen het geluidniveau zelf de hinder bepaalt.

Het besef dat factoren, anders dan de geluidbelasting op de gevel van een woning, invloed hebben op geluidhinder, kan een hulpmiddel zijn bij de interpretatie van hindergegevens. Een aantal van de factoren, zoals de persoonlijke kenmerken, zijn niet te veranderen. Andere factoren, zoals verwachtingen en houding ten opzichte van de bron, zijn door beleid en informatie te beïnvloeden en kunnen daarom aanknopingspunten bieden om bij veranderingen in de leefomgeving te zorgen dat het geluid uiteindelijk als minder hinderlijk zal worden ervaren. Het effect hiervan is echter nooit goed geëvalueerd. Bovendien wil het niet zeggen dat hiermee andere, meer directe gezondheidseffecten (zoals effect op de bloeddruk) worden gereduceerd.

2.6 **Aandachtspunten voor GGD-en bij het interpreteren van hindercijfers**

We hebben gezien dat hindercijfers uit verschillende onderzoeken niet altijd vergelijkbaar zijn door bijvoorbeeld afwijkende vraagstelling of onvergelijkbare populaties. Ook is niet elk verschil in percentages ook echt verschillend als betrouwbaarheidsintervallen in beschouwing worden genomen (zowel van de berekende als de gemeten cijfers). De hoofdvraag 'wat verklaart verschillen tussen gemeten en berekende hinder' kan maar voor een klein deel worden beantwoord.

Op grond van de bevindingen zouden we de volgende zaken willen aanbevelen:

- Wees kritisch bij het vergelijken van cijfers uit verschillende onderzoeken. Verschillen in onderzoekopzet, vraagstelling en verwerking van de gegevens kunnen leiden tot een verschil in hinderpercentages.

- Kijk bij het vergelijken van verschillende hindercijfers ook naar de betrouwbaarheidsintervallen van de cijfers.
- Gegevens uit de gezondheidsenquête zijn goed te gebruiken om problemen te signaleren of een vinger aan de pols te houden. Er is namelijk een duidelijke relatie met geluidbelasting. Ook wanneer er geen gegevens over geluidbelasting voorhanden zijn, geeft het monitoren van geluidhinder informatie over de blootstelling aan geluid. Het meten in de tijd met hetzelfde instrument geeft betere aanwijzingen geeft over de problematiek dan het vergelijken van cijfers die afkomstig zijn van verschillende instrumenten (inclusief berekenen).
- Wees ervan bewust dat onderzoeken waarin cijfers worden berekend of waarin cijfers worden gemeten, uiteenlopende doelstellingen hebben. Gemeten cijfers geven informatie over het hier en nu, terwijl berekende cijfers geschikt zijn om situaties of doelstellingen op de lange termijn te beschrijven. Berekende cijfers geven aan wat je op termijn in een algemene populatie zou mogen verwachten op basis van de geluidbelasting. Gemeten cijfers zijn gebaseerd op specifieke omstandigheden en populaties, en zijn daarmee relevanter voor de huidige situatie.
- Het uitzoeken van een onverwacht verschil tussen gemeten en berekende cijfers vereist al snel een extra of nieuwe dataverzameling. De adressen van de respondenten in de lokale monitor zijn veelal niet (meer) bekend zodat een nauwkeuriger geluidkarakterisering niet eenvoudig mogelijk is. Ook het aantal relevante variabelen dat van invloed kan zijn op de relatie tussen blootstelling en geluid en hinder, is in de lokale monitor beperkt. Daardoor kan niet met de al verzamelde data verder worden gekeken naar mogelijke verklaringen voor uitkomsten die niet werden verwacht.
- Als GGD-en zich baseren op de standaardvraagstelling, zijn de gemeten hindercijfers een goed signaal over de hinder in hun gebied in vergelijking met andere regio's. Ernstige hinder vormt een beter signaal dan hinder. Ernstige hinder wordt daarom (inter)nationaal gebruikt om de invloed van geluid te beschrijven.
- De standaardvraagstelling is voor verbetering vatbaar door wegverkeer als antwoordcategorie op te nemen, voordat eventuele meer gedetailleerde vragen over wegverkeer (uitsplitsing naar snelheid van de weg of naar type vervoermiddel) worden gesteld.

2.7 Toekomst

Meten

Het uitvoeren van Gezondheidsenquêtes wordt steeds verder gestandaardiseerd. GGD-en leveren hun data uit de gezondheidsenquête aan bij het RIVM voor opname in een nationaal bestand (zie Tekstbox 2). Als meer gestandaardiseerde gegevens beschikbaar komen, kan worden overwogen om:

- De nationale monitor als een van de bronnen te gebruiken voor het verkrijgen van inzicht in de actuele hinderpercentages onder de Nederlandse bevolking en om een landelijke trend in de hinder door geluid te monitoren.
- Een vorm van 'benchmarking' te introduceren: gezien de bandbreedte van de internationale blootstelling-responsrelatie zou het raadzaam zijn om op grond van een vergelijking tussen gemeenten te kunnen signaleren waar geluidhinder hoger is dan elders. Als alle gegevens volgens de methodiek van de lokale monitor worden verzameld, zijn de gegevens onderling vergelijkbaar en kan een uitspraak worden gedaan of een gemeente positief of negatief afsteekt ten opzichte van het gemiddelde. Idealiter zou daartoe

het jaartal en het seizoen van het afnemen van de vragenlijsten gesynchroniseerd moeten zijn.

Berekenen

De internationaal vastgestelde blootstelling-responsrelatie zou in de toekomst geactualiseerd of verbeterd kunnen worden door nieuwe studies te betrekken. Een leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie uit 2009, op basis van dezelfde onderliggende data uitgebreid met een aantal nieuwe studies, geeft iets andere uitkomsten in de berekende hinder die in het algemeen iets meer in de buurt komen van de gemeten cijfers. Zowel de leeftijdscomponent als de nieuw toegevoegde studies zouden hierbij een rol kunnen spelen. Overigens moet daarbij worden opgemerkt dat de internationaal vastgestelde relatie niet zonder meer te vervangen is door een nieuwe studie, omdat deze is verankerd in de internationale wetgeving.

Geen focus op verschillen tussen berekenen en meten

Los van verbeteringen die mogelijk zijn in meten en berekenen van geluidhinder, is het van belang om het juiste instrument toe te passen; indien mogelijk meten in actuele, lokale situaties en berekenen voor strategische doeleinden. Deze handreiking kan dienen bij uitleg over de toepasbaarheid van de cijfers en het gebruiken van de geschikteste methode.

ACHTERGRONDEN

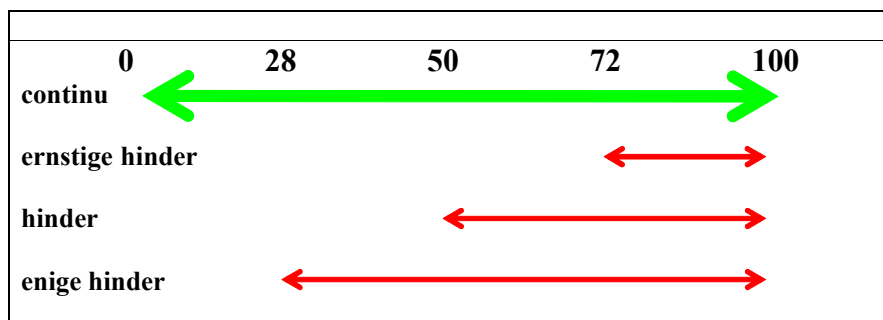
3 Verdieping berekenen en meten geluidhinder

In dit hoofdstuk wordt een aantal zaken uitgediept die in de handreiking worden omschreven. Het betreft een toelichting op de manier waarop het percentage (ernstige) hinder wordt berekend op grond van de standaardvraag (paragraaf 3.1), meer informatie over de steekproefgrootte (paragraaf 3.2) en uitleg over het betrouwbaarheids- en tolerantie-interval (paragraaf 3.3).

3.1 Meten: bepaling van (ernstige) hinder op basis van de standaardvraag

Het is internationaal gangbaar om ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd te definiëren aan de hand van percentages van de antwoordschaal. In dit geval vormen de elf antwoordcategorieën een continue 100%-schaal (zie Figuur 5). Ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd zijn gedefinieerd als 75%, 50% en 28% van de continue schaal. Hinder overlapt dus deels met ernstige hinder, en enigszins gehinderd overlapt deels met ernstige hinder en hinder. De cijfers voor ernstige hinder, hinder en enigszins gehinderd kunnen dus niet opgeteld worden.

Internationaal wordt alleen het percentage ernstig gehinderden gerapporteerd. Daar sluiten we ons in deze handreiking bij aan. Het afkappunt voor ernstige hinder ligt bij 72% van de volledige schaal. Helaas valt de 72% niet precies samen met een antwoordcategorie op de 11-puntsschaal. Daarom worden de scores op de vragenlijsten omgerekend naar (ernstige) hinder volgens vaste formules.



Figuur 5. Afkappunten voor hinder (afgeleid door Miedema, 1992)

Omrekening van antwoordschalen naar een waarde op de continue schaal en percentage hinder

De waarde van een antwoordschaal wordt bepaald door de laagste categorie op de schaal de waarde 0% te geven, en de hoogste 100%. In de 11-puntsschaal heeft dus de bovenkant van de 11e antwoordcategorie (10) de waarde 100%. Voor de tussenliggende categorieën wordt de range op de continue schaal berekend door de schaalscore (x) te delen door het aantal antwoordcategorieën (11) (zie voor een voorbeeld de voetnoot bij antwoordschaal 7 in Tabel 2).

Codering categoriescores ten behoeve van bepalen aandeel hinder

Vervolgens wordt met behulp van de berekende range op de continue schaal (2^e kolom van Tabel 2) gekeken of deze waarde van de antwoordschaal onder of boven het afkappunt voor (ernstige/enige) hinder ligt. Indien de waarde onder het afkappunt ligt, wordt de score 0 procent en als de waarde erboven ligt, wordt de score 100 procent. Voor de antwoordschalen 3, 5 en 7 (op de 11-puntsschaal) geldt dat een afkappunt zich in de bijbehorende range op de continue schaal bevindt. Hiervan wordt een deel van de respondenten meegenomen in de berekende percentages. Als illustratie wordt de berekening van het percentage ernstige hinder weergegeven in Tekstbox 4.

Tabel 2. Omrekening van antwoordcategorieën naar een continue score en het percentage gehinderden.

Categorieën in de antwoordschaal (n = 11)	Range op de continue schaal	Codering categoriescores t.b.v. bepalen aandeel:		
		<i>enigszins hinder</i>	<i>hinder</i>	<i>ernstige hinder</i>
		Afkappunt 28	Afkappunt 50	Afkappunt 72
0	0-9,09	0	0	0
1	9,10-18,18	0	0	0
2	18,19-27,27	0	0	0
3	27,28-36,36	92	0	0
4	36,37-45,45	100	0	0
5	45,46-54,54	100	50	0
6	54,55-63,63	100	100	0
7	63,64-72,73 ⁶	100	100	8
8	72,74-81,81	100	100	100
9	81,82-90,90	100	100	100
10	90,91-100	100	100	100

Tekstbox 4. Rekenvoorbeeld percentage ernstig gehinderden

We gaan uit van een antwoordschaal van 0 tot 10, dus 11 antwoordcategorieën (zie Tabel 2). Het percentage ernstige hinder wordt bepaald uit de scores van de individuele respondenten. De score van een respondent wordt als volgt bepaald:

1. Respondenten in de categorieën 0 t/m 6 krijgen score 0 procent op de variabele 'ernstige hinder'.
2. Respondenten in categorie 7 op een 11-puntsschaal krijgen de score 8 procent op deze variabele (ernstige hinder). Dit komt als volgt tot stand: de antwoordcategorie '7' bevat de referentiewaarde (= 72: ernstige hinder). Het aandeel van categorie 7 dat boven de 72 procent 'scoort' wordt bepaald: de respondenten in categorie 7 krijgen de score $((72,73-72)/(72,73-63,64)) \times 100 = 8$ procent.
3. Respondenten in de categorieën 8, 9 en 10 krijgen de score 100 procent op de variabele 'ernstige hinder'.

⁶ $7/11 \times 100 = 63,64$ en $8/11 \times 100 = 72,73$ (schaalscore (x) gedeeld door aantal antwoordcategorieën (11) * 100%)

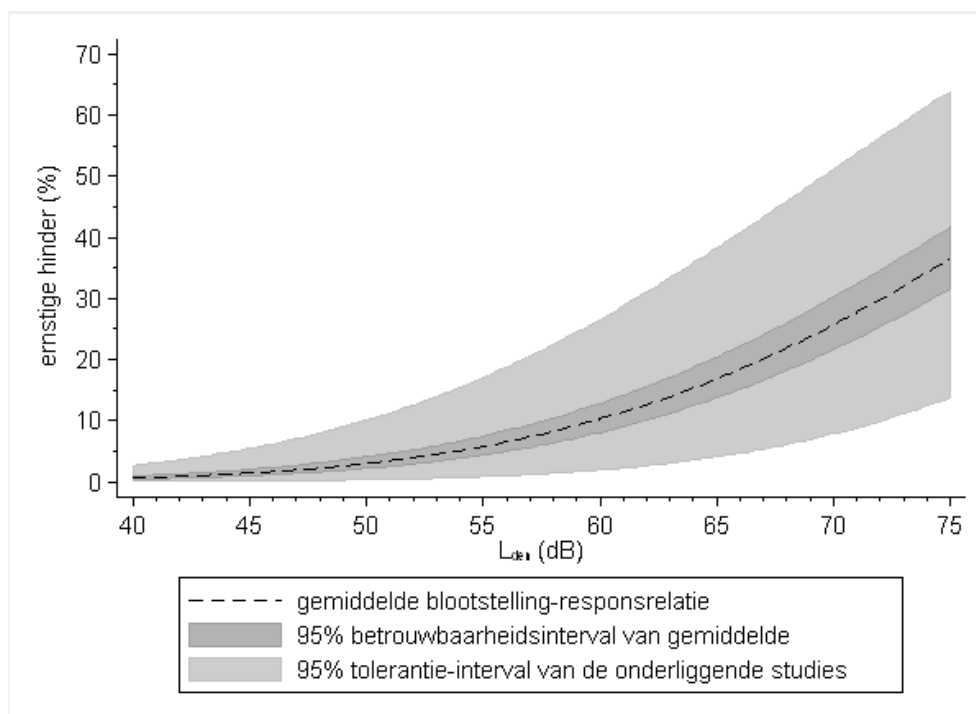
Stel dat bij een enquête twintig mensen antwoord 0-6 hebben ingevuld (score 0 procent), zestig mensen antwoord 7 (score 8 procent) en twintig mensen 8-10 (score 100 procent).

Het percentage ernstig gehinderden bedraagt in dit onderzoek dan 24,8%. Dit percentage komt als volgt tot stand:

$$\begin{array}{r}
 20 \times 0 = \quad 0 \\
 60 \times 8 = \quad 480 \\
 20 \times 100 = \quad 2000 \\
 \text{-----} + \\
 2480 \rightarrow 2480/100 \text{ personen} = 24,8\%
 \end{array}$$

3.2 Berekenen; betrouwbaarheidsinterval en tolerantie-interval

De (verwachte) geluidhinder kan berekend worden op grond van de geluidbelasting en blootstelling-responsrelaties. Deze relaties voorspellen welk percentage van de blootgestelden (ernstig) gehinderd zal zijn bij een bepaalde geluidbelasting. De relaties zijn anders voor verschillende bronnen van geluid, bijvoorbeeld vliegverkeer, railverkeer of wegverkeer. De meest recente blootstelling-responsrelatie voor wegverkeer is afgeleid door Miedema en Oudshoorn (2001), op basis van onderzoeken die in Europa en Canada in de periode 1971-1994 zijn uitgevoerd (zie Figuur 6). Deze relaties worden in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai aanbevolen (EC/DG ENV, 2002).



Figuur 6. De relatie tussen geluid van wegverkeer en het percentage ernstige hinder inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval en tolerantie-interval (bron: Miedema en Oudshoorn, 2001 en Oudshoorn en Miedema, 2006).

Het betrouwbaarheidsinterval van deze relatie zegt iets over de nauwkeurigheid waarmee de gemiddelde relatie is vastgesteld uit de beschikbare gegevens. Met

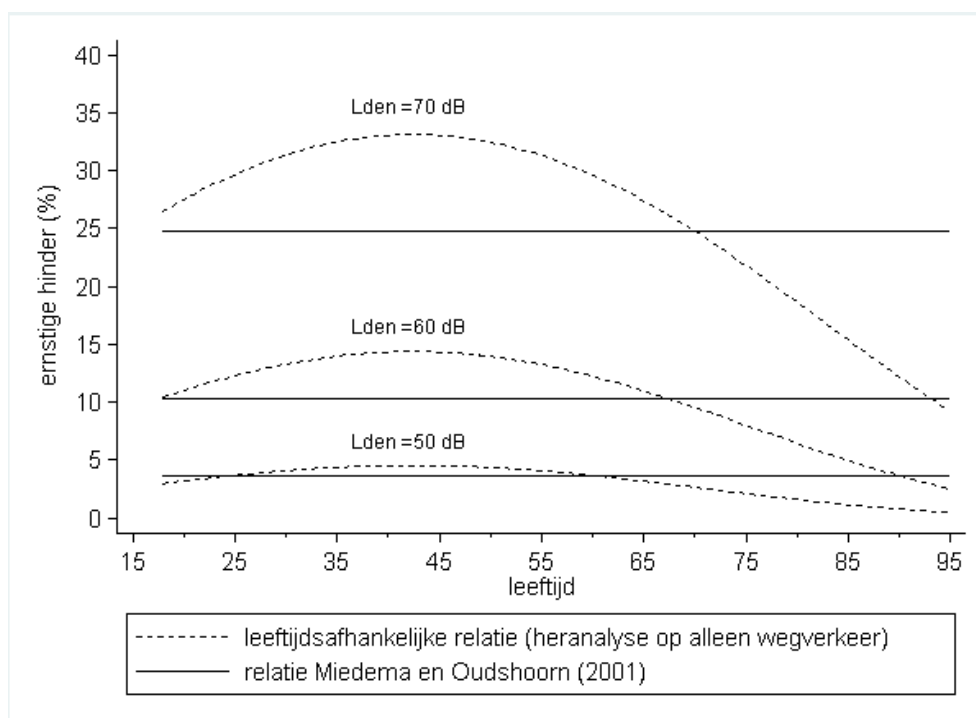
95% zekerheid ligt de gemiddelde relatie, op basis van de gebruikte studies, in dit gebied. Daarnaast is er een tolerantie-interval vastgesteld (Miedema en Oudshoorn, 2006). Het tolerantie-interval is gebaseerd op de variatie in resultaten die tussen studies optreden. Het interval geeft aan waarbinnen de blootstelling-responsrelaties van 95% van de studies liggen. Sommige studies zijn hoger uitgevallen dan de gemiddelde relatie, andere lager. Het tolerantie-interval geeft inzicht in hoeveel de studies waarop de gemiddelde relatie is gebaseerd, van elkaar verschillen (qua relatie tussen geluidniveau en ondervonden hinder). Het tolerantie-interval geeft aan tussen welke percentages de resultaten van een nieuwe studie (bij een zeker geluidniveau) met een kans van 95% zullen liggen (zie Figuur 6).

Het verschil tussen betrouwbaarheidsinterval en tolerantie-interval laat zich wellicht iets makkelijker illustreren door te vergelijken met de gegevens die het consultatiebureau verzamelt over het gewicht van kinderen. Het gemiddelde gewicht van kinderen van een bepaalde leeftijd is nauwkeurig vast te stellen. Het is een eenduidig gegeven, gebaseerd op grote aantallen. Het betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is dus klein. Omdat het betrouwbaarheidsinterval klein is door de grote aantallen, liggen individueel echter bijna alle waarden van het gewicht van kinderen onder of boven dit betrouwbaarheidsinterval. Dat wil echter niet zeggen dat alle kinderen met een gewicht dat niet binnen het betrouwbaarheidsinterval past, als 'afwijkend' worden bestempeld. Dat zal pas bij zeer grote verschillen van het gemiddelde het geval zijn. In allerlei data wordt bijvoorbeeld gebruikgemaakt van een 5 en 95 percentiel (de waarde waar 5% respectievelijk 95% van de waarnemingen onder liggen). Deze percentielen als houvast voor het beoordelen van wat afwijkend is, zijn vergelijkbaar met een tolerantie-interval.

Leeftijd in de blootstelling-responsrelaties

De blootstelling-responsrelaties voor weg-, rail- en vliegverkeer van Miedema en Oudshoorn hebben betrekking op de gehele volwassen populatie (18 tot circa 100 jaar). De standaardvraag naar hinder door geluid wordt door GGD-en meestal toegepast in de Lokale Monitor voor volwassenen (in de regel van 18 tot 65 jaar). Recent heeft TNO in een gezamenlijk bestand van weg-, rail- en vliegverkeer de invloed van de leeftijd op het percentage gehinderden onderzocht (Van Gerven et al., 2009). Hierbij bleek dat bij eenzelfde geluidbelasting mensen tussen de 40 en 50 jaar vaker hinder rapporteren dan mensen in andere leeftijdsgroepen. Ten behoeve van dit rapport is door TNO de invloed van de leeftijd nogmaals bekeken, maar dan alleen voor geluid van wegverkeer (zie Figuur 7).

Hieruit komt de aanwijzing naar voren dat de relatie van Miedema en Oudshoorn uit 2001 – gemiddeld genomen – het percentage ernstige hinder door geluid van wegverkeer onderschat onder mensen van 25 tot 60 jaar. Deze leeftijdsgroep is de populatie waarbij GGD-en de vraag over hinder van geluid meestal stellen. Overigens zijn in de blootstelling-responsrelatie van Van Gerven (2009) vijf extra studies meegenomen ten opzichte van het aantal studies waarop Miedema en Oudshoorn (2001) hun relatie baseerden. Het verschil in Figuur 7 wordt zowel door een verschil in het aantal beschouwde studies als door de leeftijd veroorzaakt.



Figuur 7. De relatie tussen de leeftijd en het percentage ernstige hinder bij 50, 60 en 70 dB L_{den} en het percentage volgens Miedema en Oudshoorn (2001).

In hoofdstuk 4 en 5 hebben we naast de blootstelling-responsrelatie van Miedema en Oudshoorn (2001) ook gebruik gemaakt van deze leeftijdsafhankelijke blootstelling-responsrelatie (heranalyse van alleen wegverkeer uit de studie van Van Gerven et al., 2009). In combinatie met de leeftijdsopbouw van Nederland is het percentage (ernstige) hinder berekend voor de leeftijdsgroep 18 tot 65 jaar en voor de leeftijdsgroep 18 tot 100 jaar. Beide uitkomsten zijn naast gemeten percentages gezet.

3.3 Invloed van het niet goed schatten van de blootstelling (misclassificatie)

Voor onderzoek met routinematig verzamelde gegevens, zoals de lokale monitor, geldt vaak dat van een respondent alleen (een deel van) de postcode bekend is en niet het volledige adres. In plaats van de geluidbelasting op het woonadres vast te stellen, kan in dit geval als alternatief de gemiddelde geluidbelasting van het postcodegebied worden genomen. Het toewijzen van de gemiddelde blootstelling van een postcodegebied kan echter leiden tot het verkeerd schatten van de blootstelling (misclassificatie). Iemand kan bijvoorbeeld in een relatief laagbelast gebied wonen en een geluidbelasting van 50 dB krijgen toegekend (het gemiddelde van dat gebied), terwijl deze persoon juist net aan de drukke weg woont die door dat gebied loopt, waar de geluidbelasting 60 dB bedraagt. Het effect hiervan kan verschillende uitwerkingen hebben:

- Wanneer binnen een steekproef veel misclassificatie te vinden is, kan dat ertoe leiden dat een blootstelling-responsrelatie minder goed zichtbaar wordt.
- Indien de misclassificatie vooral in één richting werkt, kan het ook leiden tot over- of onderschatting van het effect van een bepaalde blootstelling. In het voorbeeld van een drukke weg door een relatief stil gebied zou het zo kunnen zijn dat mensen die aan de drukke weg wonen, zijn oververtegenwoordigd.

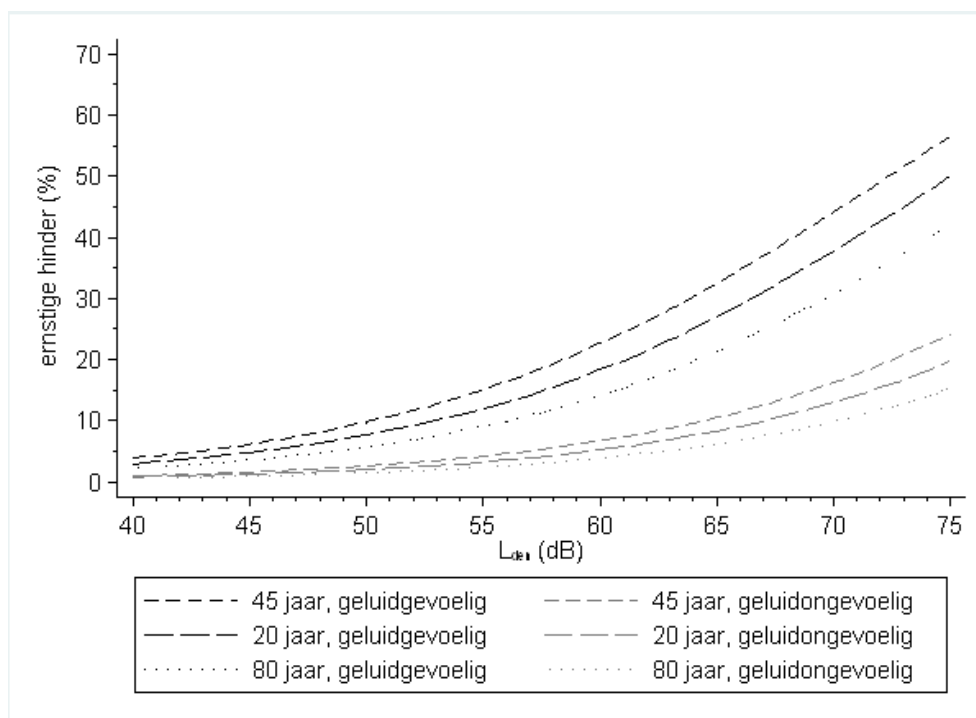
De ernstige hinder die zij rapporteren, wordt dan toegewezen aan een geluidbelasting van 50 dB. De hinder van 50 dB wordt dan uiteindelijk overschat, omdat zij eigenlijk aan 60 dB zijn blootgesteld.

3.4 Het weergeven van de invloed van 'persoonlijke en contextuele factoren'

De gemiddelde blootstelling-responsrelatie tussen geluid en geluidhinder (zie Figuur 1 in de hoofdtekst) is het resultaat van een groot aantal individuele curven. Hierop hebben naast geluid verschillende factoren invloed. De invloed van deze persoonlijke en contextuele factoren kan op groepsniveau worden uitgedrukt in decibellen, verklaarde variantie (individueel niveau) en als populatie attributieve fractie (PAF). In deze paragraaf wordt op ieder van deze methoden nader ingegaan.

Uitgedrukt als decibellen

Figuur 8 schetst een beeld van de invloed van 'niet-akoestische' factoren op de relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige hinder. In het voorbeeld worden de blootstelling-responsrelaties weergegeven voor groepen gebaseerd op leeftijd en geluidgevoeligheid. Uit dit voorbeeld kan worden afgeleid dat de invloed van leeftijd (tussen 45 en 80 jarigen) ongeveer overeenkomt met een horizontale verschuiving van de gemiddelde blootstelling-responsrelatie met 6 dB. Voor geluidgevoeligheid (van uiterst gevoelig naar uiterst ongevoelig) is de verschuiving ongeveer 15 dB. Op deze wijze kan de (maximale) invloed van persoonlijke en contextuele factoren uitgedrukt worden in een akoestische eenheid.



Figuur 8. Blootstelling-responsrelaties voor subgroepen van leeftijd en geluidgevoeligheid, gebaseerd op gegevens van Van Gerven (2006) en Miedema (2004).

Uitgedrukt als 'Verklaarde variantie'

In de literatuur wordt vaak aangegeven hoeveel procent van de variantie in een model wordt verklaard door persoonlijke en contextuele factoren. De hoeveelheid verklaarde variantie heeft vooral een statistische betekenis en is een indicatie van de betrouwbaarheid van de individuele voorspelling. Hoe hoger de verklaarde variantie, hoe beter het model in staat is de werkelijke waarden te voorspellen op grond van de factoren in het model. In de literatuur wordt globaal gevonden dat geluid 10-30% en de persoonlijke en contextuele factoren 30-40% van de verschillen tussen individuen kunnen verklaren. Een deel van de verschillen tussen mensen (circa 30%) is niet te duiden (onverklaarde variantie).

De hoeveelheid verklaarde variantie is geen indicatie voor de grootte van het effect of voor de invloed die een factor op de omvang van het percentage ernstige hinder kan uitoefenen. Kortom, als in een model 30% van de variantie verklaard wordt door een bepaalde factor, wil dat niet zeggen dat 30% van de hinder is toe te schrijven aan deze factor.

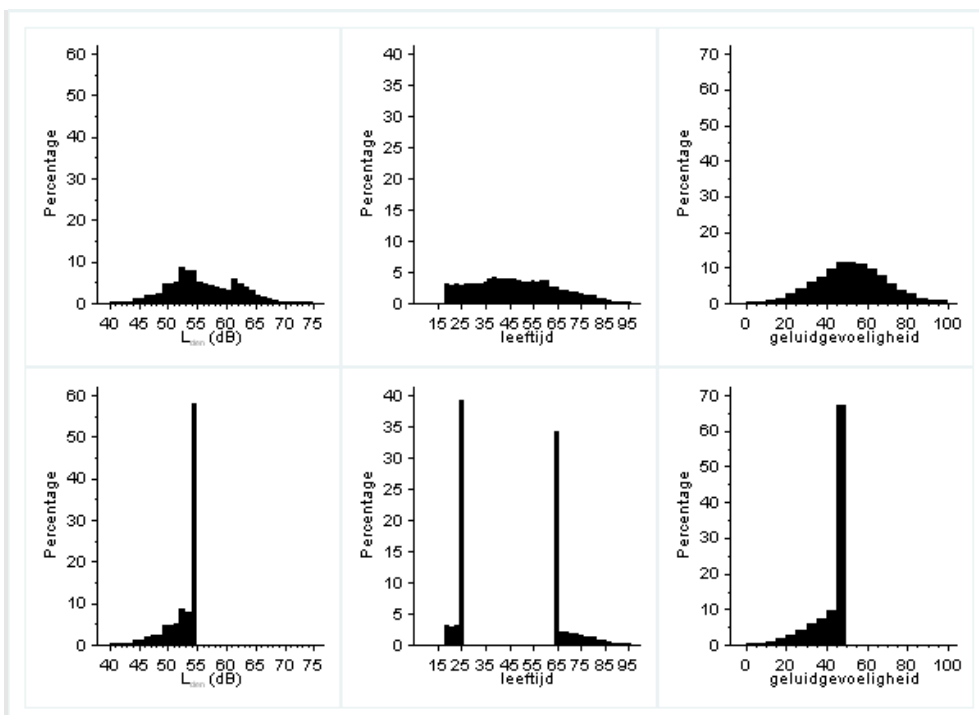
Uitgedrukt als Populatie attributieve fractie (PAF)

De populatie attributieve fractie (PAF), (ook wel de 'potential impact fraction' (PIF) genoemd) is een relevante maat om weer te geven hoe de omvang van de ernstige hinder in een populatie kan worden beïnvloed. Deze maat is gebaseerd op de verdeling van de factor in de populatie. Dit laat zich het best uitleggen door een voorbeeld te beschrijven. Zie hieronder.

Voorbeeld

In een onderzoek onder een groot aantal volwassen respondenten bedraagt het percentage ernstige hinder 8,5%. In het betreffende onderzoek zijn relaties afgeleid voor geluid, leeftijd en geluidgevoeligheid (zie Figuur 8 in de handreiking). Deze factoren zijn in de onderzoekspopulatie verdeeld zoals weergegeven in Figuur 9, bovenste rij. De verdeling van L_{den} komt overeen zoals die in een stedelijke omgeving kan worden aangetroffen. De leeftijdsverdeling komt overeen met die van Nederland. De mate van geluidgevoeligheid is een normale verdeling (op een schaal van 0 tot 100, uiteenlopend van uiterst geluidongevoelig tot uiterst geluidgevoelig).

Stel dat we in staat zouden zijn de verdelingen van deze factoren afzonderlijk te beïnvloeden. Woningen met een geluidbelasting van meer dan 55 dB krijgen een geluidniveau van 55 dB. Inwoners tussen de 25 en 45 jaar worden 25 en inwoners tussen de 45 en 65 worden 65 jaar oud. En mensen met een geluidgevoeligheid van 51-100 krijgen een gemiddelde geluidgevoeligheid (50). Deze nieuwe verdelingen zijn op de onderste rij van Figuur 9 weergegeven. In de situatie met de aangepaste geluidverdeling daalt, volgens de afgeleide blootstelling-responsrelaties, het percentage ernstige hinder dan van 8,5 naar 5,9 (-31%). De nieuwe leeftijdsverdeling leidt tot een daling van 8,5 naar 7,7% (-10%); de aanpassing van de verdeling van de geluidgevoeligheid resulteert in een percentage van 7,5% (-11%).



Figuur 9. Verdeling geluidmaat, leeftijd en hinder in de onderzoekspopulatie.

De PAF drukt uit hoeveel van de oorspronkelijke hinder op het conto van de geluidblootstelling komt. Zou de populatie uit alleen mensen bestaan die uiterst geluidongevoelig (0) zijn, dan daalt het percentage ernstige hinder van 8,5% naar 4,1% (-52%). De PAF voor geluidgevoeligheid bedraagt dus 52%. Zouden we in staat zijn beide interventies (naar 40 dB en alleen maar geluidongevoeligen) tegelijkertijd uit te voeren, dan daalt het percentage ernstige hinder tot 0,7%: een reductie van 92%. De PAF kan maximaal 100% zijn. De PAF van alleen geluid (82%) en alleen geluidgevoeligheid (52%) kunnen dus niet bij elkaar worden opgeteld.

Verdere informatie en voorbeelden

- o Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002. RIVM Rapport 630100001/2004 Breugelmans, Van Wiechen, Van Kamp, Heisterkamp, Houthuijs.
- o Schiphol beleefd door omwonenden RIGO, RIVM, 2005 (eventueel de link toevoegen).
- o L.M. Bouter, M.C.J.M. van Dongen, G.A. Zielhuis, Epidemiologisch onderzoek: opzet en interpretatie (2008)

4 Gepubliceerde hindercijfers op een rij

Bij aanvang van het project is een overzicht gemaakt van een aantal hindercijfers uit verschillende bronnen. Berekende hinderpercentages op grond van de gangbare blootstelling-responsrelatie zijn vergeleken met gemeten percentages en er is bekeken hoe deze tot stand zijn gekomen. Onder andere is nagegaan wat de vraagstelling was, hoe de hinderpercentages zijn berekend, en hoe de betrouwbaarheidsintervallen eruitzien. Voor uitleg over berekeningswijze (syntax) en betrouwbaarheidsinterval zie hoofdstuk 3. De betrouwbaarheidsintervallen werden niet in alle bestudeerde rapporten gegeven en zijn daarom door ons berekend. Tevens zijn aan enkele tabellen berekende percentages toegevoegd op grond van een leeftijdsspecifieke blootstelling-respons curve uit 2009 (zie paragraaf 3.2.), om te bezien welke hinderpercentages daarmee worden berekend. De bevindingen worden in dit hoofdstuk weergegeven.

4.1 Hinder MSR (berekend) en Provincie Zuid-Holland (gemeten)

Bevindingen uit deze paragraaf

- In het licht van de betrouwbaarheidsintervallen lijkt er in Rijnmond inderdaad een verschil tussen berekende en gemeten hinder (gemeten is hoger), in Rotterdam is dit verschil er niet of is dit beperkt.
- Het verschil neemt af wanneer een leeftijdsafhankelijke blootstelling-responsrelatie wordt gebruikt.
- Gezien de afwijkende vraagstelling is het verstandig terughoudend te zijn met de interpretatie van de verschillen tussen de berekende en gemeten hinder. Daarnaast komen de afkappunten voor ernstige hinder niet overeen met de gebruikte afkappunten in de blootstelling-responsrelaties.

Welke gegevens zijn naast elkaar gezet?

Voor Rotterdam en de regio Rijnmond zijn gegevens beschikbaar uit een rapport over geluidbelasting van Milieumonitoring Stadsregio Rotterdam (MSR). In 2008 is door hen een rapport gepubliceerd met berekende hinderpercentages (MSR, 2008). De provincie Zuid-Holland voert elke twee à drie jaar een milieubelevingsonderzoek (MBO) uit in de provincie. Daaruit zijn gegevens beschikbaar over geluidhinder.

Verskil berekend-gemeten

In het MSR-rapport uit 2008 is het percentage gehinderden berekend op basis van de geluidbelasting en de relatie van Miedema en Oudshoorn (2001). Op basis van gegevens uit het rapport is het 95% betrouwbaarheidsinterval van deze berekening geschat. Dat blijkt rond de 2% te liggen. Ook voor de hindercijfers uit het Milieubelevingsonderzoek (MBO) van de provincie Zuid-Holland (Prov ZH, 2005) is een betrouwbaarheidsinterval geschat (zie Tabel 3). Op basis van deze intervallen blijkt er in Rotterdam geen significant verschil tussen de gemeten en berekende ernstige hinder te bestaan, ook al ligt de gemeten hinder circa 50% hoger. In de Rijnmond is het gemeten percentage ernstige hinder circa tweemaal zo hoog als het berekende percentage. Het gemeten percentage is statistisch significant verhoogd ten opzichte van het gemiddelde percentage dat met de blootstelling-responsrelatie wordt voorspeld. Let wel dat het tolerantie-interval (zie vorige paragraaf) veel ruimer is dan het betrouwbaarheidsinterval. Rijnmond valt wel binnen het tolerantie-interval.

We hebben het percentage ernstige hinder herberekend op basis van de leeftijdsafhankelijke blootstelling-responsrelatie van Van Gerven et al. (2009, zie paragraaf 3.2.) in combinatie met de leeftijdsverdeling van de Nederlandse bevolking van achttien jaar en ouder. Dat levert een hoger percentage op, waardoor de berekende cijfers opschuiven naar de gemeten cijfers (zie Tabel 3, 3^e kolom).

Tabel 3. Berekende en gemeten ernstige hinder door wegverkeer in Rijnmond en Rotterdam, met betrouwbaarheidsinterval (btbhi) (bron: MSR, 2008 en Provincie Zuid Holland, cijfers 2008), en herberekend op basis van de leeftijdsspecifieke curve (Van Gerven, 2009).

	<i>Berekend MSR-rapport</i>	<i>Milieubelevingsonderzoek Zuid-Holland (gemeten)⁷</i>	<i>Herberekening (met 95% btbhi)</i>
Rijnmond	6,1 (4,7 - 7,9)	12 (8,7-15,6)	7,7 (5,7 - 9,7)
Rotterdam	7,9 (6,2 - 9,9)	12 (7,5-17)	9,3 (7,3 - 11,3)

Vraagstelling

In 2008 luidde de vraagstelling in het MBO 'In welke mate hindert, stoort of ergert u zich aan dit geluid van wegverkeer' met als antwoordcategorie een 10-puntsschaal van 1 (helemaal niet gehinderd) tot 10 (heel erg gehinderd). Aan de vraag gingen twee andere vragen over wegverkeergeluid vooraf, waarvan de eerste luidde 'Hoe vaak heeft u in uw directe woonomgeving last van geluid van wegverkeer' met als antwoordcategorie een 4-puntsschaal van 1 (vaak) tot 4 (zelden tot nooit). Respondenten die een 4 (zelden tot nooit) scoorden, werden niet doorgeleid naar de vraag over de mate van hinder. Ernstige hinder is gedefinieerd als een score van 8 of hoger op een schaal van 1-10.

De procedure noch de vraagstelling komt in 2008 overeen met de gestandaardiseerde (ISO) vraag over hinder (zie paragraaf 2.3.1) waarbij geen filter wordt gebruikt en de antwoordcategorieën een 5- of een 11-puntsschaal zijn. De gevonden hinderpercentages kunnen dus eigenlijk niet goed vergeleken worden met ander onderzoek.

4.2 Hinder MSR (berekend) versus enquêtes GGD (gemeten)

Bevindingen uit deze paragraaf

- Doordat het percentage gehinderden vanuit de enquêtes niet op een standaardmanier wordt bepaald, kunnen de cijfers niet rechtstreeks vergeleken worden. Bij de standaardberekeningswijze is het verschil tussen gemeten en berekende hinder kleiner.
- Door verwijzing naar verschillende bronnen van wegverkeer (bij de berekening wordt uitgegaan van totaal wegverkeer en bij de enquêtes is een uitsplitsing gemaakt naar binnenstedelijk/buitenstedelijk) is vergelijking sowieso niet goed mogelijk.

⁷ Geschat; er is niet precies duidelijk op hoeveel respondenten de cijfers uit 2008 zijn gebaseerd. Op grond van het tabellenboek zijn we uit gegaan van n=363 voor Rijnmond en n=187 voor Rotterdam. Deze kleine aantallen hebben consequenties voor de betrouwbaarheidsintervallen, maar de vraag in hoeverre de woonadressen van deze kleine aantallen representatief zijn voor de verdeling van de geluidbelasting in bijv. geheel Rotterdam is lastig te beantwoorden.

Welke gegevens zijn naast elkaar gezet?

In het MSR-rapport (MSR, 2008) (zie ook paragraaf 4.1) wordt gerapporteerd over hinder en ernstige hinder door wegverkeer. Net als in de vorige paragraaf is op basis van de gegevens in het rapport het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald. Verder zijn gegevens gebruikt uit de gezondheidsenquête van de GGD-en, die gelijktijdig in het najaar van 2008 in Rotterdam en Amsterdam is uitgevoerd. (zie Tabel 4). In de enquête van de GGD wordt gevraagd naar hinder door wegverkeer op wegen onder de 50 km/uur en op wegen boven de 50 km/uur. Voor de berekening van de hinder door beide is de maximale score van beide antwoorden als uitgangspunt genomen.

Tabel 4. Hinder door wegverkeer MSR 2008 (berekend) en GGD-en 2008 (gemeten), en herberekend op grond van de leeftijdsspecifieke curve, alle met 95% betrouwbaarheidsinterval (btbhi).

		Berekend MSR (2008)	Gemeten GGD (2008)	Herberekening
Rotterdam	Ernstige hinder	7,9 (6,2-9,9) ⁸	10,0 (8,8 - 11,3)	9,8 (7,8-11,8)
	Hinder	19,1 (15,9-22,7)	26,8 (25,1 - 28,5)	23,2 (20,0-26,8)
Amsterdam	Ernstige hinder	7,2 (5,6-9,2)	5,8 (4,8 - 6,7)	9,4 (7,4-11,4)
	Hinder	17,2 (11,1-20,7)	17,0 (15,4 - 18,6)	22,3 (17,2-25,8)

Net als in de vorige paragraaf is een herberekening gedaan van de (ernstige) hinder op grond van de gegevens uit MSR, maar dan met de leeftijdsspecifieke curve van Van Gerven (2009) (zie paragraaf 3.2). Het berekende percentage hinder is dan hoger.

4.3 Ernstige hinder door wegverkeer (landelijke cijfers) volgens drie methoden

Beschouwing

- In de methodiek Nederlandse regeling Omgevingslawaai wordt pas vanaf 55 dB L_{den} de omvang van de ernstige hinder berekend. Dit kan (onbedoeld) een onderschatting geven van het aantal gehinderden. Bij berekeningen met de Nederlandse regeling Omgevingslawaai is het belangrijk hiermee rekening te houden.
- Bij het vertalen van een percentage naar absolute aantallen is het belangrijk zich te realiseren op welke populatie het percentage betrekking heeft (totale bevolking, 18 jaar en ouder, volwassenen tussen de 18 en 65 jaar).

Welke gegevens zijn vergeleken?

Aan de hand van de blootstellingsgegevens van het rapport 'Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer' (Van Kempen en Houthuijs, 2008) is het percentage ernstige hinder op een aantal (gangbare) manieren berekend:

⁸ Het betrouwbaarheidsinterval is niet vermeld in het MSR rapport, maar voor de vergelijkingen berekend op grond van de gegevens in het MSR rapport

- A. volgens blootstelling-responsrelatie van Miedema en Oudshoorn (2001), ook gebruikt in het rapport van Van Kempen en Houthuijs;
- B. volgens de Regeling Omgevingslawaai;
- C. volgens de methodiek van de Gezondheids Effect Screening (GES) Stad en Milieu (GES, 2010).

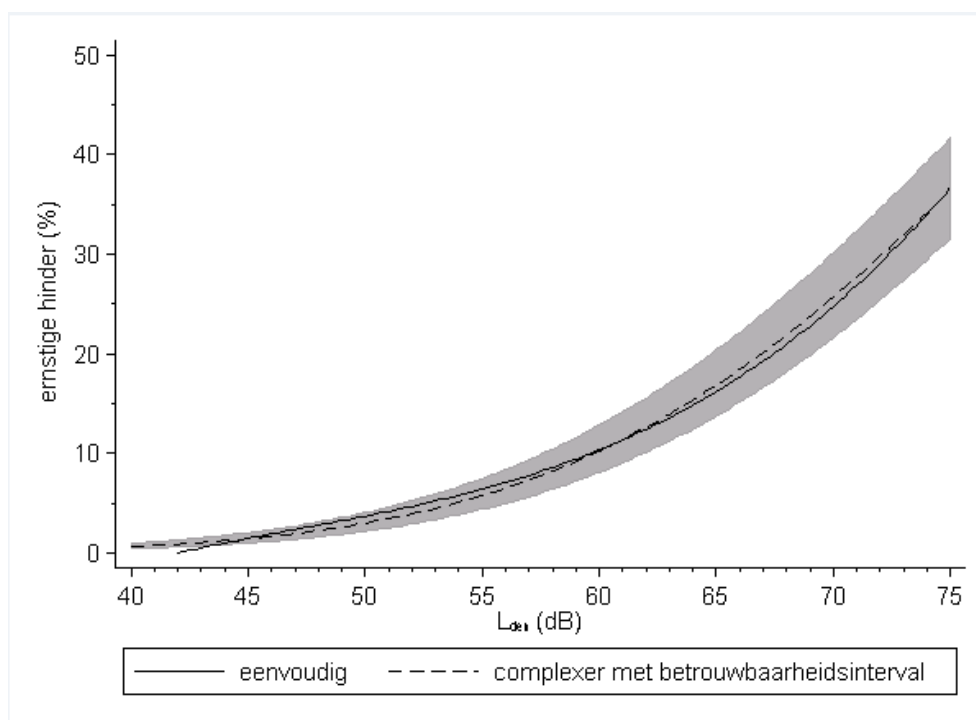
Toelichting op de gebruikte blootstellingsverdeling en blootstelling-responsrelatie

In de bijlage van het rapport van Van Kempen en Houthuijs (2008) is een blootstellingsverdeling van de geluidbelasting van wegverkeer voor geheel Nederland in L_{den} opgenomen. Deze verdeling is in Tabel 5 (bewerkt) weergegeven; de grenzen van de klassen zijn aangepast van 1 dB naar 5 dB, om ze vergelijkbaar te maken met de klassen in de Regeling Omgevingslawaai en de GES.

Tabel 5. Blootstellingsverdeling van de Nederlandse bevolking aan geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen (bron van Kempen en Houthuijs, 2008).

Blootstellingsklassen (L_{den})	Inwoners per klasse als fractie van totaal
< 40 dB	0,0368
40-44 dB	0,0863
45-49 dB	0,2386
50-54 dB	0,2929
55-59 dB	0,2147
60-64 dB	0,1037
65-69 dB	0,0246
70-74 dB	0,0024
≥ 75 dB	0,0000
Totaal	1,0000

In Miedema en Oudshoorn (2001) zijn de resultaten van verschillende studies naar hinder gecombineerd. De blootstelling-responsrelaties voor enigszins gehinderd, gehinderd en ernstig gehinderd, zijn met een complexere statistische techniek afgeleid, waarvan ook het betrouwbaarheidsinterval van de relatie kan worden weergegeven. De complexe relaties worden benaderd met een eenvoudiger formule. Daarbij is het percentage ernstige hinder bij 42 dB door 0 geforceerd (zie Figuur 10). Er zijn verschillen tussen de eenvoudige en complexe relatie, maar deze zijn voor ernstige hinder door wegverkeergeluid klein.



Figuur 10. Blootstelling-responsrelatie tussen geluid van wegverkeer (L_{den}) en het percentage ernstige hinder (bron: Miedema en Oudshoorn, 2001).

Ad A) Rapport Van Kempen en Houthuijs (2008)

Wanneer de blootstellingsgegevens van de Nederlandse bevolking (Tabel 5) worden gecombineerd met de (eenvoudige) blootstelling-responsrelatie, wordt een percentage ernstig gehinderden berekend van 5,7% (zie Tabel 6). In het rapport van Van Kempen en Houthuijs werd een percentage van 5,1% berekend (95% betrouwbaarheidsinterval 3,8 - 6,5%), op grond van de complexere relatie en op basis van de fractie inwoners in 1 dB blootstellingsklassen.

Tabel 6. Blootstellingsverdeling aan geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen en het percentage ernstige hinder in de Nederlandse bevolking (bron Van Kempen en Houthuijs, 2008).

Blootstellingsklassen (L_{den})	Inwoners per klasse als fractie van totaal	Percentage ernstige hinder volgens eenvoudige formule	Percentage van totale bevolking per klasse
< 40 dB	0,0368	-	-
40-44 dB	0,0863	0,25	0,02
45-49 dB	0,2386	2,54	0,61
50-54 dB	0,2929	4,93	1,44
55-59 dB	0,2147	8,16	1,75
60-64 dB	0,1037	12,96	1,34
65-69 dB	0,0246	20,08	0,49
70-74 dB	0,0024	30,25	0,07
\geq 75 dB	0,0000	36,71	0
Totaal	1,0000	-	5,73

Ad B) Regeling Omgevingslawaai

De eenvoudige blootstelling-responsrelatie wordt toegepast in het kader van de Europese Richtlijn Omgevingslawaai. In Tabel 7 worden de blootstelling-responsrelaties beschreven zoals die in de Nederlandse regeling Omgevingslawaai worden toegepast. Onder Tabel 7 staat de formule van de eenvoudige blootstelling-responsrelaties voor het percentage gehinderden en het percentage ernstig gehinderden. Omdat in de Richtlijn Omgevingslawaai pas gerapporteerd hoeft te worden vanaf 55 dB L_{den} en 50 dB L_{night} , beginnen de blootstelling-responsrelaties in de tabellen 7 en 8 bij 55 dB L_{den} en 50 dB L_{night} . Zoals uit Figuur 10 blijkt, treedt ook onder de 55 dB L_{den} nog ernstige hinder op.

Tabel 7. Blootstelling-responsrelaties voor verkeerslawaai; hinder door wegverkeer (bron: http://www.st-ab.nl/wettennr05/0502-021_Regeling_omgevingslawaai.htm).

Geluidbelastingsklasse	Gehinderden ¹	Ernstig gehinderden
55 – 59 dB	21	8
60 – 64 dB	30	13
65 – 69 dB	41	20
70 – 74 dB	54	30
75 dB of hoger	61	37

¹ Dit zijn de percentages bij 57,5; 62,5; 67,5; 72,5 en 75 dB L_{den} van de formules:
 Ernstige hinder = $\text{round}(9.868 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 42)^3 - 1.436 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{den} - 42)^2 + 0.5118 \cdot (L_{den} - 42); 2)$ if $L_{den} \geq 42$ & $L_{den} < 100$
 Hinder = $\text{round}(1.795 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 37)^3 + 2.110 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{den} - 37)^2 + 0.5353 \cdot (L_{den} - 37); 2)$ if $L_{den} \geq 37$ & $L_{den} < 100$

Wanneer de blootstellingsgegevens uit Tabel 6 worden gecombineerd met de blootstelling-responsrelatie uit Figuur 10, wordt Tabel 8 verkregen.

Tabel 8. Percentage ernstige hinder volgens de methodiek Nederlandse regeling Omgevingslawaai.

Blootstellingscategorie L_{den}	Inwoners per klasse als fractie van totaal	Percentage ernstige hinder volgens tabel omgevingslawaai	Percentage van totale bevolking per klasse
55-59 dB	0,2147	8	1,72
60-64 dB	0,1037	13	1,35
65-69 dB	0,0246	20	0,49
70-74 dB	0,0024	30	0,07
≥ 75 dB	0,0000	37	0
Totaal	0,3454	-	3,63

De methodiek regeling Omgevingslawaai leidt dus tot 3,6% ernstige hinder wanneer het uitgangspunt de gehele volwassen populatie zou zijn (460.000 mensen); onder de 55 dB wordt dan impliciet verondersteld dat het percentage ernstige hinder 0% is. De beschouwde populatie is slechts circa 35% van de totale populatie in Nederland. Het percentage ernstige hinder in deze groep is 10,5% (=3,63% gedeeld door 0,345). De 460.000 is 28% minder dan in het rapport van Van Kempen werd berekend (640.000; 5,1%). Het verschil met Tabel 6 (5,73%) loopt op tot 37%.

Ad C) GES-methodiek

De GES-methodiek geeft een range aan het verwachte aantal ernstig gehinderden, waarvan de Richtlijn Omgevingslawaai zich ongeveer in het midden bevindt. De GES-methodiek geeft de mogelijkheid om de hinder onder de 55 dB te beschrijven (wanneer blootstellingsgegevens voorhanden zijn). Combinatie met de blootstellingsverdeling levert een totaal aantal percentage ernstige hinder op van 3,7- 6,7% van de bevolking (zie Tabel 9). De schattingen van A) en B) vallen dus in deze range. De range geeft enig inzicht in de mate van variatie die kan worden verwacht. Deze komt vrijwel overeen met het 95% betrouwbaarheidsinterval van A! Dit is waarschijnlijk toeval, maar geldt waarschijnlijk ook bij toepassing op andere blootstellingsverdelingen van wegverkeer.

Tabel 9. Percentage ernstige hinder volgens de methodiek GES (uitgaande van de tabel waarvan de L_{den} klassen overeenkomen met A en B hierboven)

Blootstellingscategorie L_{den}	Inwoners per klasse als fractie van totaal	Percentage ernstige hinder volgens tabel omgevingslawaai	Percentage van totale bevolking per klasse
<45	0,1231	0	0
45-49	0,2386	0-3	0-0,7
50-54 dB	0,2929	3-5	0,9-1,5
55-59 dB	0,2147	6-10	1,3-2,1
60-64 dB	0,1037	10-16	1,0-1,7
65-69 dB	0,0246	16-25	0,4-0,6
70-74 dB	0,0024	25-37	0,06-0,09
≥ 75 dB	0,0000	≥ 37	0
Totaal	1,000	-	3,7-6,7

4.4 Landelijke cijfers

Hinderinventarisatie

In 1977, 1987, 1993, 1998, 2003 en 2008 hebben TNO en RIVM de Hinderinventarisatie uitgevoerd (gemeten hinder). Op basis van de resultaten van de Hinderinventarisatie in 2003 is geschat dat in Nederland 29% van de mensen van zestien jaar en ouder ernstig is gehinderd door ten minste één bron van wegverkeer; dit percentage is de afgelopen twintig jaar tamelijk consistent. Het is echter ongeveer zesmaal zo hoog als het percentage dat wordt geschat met blootstellingsgegevens en een blootstelling-responsrelatie (5,1% van de Nederlandse volwassen bevolking).

Een oorzaak van dit grote verschil is dat het percentage ernstige hinder geschat met de Hinderinventarisatie, is gebaseerd op de hinder veroorzaakt door acht afzonderlijke bronnen van wegverkeer. Wanneer een respondent op minstens een van de acht bronnen aangeeft ernstig te zijn gehinderd, wordt hij of zij aangeduid als zijnde ernstig gehinderd door wegverkeer. Wordt bij berekening van het percentage hinder het aantal wegverkeerbronnen uit de Hinderinventarisatie beperkt tot auto's, taxi's, bestelwagens en vrachtauto's, dan was het percentage ernstige hinder in Nederland door wegverkeer in 2003 13% (95%-betrouwbaarheidsinterval: 12 tot 15%). Ook is het mogelijk op basis van de gerapporteerde geluidhinder van wegverkeer bij verschillende maximum

snelheden de totale hinder door wegverkeer te berekenen. Dit leidt tot een percentage ernstige hinder van 11%.

De cijfers uit de landelijke hinderinventarisaties zijn per definitie niet vergelijkbaar met de lokale enquêtes, omdat de landelijke cijfers niet waren gebaseerd op de standaardvraag. Hiervoor is destijds gekozen om een trendbreuk met de eerdere cijfers te voorkomen. In de meest recente Inventarisatie Verstoringen, die van 2008 (van Poll et al., 2011), is, ten behoeve van (inter)nationale harmonisatie, wél gebruik gemaakt van de standaardvragen voor het bepalen van hinder. Dit heeft overigens tot een trendbreuk geleid. Daarnaast is voor de bepaling van het aandeel (ernstige)geluidhinder door wegverkeer gebruik gemaakt van de antwoorden op één vraag voor alle wegverkeer, in plaats van een samengesteld hinderpercentage, zie boven. Het aandeel ernstig geluidgehinderden door wegverkeer bedroeg 6% in 2008 (het aandeel minstens geluidgehinderd bedroeg 18%).

Geluidhinder CBS

Ook het CBS peilt jaarlijks de geluidhinder onder de Nederlandse bevolking van achttien jaar en ouder. CBS hanteert een eigen vraagstelling ('Heeft u last van geluid?') en er worden andere bronnen meegenomen. De resultaten van het CBS-onderzoek zijn daarom niet vergelijkbaar met de uitkomsten van de landelijke hinderinventarisatie van RIVM/TNO of GGD.

Woononderzoek Nederland

Het WoonOnderzoek Nederland (WoON) is een driejaarlijks onderzoek van het voormalige ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) om woonwensen en woonomstandigheden in kaart te brengen. In de module sociaal-fysiek worden vragen over geluidhinder meegenomen. De vraagstelling is iets veranderd van de ISO-standaard en er wordt een 10-puntsschaal gebruikt in plaats van een 11-puntsschaal. Daarmee zijn de resultaten van WoON niet te vergelijken met RIVM/TNO of GGD.

4.5 Conclusies vergelijken

De verschillen die in de verkennende fase werden aangetroffen, zijn waarschijnlijk door een aantal zaken geïntroduceerd. Hieronder worden ze in volgorde van – naar schatting – de meeste invloed op een eventuele verklaring van gevonden verschillen weergegeven.

Vraagstelling en antwoordschaal

Enquêtes hanteren verschillende antwoordschalen. Hiermee wordt bedoeld dat bijvoorbeeld niet uit 0-10 (11-puntsschaal) kan worden gekozen om de mate van hinder weer te geven, maar een ander aantal (bijvoorbeeld een 5-puntsschaal of 10-puntsschaal). In principe is het ook voor andere antwoordschalen mogelijk het 72%-afkappunt voor ernstige hinder toe te passen. In de praktijk kiezen onderzoekers er veelal voor om ernstige hinder te definiëren aan de hand van 'hele' antwoordcategorieën. De vergelijkbaarheid tussen de cijfers verdwijnt door deze verschillende antwoordschalen en afkappunten.

Verder wordt vastgesteld dat wanneer gevraagd wordt naar geluidbronnen, vaak de bronnen op verschillend abstractieniveau worden benoemd (wegverkeer versus vrachtauto). Het verdient aanbeveling te starten met groepen van hoofdbronnen (weg-, rail- en vliegverkeer, industrie, et cetera) en vervolgens pas in te zoomen op eventuele relevante subcategorieën.

Representativiteit onderzoekspopulatie

Niet alle onderzochte populaties komen overeen qua leeftijd en andere kenmerken die de geluidhinder kunnen beïnvloeden. In dat geval zijn de gegevens eigenlijk niet direct onderling en/of met de blootstelling-responsrelatie vergelijkbaar. Bij het overzetten van percentages naar absolute aantallen of andersom moet goed rekening worden gehouden met de populatie waarop de cijfers betrekking hebben. Zo hebben de gegevens uit de monitor betrekking op een onderzoeksgroep van 19-64 jaar, en berekende cijfers op een populatie boven de 18 jaar (dus alle volwassenen in Nederland).

Gebruikte syntax

De manier waarop gegevens uit een enquête worden samengevoegd en geanalyseerd met behulp van een statistisch computerprogramma (syntax), kan ook invloed hebben op de uitkomsten. Hierin hadden we geen inzicht bij het bestuderen van gepubliceerde cijfers. Aangeleverde ruwe gegevens (van Amsterdam en Rotterdam) zijn in dit project zelf geanalyseerd (zie hoofdstuk 4). Voor deze twee databestanden zijn dezelfde syntaxen gebruikt. Het is daarmee uitgesloten dat eventuele verschillen tussen deze twee steden zijn veroorzaakt door de syntax. Er moet worden opgemerkt dat in het verleden geen volledige eenduidigheid was in de te gebruiken syntax. Kortom, deels kan de syntax verschillen in uitkomsten van berekende hinder hebben beïnvloed. Op dit moment is er een vastgestelde syntax beschikbaar via de Lokale en Nationale Monitor Volksgezondheid⁹. Zie www.monitorgezondheid.nl.

Afkappunt geluidniveau

Veel geluidkaarten van gemeenten en provincies bevatten gegevens vanaf 55 dB, omdat dit volgens de EU Richtlijn Omgevingslawaai gerapporteerd moet worden en daarom opgenomen is in de wet geluidhinder. Wanneer pas vanaf een geluidniveau van 55 dB wordt gerekend, zal de absolute omvang van de ernstige hinder worden onderschat. Ook bij geluidniveaus onder de 55 dB zal een deel van de geënquêteerden namelijk gehinderd zijn.

Gebruikte blootstelling-responsrelaties

De blootstelling-responsrelatie kent een eenvoudige en complexe vorm. De eenvoudige relatie geeft iets hogere schattingen dan de complexe relatie (in het dB-bereik waar de meeste mensen wonen). Het gebruik van de eenvoudige relatie geeft dus juist minder snel een onderschatting van de ernstige hinder. De in 2009 door TNO opgestelde leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie van Van Gerven, geeft in de herberekeningen hogere hinderpercentages dan de internationaal vastgestelde curve. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat bij de voorspelling van hinder rekening moet worden gehouden met de leeftijd van de respondenten, of dat in de loop der tijd de blootstelling-responsrelatie wat anders is komen te liggen.

⁹ Opgemerkt moet worden dat de vragen in de monitor tot stand zijn gekomen mede ten bate van de Inspectie voor de Gezondheidszorg, die geluidhinder als indicator had opgenomen. Sinds 2011 is dat niet meer het geval.

5 Gegevens Amsterdam en Rotterdam

De databestanden van GGD Amsterdam en GGD Rotterdam-Rijnmond zijn ter beschikking gesteld om de relatie tussen geluidbelasting en geluidhinder nader te bekijken. De vragen daarbij waren:

- In hoeverre komen de waarden uit de databestanden overeen met de blootstelling-responsrelatie uit de literatuur?
- Welke factoren hebben invloed op de relatie tussen geluid en geluidhinder?
- Zijn er verschillen tussen de twee steden?

Door de analyses op de oorspronkelijke data te doen, zijn hierbij verschillen, eventueel veroorzaakt door de gebruikte syntax, uitgesloten.

5.1 Beschrijving databestanden en analyses

In 2009 hebben de vier grote steden (Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht) tegelijk dezelfde vragenlijst in de gezondheidsmonitor afgenomen. De gegevens zijn dus goed vergelijkbaar. Met behulp van de databestanden van GGD Amsterdam en GGD Rotterdam-Rijnmond (gegevens lokale monitor 2008) is met behulp van regressiemodellen de relatie tussen geluid en ernstige geluidhinder bekeken. De modellen zijn toegepast op de data uit de steden apart en een gecombineerd databestand met Amsterdamse en Rotterdamse gegevens. De data uit Rotterdam waren beschikbaar op een 6-cijferige postcode, uit Amsterdam op een 4-cijferige postcode. Er is in de standaardvraagstelling onderscheid gemaakt tussen hinder door geluid van verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur en hinder door geluid van verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur (zie paragraaf 2.3.1.). Dit onderscheid is gevolgd. Daarnaast is de maximale score van deze twee bronnen beschouwd als de hinder door geluid van wegverkeer in zijn algemeen. Als mogelijke andere variabelen die de relatie tussen de geluidbelasting en ernstige hinder beïnvloeden, zijn leeftijd, geslacht, opleiding, etniciteit en sociaal-economische status meegenomen. Deze variabelen waren beschikbaar in de databestanden. Andere relevante persoonlijke of contextuele factoren waren niet beschikbaar.

De data voor geluidbelasting heeft het RIVM zelf in huis. In de bestanden met de geluidbelasting zijn de geluidniveaus geschat op grond van het verkeersvolume per dag en de samenstelling van het verkeer (personenauto's en vrachtverkeer). Voor kleinere wegen zijn deze gegevens geschat, omdat ze niet voorhanden zijn. Dit kan tot onnauwkeurigheden leiden in de geluidbelasting in deze kleine straten. Bij lage (geschatte) verkeersvolumes kunnen kleine verschillen in aannames leiden tot grote verschillen in geluidbelasting. Daarom wordt vaak een afkappunt aangehouden. In onze analyses is daarvoor 45 dB gekozen. De geluidbelasting was beschikbaar voor verkeer op gemeentelijke, provinciale en rijkswegen. Er is verondersteld dat gemeentelijke wegen doorgaans een maximumsnelheid hebben die de 50 km/uur niet overschrijdt en dat de maximale snelheid op provinciale en rijkswegen hoger ligt dan 50 km/uur. Op deze wijze was het mogelijk om de geluidbelasting van gemeentelijke wegen te linken aan de hinder door geluid van verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur, en de cumulatieve geluidbelasting van provinciale en rijkswegen te koppelen aan de hinder door geluid van verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur. De cumulatieve geluidbelasting van gemeentelijke, provinciale en rijkswegen duiden we aan als het totale verkeersgeluid. Deze belasting is gekoppeld met de hinder door wegverkeer in het algemeen.

5.2 Gemeten en berekende ernstige hinder per stad

5.2.1 Ruwe hindercijfers van Amsterdam en Rotterdam

In Amsterdam is bijna 6% van de deelnemers aan de enquête ernstig gehinderd door wegverkeer, in Rotterdam 10%. Dit verschil tussen de steden is statistisch significant. Dit verschil blijft overeind wanneer wordt gecorrigeerd voor de opbouw van de steekproef (leeftijd, geslacht, etniciteit et cetera). Alleen voor ernstige hinder van wegverkeer op wegen waar harder dan 50 km/uur mag worden gereden, is er geen significant verschil tussen de twee steden (zie Tabel 10).

Tabel 10. Percentages ernstige hinder door geluid van wegverkeer, met betrouwbaarheidsinterval (btbhi).

Ernstige hinder wegverkeer	Amsterdam	95% btbhi	Rotterdam	95% btbhi
wegen <50 km/uur	4,3	3,5-5,2	8,3	7,2-9,5
wegen >50 km/uur	2,7	2,0-3,4	3,8	3,1-4,6
Tenminste één van beiden	5,8	4,8-6,7	10,0	8,8-11,2

5.2.2 Berekende ernstige hinder in Amsterdam en Rotterdam

In Amsterdam ligt de gemeten hinder iets lager dan de berekende hinder (niet significant), in Rotterdam juist hoger (wel significant) (zie Tabel 11). De herberekeningen met de leeftijdsspecifieke curve, zoals beschreven in paragraaf 3.2., voorspellen hogere percentages hinder. Daarmee komen deze voor Rotterdam beter overeen met de gemeten cijfers, in Amsterdam juist niet.

Tabel 11. Berekende percentages ernstige hinder door geluid van wegverkeer (op basis van het totale verkeersgeluid).

Ernstige hinder wegverkeer	Amsterdam	95% btbhi	Rotterdam	95% btbhi
Gemeten (enquête)	5,8	4,8-6,7	10,0	8,8-11,2
Berekend op basis van de steekproef en de gemiddelde geluidbelasting van 4 positie postcodegebied	6,3	4,6-8,2	5,8	4,3-7,6
Idem, met leeftijdsspecifieke curve	8,4	6,7-10,3	7,9	6,4-9,8
Berekend op basis van alle woningen in de steden	7,4	5,7-9,5	6,6	5,0-8,5
Idem, met leeftijdsspecifieke curve	9,6	7,9-11,7	8,7	7,1-10,6

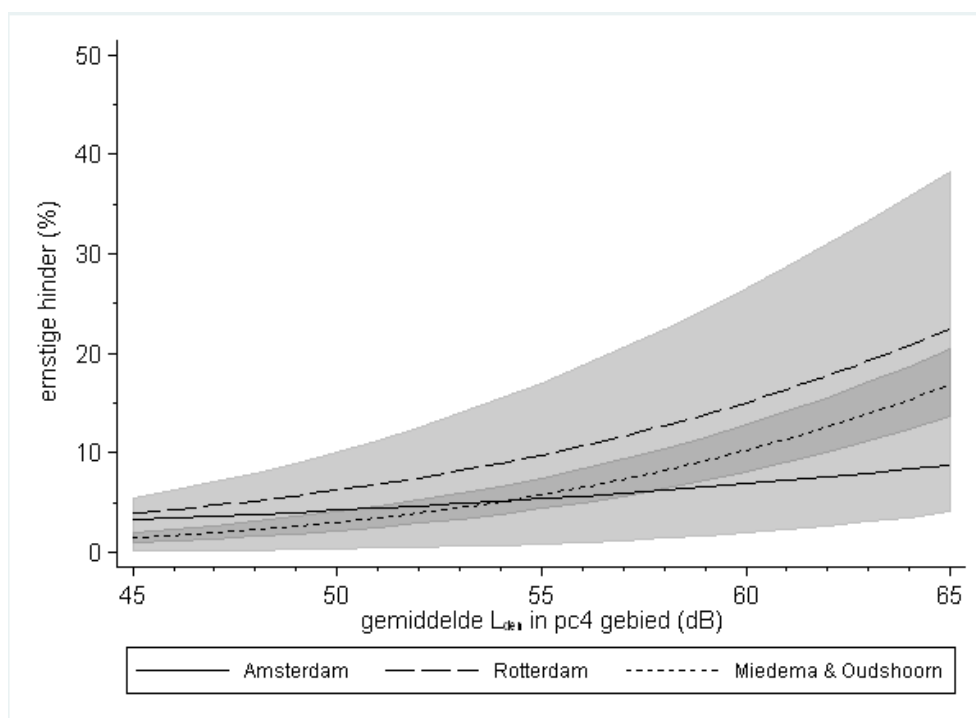
5.2.3 Ernstige hinder in relatie tot geluidbelasting

Per toename van de geluidbelasting met 10 dB (L_{den} wegverkeer per 4-cijferig postcodegebied) neemt het percentage geluidgehinderden met een factor twee tot drie toe (zie Tabel 12). In Rotterdam is deze factor statistisch significant, in tegenstelling tot Amsterdam waar de relatie tussen de geluidmaat en de gerapporteerde hinder ook niet significant is. Figuur 11 vergelijkt deze uitkomsten met de blootstelling-responsrelatie van Miedema.

Tabel 12. Odds ratio voor ernstige hinder door geluid van wegverkeer.

	Amsterdam		Rotterdam	
	Odds Ratio per 10 dB	95% btbhi	Odds Ratio per 10 dB	95% btbhi
Model				
Totaal verkeersgeluid	1,7	0,7 - 4,1	2,7***	1,5 - 4,8
Gemeentelijke wegen	1,7	0,8 - 3,5	2,0 **	1,1- 3,6
Rijks- en provinciale wegen	1,7	0,9 -3,0	1,8 **	1,1-2,9
<i>Gecorrigeerd voor confounders¹⁰</i>				
Totaal verkeersgeluid	2,3*	0,9 - 6,0	3,2***	1,8 - 5,8
Gemeentelijke wegen	2,3**	1,0 - 5,2	2,0**	1,1 - 3,7
Rijks- en provinciale wegen	1,3	0,7 - 2,7	2,3***	1,4 - 3,9

* geven mate van significantie aan



Figuur 11. De afzonderlijke blootstelling-responsrelaties voor ernstige hinder door het totale wegverkeersgeluid op grond van gemeten cijfers voor Amsterdam en Rotterdam, in vergelijking met de blootstelling-responsrelatie van Miedema en Oudshoorn, inclusief 95% betrouwbaarheids- en 95% tolerantie-interval

5.3

De invloed van kenmerken van de respondenten

In beide datasets heeft leeftijd een invloed op ernstige hinder (zie Tabel 13). Jongeren van 16-34 jaar zijn minder snel gehinderd dan volwassenen tussen 35 en 54 jaar. Voor Amsterdam is dit effect statistisch significant. In Amsterdam zijn daarnaast mensen van Turkse afkomst vaker dan mensen van Nederlandse afkomst ernstig gehinderd. Dit effect treedt niet in Rotterdam op. In Rotterdam is een effect te zien van opleiding: respondenten met een middenopleiding

¹⁰ Kenmerken van de respondente (zie paragraaf 5.3)

(mavo, lbo, havo, vwo, mbo) zijn minder snel gehinderd dan met een hoge opleiding (hbo, wo). Voor beide steden geldt dat er een tendens is dat mannen minder vaak hinder rapporteren dan vrouwen. Het effect van leeftijd en geslacht is bekend uit de literatuur, wel is de mate van het effect in Amsterdam groot.

Tabel 13. Percentage ernstige hinder door geluid van wegverkeer (totaal geluid).

Variabele	Amsterdam		Rotterdam	
	Odds Ratio	95% btbhi	Odds Ratio	95% btbhi
L _{den} per 10 dB	2,28*	0,87 - 6,00	3,21***	1,77 - 5,82
Man t.o.v. vrouw	0,68*	0,45 - 1,04	0,87	0,63 - 1,21
16-34 jr. t.o.v. 35-54 jr.	0,51***	0,34 - 0,78	0,82	0,60 - 1,12
Autochtone Nederlanders	1,00	-	1,00	-
Surinaams ^a	1,40	0,64 - 3,10	1,22	0,72 - 2,06
Turks ^a	2,36**	1,22 - 4,57	0,85	0,42 - 1,70
Marokkaans ^a	0,98	0,43 - 2,25	1,14	0,54 - 2,43
Westerse allochtonen ^a	0,75	0,44 - 1,30	1,48*	0,94 - 2,33
Niet-westerse allochtonen ^a	1,51	0,83 - 2,75	0,92	0,56 - 1,54
Hbo, vwo	1,00	-	1,00	-
Lo ^b	0,96	0,48 - 1,91	1,05	0,61 - 1,80
Mavo, lbo ^b	0,82	0,46 - 1,46	0,61**	0,42 - 0,89
Havo, vwo, mbo ^b	1,26	0,77 - 2,05	0,63**	0,44 - 0,90
Werk 20-32 uur per week ^c	1,15	0,69 - 1,90	1,02	0,63 - 1,66
Werk < 20 uur per week ^c	1,15	0,46 - 2,87	0,93	0,51 - 1,72
Werk 32 uur of meer per week	1,00	-	1,00	-
Studie, onderwijs ^c	0,63	0,27 - 1,46	0,72	0,42 - 1,22
Werkeloos, werkzoekend, arbeidsongeschikt of bijstand ^c	1,52	0,84 - 2,75	0,67	0,35 - 1,27
(vervroegd) pensioen, huisvrouw of huisman ^c	0,50	0,19 - 1,36	1,11	0,59 - 2,09

^a ten opzichte van autochtone Nederlanders

^b ten opzichte van hbo, wo

^c ten opzichte van: werk 32 uur of meer per week

5.4 Invloed van de gegevens over geluidbelasting

Deze paragraaf gaat in op het schatten van de blootstelling aan geluid. Daarbij wordt een uitsplitsing gemaakt naar wegverkeer op gemeentelijke wegen en wegverkeer op rijks- en provinciale wegen. Dit is ingegeven door de notitie dat de verkeerstellingen op de (kleinere) gemeentelijke wegen minder volledig zijn dan de tellingen voor provinciale en rijkswegen, en door de verwachting dat de gemiddelde geluidbelasting van gemeentelijke wegen in een postcodegebied een grotere onnauwkeurigheid kent dan de gemiddelde geluidbelasting van provinciale en rijkswegen.

5.4.1 Geluidbelasting in de steden

De gemiddelde geluidbelasting voor de steekproef is in Amsterdam (55,4 dB) iets hoger dan in Rotterdam (54,9 dB). De blootstelling aan geluid van rijks- en provinciale wegen is juist iets groter in Rotterdam. Het beeld van de steekproef is representatief voor de gemiddelde geluidbelasting in de steden als geheel, gebaseerd op individuele woningen (zie Tabel 14). De geluidbelasting verklaart dus niet dat in Amsterdam de hinder lager is dan in Rotterdam.

Tabel 14. Gemiddelde geluidbelasting in Amsterdam en Rotterdam.

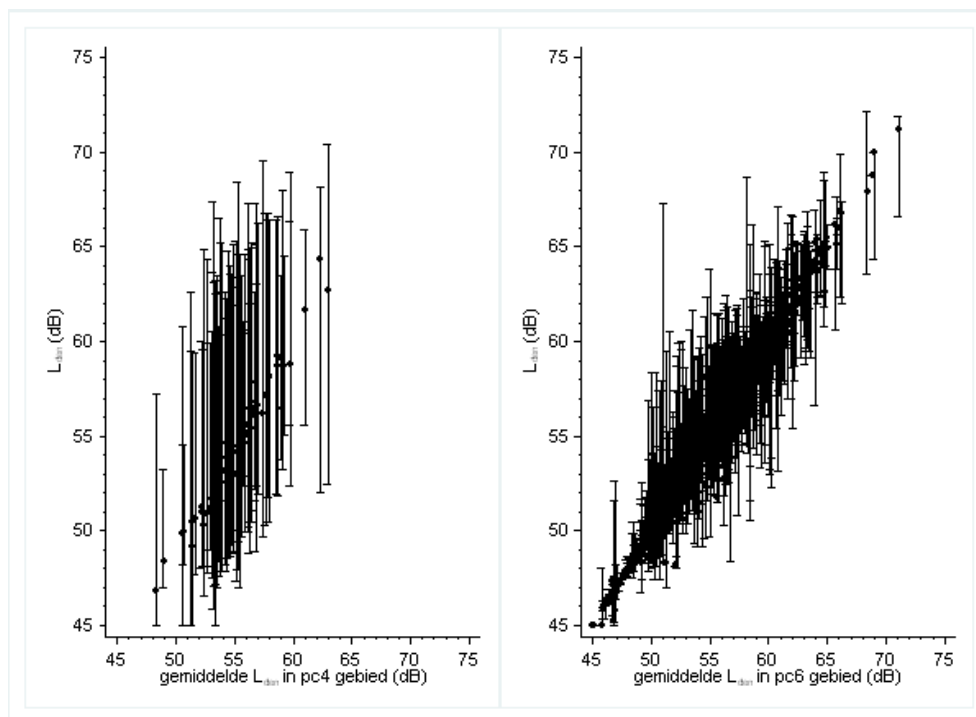
Berekend op basis van:	Amsterdam			Rotterdam		
	Totaal	Gemeentelijk	Rijks- en provinciale wegen	Totaal	Gemeentelijk	Rijks- en provinciale wegen
De steekproef en de gemiddelde geluidbelasting van 4 positie-postcodegebied	55,4	53,5	46,1	54,9	51,9	48,8
alle woningen	55,6	53,7	45,9	54,9	51,8	48,9

5.4.2

Toewijzen van de gemiddelde geluidbelasting aan de respondenten

Van de deelnemers aan de Gezondheidsenquêtes in Rotterdam en Amsterdam is geen exact adres bekend, alleen een 4-cijferige (en in Rotterdam 6-cijferige) postcode. Daardoor is niet exact te bepalen wat de geluidbelasting ter plekke is. Elk individu krijgt een geluidbelasting toegewezen; namelijk het gemiddelde van het postcodegebied. De spreiding binnen een dergelijk gebied kan aanzienlijk zijn. Dit is geïllustreerd in Figuur 12: de gemiddelde belasting in een gebied is weergegeven met een spreiding (90% van de woningen bevindt zich binnen het bereik dat is aangegeven door de verticale balken).

Uit de figuur wordt duidelijk dat respondenten soms een geluidbelasting krijgen toegewezen die te hoog of te laag is (misclassificatie van de blootstelling). Iemand kan bijvoorbeeld in een relatief laagbelast gebied wonen en een geluidbelasting van 50 dB krijgen toegekend (het gemiddelde van dat gebied), terwijl deze persoon juist net aan de drukke weg woont die door dat gebied loopt, waar de geluidbelasting 60 dB bedraagt. Wanneer binnen een steekproef veel willekeurige misclassificatie te vinden is, kan dat ertoe leiden dat een blootstelling-responsrelatie minder goed zichtbaar wordt. *Willekeurige* misclassificatie wil zeggen dat de de blootstelling voor sommigen te hoog, voor anderen te laag wordt ingeschat. Indien de misclassificatie vooral in één richting werkt (dus niet willekeurig), kan het ook leiden tot over- of onderschatting van het effect van een bepaalde blootstelling. In het voorbeeld van een drukke weg door een relatief stil gebied zou het zo kunnen zijn dat mensen die aan de drukke weg wonen, zijn oververtegenwoordigd. De ernstige hinder die zij rapporteren, wordt dan toegewezen aan een geluidbelasting van 50 dB. De hinder van 50 dB wordt dan uiteindelijk overschat, omdat zij eigenlijk aan 60 dB zijn blootgesteld.



Figuur 12. Geluidbelasting in het 4-cijferig postcodegebied en 6-cijferig postcodegebied (beiden Rotterdam); gemiddelde per postcodegebied met bijbehorende percentielen (5, 50 en 95) als maat voor de spreiding.

Uit Figuur 12 wordt ook duidelijk dat de misclassificatie minder wordt als het beschouwde gebied rond de woning kleiner wordt. Het linkerplaatje laat de spreiding zien binnen 4-cijferige postcodegebieden, het rechterplaatje bevat dezelfde spreiding maar dan voor 6-cijferige postcodegebieden. De gemiddelde geluidbelasting geeft in de 6-cijferige postcodegebieden een beter beeld per individuele woning.

5.4.3 Gevolgen voor blootstelling-responsrelaties

In Tabel 15 is het gevolg van het gebruik van een nauwkeuriger blootstellingsindicator (geluidbelasting op het niveau van de 6-cijferige in plaats van de 4-cijferige postcode) voor de blootstelling-responsrelaties in Rotterdam weergegeven.

In het algemeen verandert de Odds ratio, mede in het licht van de grootte van de betrouwbaarheidsinterval, slechts in geringe mate door het gebruik van een nauwkeuriger blootstellingsindicator. Echter, de sterkte van het verband (af te leiden door de breedte van de betrouwbaarheidsintervallen) neemt voor het totale verkeersgeluid en het geluid afkomstig van gemeentelijke wegen toe wanneer de geluidbelasting op zes positie postcode wordt gebruikt.

Tabel 15. Odds ratio voor ernstige hinder door geluid van wegverkeer in Rotterdam, met 95% betrouwbaarheidsinterval (btbhi).

	Vier positie postcode		Zes positie postcode	
	Odds Ratio per 10 dB	95% btbhi	Odds Ratio per 10 dB	95% btbhi
Model				
Totaal verkeersgeluid	2,7***	1,5 - 4,8	2,8***	2,2 - 3,6
Gemeentelijke wegen	2,0 **	1,1- 3,6	2,4***	1,9 - 3,1
Rijks- en provinciale wegen	1,8 **	1,1-2,9	1,7**	1,1 - 2,5
<i>Gecorrigeerd voor confounders¹¹</i>				
Totaal verkeersgeluid	3,2***	1,8 - 5,8	2,9***	2,2 - 3,7
Gemeentelijke wegen	2,0**	1,1 - 3,7	2,4***	1,9 - 3,1
Rijks- en provinciale wegen	2,3***	1,4 - 3,9	2,0***	1,3 - 2,9

* geven mate van significantie aan

5.4.4 Conclusies geluidbelasting

- De gemiddelde blootstelling op het niveau van de 4-cijferige postcode kan als alternatief dienen om de geluidblootstelling weer te geven als het exacte adres onbekend is. Als het geluidniveau op het 6-cijferige postcode niveau beschikbaar is, dan kan dit de blootstelling-responsrelatie verbeteren.
- De verschillen in geluidbelasting verklaren niet de verschillen in gemeten hinder tussen Amsterdam en Rotterdam.

5.5 Resultaten analyses samengevat

Uit de analyses van de databestanden van Rotterdam en Amsterdam zijn de volgende zaken naar voren gekomen:

- In Rotterdam is het aantal ernstig gehinderden door geluid ongeveer twee keer zo hoog als in Amsterdam. Dit is niet te verklaren door het verschil in geluidbelasting (bij hetzelfde geluidniveau van wegverkeer treedt in Amsterdam minder hinder op). De relatie tussen geluidbelasting en hinder is aanwezig in beide datasets en het meest uitgesproken in de Rotterdamse data.
- De gerapporteerde hinder neemt een factor 2-3 toe bij een toename in de geluidbelasting van 10 dB.
- In Rotterdam is de gemeten hinder hoger dan verwacht ten opzichte van de berekende hinder, in Amsterdam is er geen verschil.
- De hinder door wegverkeer op rijks- en provinciale wegen lijkt minder groot te zijn dan van binnenstedelijk wegverkeer. Vooral de mate van vooral binnenstedelijk wegverkeer verschilt tussen de twee steden.
- De invloed van etniciteit op de gerapporteerde hinder is onduidelijk. In Amsterdam rapporteerden mensen van Turkse afkomst vaker ernstige hinder; in Rotterdam was dit niet het geval.
- Leeftijd heeft effect op de gerapporteerde hinder; de leeftijdsgroep 35-54 rapporteert vaker hinder dan de jongeren.
- Opleiding heeft effect op de gerapporteerde hinder; mensen met een middenopleiding geven dit relatief het minst frequent aan.

¹¹ Kenmerken van de respondenten, zie paragraaf 5.3

- Hoewel deze factoren invloed hebben op de gerapporteerde hinder, verklaren ze niet de gevonden verschillen tussen Amsterdam en Rotterdam.

Consequenties met betrekking tot het interpreteren van uitkomsten uit GGD-enquêtes, op grond van deze analyses:

- Gemeten geluidhinder (enquête) heeft een duidelijke samenhang met de geluidbelasting.
- Het vergelijken van cijfers over de tijd, verzameld met dezelfde instrumenten, is nuttiger dan het exact bepalen van een verschil met uitkomsten van andere instrumenten. Een reguliere peiling met dezelfde methode is een goede manier om de vinger aan de pols te houden.
- De samenstelling van de onderzoeksgroep in termen van leeftijd, geslacht en etniciteit beïnvloedt de uitkomsten enigszins.
- Bij de vergelijking van de gemeten hinder met de blootstelling-responsrelaties is het van belang de betrouwbaarheidsintervallen van de schattingen en het tolerantie-interval van de blootstelling-responsrelatie mee te beoordelen. Zo kan worden getoetst of er een significant verschil is. Een verschil tussen de gemiddelden is niet altijd een werkelijk verschil. De onzekerheden worden kleiner door voldoende respondenten per gebied en een geluidsschatting op laag aggregatieniveau (bij voorkeur PC6 of beter).

6 Conclusies publicaties en databestanden

Deze conclusies zijn gebaseerd op:

- 1) het bestuderen van enkele publicaties (zie hoofdstuk 3);
- 2) de analyses van de databestanden uit de gezondheidsenquête 2008 van de GGD Amsterdam en de GGD Rotterdam-Rijnmond (zie hoofdstuk 4).

6.1 Enkele bevindingen op een rij

- Niet alle verschillen tussen de gemiddelde berekende en gemeten hinder zijn statistisch significant.
- Een deel van de verschillen wordt verklaard door de gebruikte vraagstelling.
- In sommige gevallen worden niet vergelijkbare populaties vergeleken; bijvoorbeeld gemeten cijfers in één wijk met berekende cijfers voor een stadsdeel.
- Het omzetten van de scores uit enquêtes naar het percentage ernstig gehinderden, is een aandachtspunt. Dit is een ingewikkelde zaak en kan daardoor fouten introduceren.
- Bij de data-analyse van de gegevens van Amsterdam en Rotterdam bleek een verschil tussen deze twee steden te bestaan, dat niet verklaard kan worden door de geluidbelasting.
- De individuele kenmerken leeftijd, geslacht, opleiding, SES en etniciteit beïnvloeden de mate van hinder, maar verklaren ook niet het verschil tussen de twee steden.
- In Rotterdam was de berekende hinder lager dan de gemeten hinder, in Amsterdam was er geen verschil.
- Berekende hinderpercentages met de door TNO opgestelde leeftijdsspecifieke blootstelling-responsrelatie uit 2009 (van Gerven et al., 2009) zijn hoger dan de berekende percentages op basis van de internationaal gebruikte blootstelling-responsrelatie (Miedema en Oudshoorn, 2001).

6.2 Antwoord op de hoofdvragen

Hieronder wordt aangegeven of we op grond van deze exercities een antwoord hebben kunnen vinden op de hoofdvragen. Zoals in de conclusies is vermeld, zijn de discrepanties tussen gemeten en berekende hinder niet altijd daadwerkelijk afwijkend als de betrouwbaarheidsintervallen van de gegevens en het tolerantie-interval van de blootstelling-responsrelatie in ogenschouw worden genomen.

1. *Welke vraagstelling is gebruikt? Verklaart de vraagstelling een deel van de verschillen die men in praktijk ziet tussen berekende en gemeten cijfers?*

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat niet in alle enquêtes dezelfde vraagstelling of dezelfde antwoordschalen worden toegepast. De gegevens zijn dan niet goed te vergelijken en het ligt in de lijn der verwachting dat hierdoor verschillen worden geïntroduceerd. Uit de analyse van de databestanden van de GGD-en Amsterdam en Rotterdam (zie hoofdstuk 4) blijkt dat ook als wél gebruik is gemaakt van standaardvragen en een standaardanalyse, verschillen in gemeten hinder kunnen bestaan (in dit geval tussen de steden) of met de blootstelling-responsrelatie (in Rotterdam) die niet verklaard kunnen worden.

2. *Zijn er factoren in de databestanden aan te wijzen die de relatie tussen geluid en geluidhinder beïnvloeden?*

Ja. Er is een duidelijke relatie met de geluidbelasting. De gemeten hindercijfers (en trends daarin) zeggen dus zeker iets over de blootstelling aan geluid. Verder hebben de variabelen leeftijd, geslacht, etniciteit en SES (beperkte) invloed op de gemeten hinder. Een nieuwe, leeftijdsspecifieke, blootstelling-responsrelatie uit 2009, berekent hogere hinderpercentages dan de gangbare blootstelling-responsrelatie.

7 Literatuur

Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Cadum E, Katsouyanni K, Velonakis M, Dudley ML, Marohn HD, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Vigna-Taglianti F, Pisani S, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Zachos I, Järup L; HYENA Consortium. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years-- results of the HYENA study. *Environ Int.* 2009 Nov; 35(8):1169-76.

Breugelmans, O.R.P., Wiechen van C.M.A.G., Kamp van I., Heisterkamp S.H., Houthuijs D.J.M. (2002). Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol. Tussenrapportage Monitoring Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol. RIVM Rapport 630100001.

Breugelmans, O.R.P., Stellato R.K., Poll R. van (2007). Blootstelling-responsrelaties voor geluidhinder en slaapverstoring. Een analyse van nationale gegevens. RIVM Rapport 630171001.

Brink, C.L. van den , Viet A.L., Boshuizen H.C., Ameijden E.J.C. van, Droomers M (2005). Methodologie Lokale en Nationale Monitor Volksgezondheid; gevolgen voor vergelijkbaarheid van gegevens. RIVM Rapport 260854009.

Brown, A.L. and I. van Kamp I (2009). Response to a change in transport noise exposure: a review of evidence of a change effect. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 125, issue 5, p. 3018- 3029.

Devilee J., Maris E., Kamp I. van (2010). De maatschappelijke betekenis van geluid. RIVM Rapport 8151200004.

European Communities (2002). Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-894-3894-0.

Fields J.M. (1993) Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J. Acoust. Soc. Am.* 93(5), 2753-2763.

Fields J.M., de Jong R., Brown A.L., Flindell I.H., Gjestland T. (1997). Job R.F.S., Kurra S., Lercher P., Schuemer-Kohrs A. and Vallet M. Guidelines for reporting core information from community noise reaction surveys. *Journal of sound and vibration*, 206, 685-95.

Franssen E.A.M. Dongen van J.E.F., Ruysbroek J.M.H., Vos H., Stellato R.K. (2004). Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland. Inventarisatie verstoringen 2003. RIVM Rapport 815120001, TNO Rapport 2004-34

Gezondheidsraad (GR 1999). Grote luchthavens en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 1999; 1999/14.

Gerven P.W. van, Vos H., Boxtel M.P. van, Janssen S.A., Miedema H.M.E. (2009). Annoyance from environmental noise across the lifespan. *J Acoust Soc Am.* Jul;126(1):187-94.

- Gidlöf-Gunnarsson A. en E. Öhrström (2010). Attractive 'Quiet' courtyards: A potential Modifier of Urban Residents' Responses to Road traffic Noise? Int. J. Environ. Res. Public Health(7).
- Groothuis-Oudshoorn, C. G. M. and H. M. E. Miedema (2006). Multilevel grouped regression for analyzing selfreported health in relation to environmental factors: The model and its application. Biometrical Journal 48, 67-82.
- ISO (2003). Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666.
- Job R.F.S. (1988). Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. J. Acoust. Soc. Am. 83, 991-1001.
- Janssen S.A. et al. (2011). Trends in aircraft noise annoyance: The role of study and sample characteristics. J. Acoust. Soc. Am. Volume 129, Issue 4, pp. 1953-1962.
- Kempen, E.E.A.M. van and I. van Kamp I (2005). Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships Report 01/2005 MGO EvK /Reference 00265/2005.
- Kempen, E.E.M.M. van en D.J.M. Houthuijs (2008). Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer. RIVM Rapport 630180001.
- Kroesen M (2010). New opportunities for aircraft noise policy in the Netherlands. Air Transport and Operations Symposium 2010.
- Lambert J. and C. Philipps-Bartin (2010). Moderators in noise annoyance studies: An overview – Presentation at ENNAH Workshop.
- Miedema, H.M.E. (1992). Response functions for environmental outdoor in residential areas. TNO. Rapportnr. NIPG 92.006
- Miedema H.M.E. and C.G.M. Oudshoorn (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL en DENL and their confidence intervals. Environmental Health Perspectives. 109(4): 409-16.
- MSR (2008). Geluid, Gezondheid en Geld. De prijs van lawaai. MSR Themarapport.
- Nijland H.A, Hartemink S, Kamp I van, Wee B van (2007). The influence of sensitivity for road traffic noise on residential location: Does it trigger a process of spatial selection? J. Acoust. Soc. Am. 122(3).
- Öhrström, E., Skånberg A., Svensson H., Gidlöf-Gunnarsson A. (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. Journal of Sound and Vibration, vol. 295, Issues 1-2, 2006, Pages 40-59.
- Poll H.F.P.M. van, Breugelmans O.R.P., Devilee J.L.A. (2011). Hinder, bezorgdheid en woontevredenheid in Nederland. Inventarisatie Verstoringen

2008. RIVM Rapport 630741001/2011 (in voorbereiding). RIVM, Bilthoven, Nederland.

Provincie Zuid-Holland (2009). Onderzoek Milieubeleving Zuid-Holland 2008. Onderzoek naar de milieubeoordeling door de bevolking, mei-juni 2008.

RIVM/RIGO (2005). Evaluatie Schipholbeleid. Schiphol beleefd door omwonenden.

(http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/RIGO%20en%20RIVM%20schiphol_beleefd_omwonenden.pdf)

RIVM website: Onderwerp Geluid <http://www.rivm.nl/geluid> (geraadpleegd oktober 2010).

Schreckenber D, Griefahn B, Meis M (2010). The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise & Health*, Jan-Mar, 12: 46, 7-16.

White, K. (2008). Arousal, fysiologische- en psychologische variabelen bij subjectieve geluidsgevoeligheid. Universiteit van Amsterdam.

White, K, Hofman W, van Kamp I. (2010). Noise sensitivity in relation to baseline arousal, physiological response and psychological features to noise exposure during task performance. In: *Internoise Proceedings*.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl