

RIVM rapport 630171001/2007

**Blootstelling-responsrelaties voor geluidhinder  
en slaapverstoring**

Een analyse van nationale gegevens

O.R.P. Breugelmans, R.K. Stellato, R. van Poll

Contact:

O.R.P. Breugelmans

Centrum voor Milieu-Gezondheid Onderzoek

e-mail adres: [oscar.breugelmans@rivm.nl](mailto:oscar.breugelmans@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Natuur- en Milieu Planbureau (NMP), in het kader van project 630171, Dosis-effect relaties geluid.



## Rapport in het kort

### **Blootstelling-responsrelaties voor geluidhinder en slaapverstoring**

Een analyse van nationale gegevens

Blootstelling-responsrelaties voor verkeersgeluid en hinder lijken schaalspecifiek te zijn: relaties opgesteld op internationaal niveau wijken soms af van relaties op nationaal niveau die op hun buurt weer afwijken van relaties op regionaal niveau. Voor beleid betekent dit dat bij toepassing van (inter-)nationale blootstelling-responsrelaties op lokale situaties terdege rekening dient te worden gehouden met de beperkingen en ‘vertaalbaarheid’ van de relatie naar de lokale situatie. Daarnaast blijkt dat ondanks het gebruik van standaardvragen voor hinder en slaapverstoring, vastgelegd in een ISO-norm, de wijze van operationaliseren van hinder en slaapverstoring van invloed is op de blootstelling-responsrelatie. Dit zijn de belangrijkste bevindingen uit een onderzoek naar de relatie tussen geluid van wegverkeer en hinder en slaapverstoring op basis van gegevens uit het EMPARA-geluidsmodel en de Hinderinventarisatie 2003.

In Nederland en binnen de Europese Unie is de verstoring van de leefomgeving door geluid een belangrijk aandachtspunt van beleid, omdat blootstelling aan hoge geluidsniveaus kan leiden tot negatieve effecten op welbevinden en gezondheid, waaronder hinder en slaapverstoring. In het rapport is onderzocht of het mogelijk is om met bestaande Nederlandse onderzoeksgegevens relaties vast te stellen tussen blootstelling aan verkeersgeluid en het optreden van hinder en slaapverstoring. De resultaten zijn vergeleken met de voorstellen voor relaties die in Europees verband zijn gedaan en de uitkomsten van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol. Hierbij traden belangrijke verschillen aan het licht. Een belangrijke kanttekening bij de resultaten is dat slechts een beperkt aantal deelnemers aan het onderzoek is blootgesteld aan hogere geluidbelastingniveaus waardoor de betrouwbaarheidsintervallen voor hoge blootstellingen groot zijn. Dit is het gevolg van de scheve (min of meer log-normale) verdeling van geluidblootstelling in de Nederlandse bevolking.

Trefwoorden: blootstelling-responsrelatie, verkeer, hinder, slaapverstoring



## **Abstract**

### **Exposure-response relations for noise annoyance and sleep disturbance**

An analysis of national data

Exposure-response relations for traffic sound and annoyance appear to be scale-specific: relationships established at international levels sometimes deviate from national relationships; in turn these relations can deviate from regional ones. For policy, this means that due consideration should be given to the limitations and transferability of (inter-) national exposure-response relationships used in local situations. The definition and operationalisation of the terms ‘annoyance’ and ‘sleep disturbance’ can have a profound impact on the results. Although survey questions on annoyance conform to the ISO standard, the different interpretations of annoyance found in the literature can result in differences between exposure-response relationships. These are the main findings from a study investigating the relation between traffic sound and annoyance and sleep disturbance on the basis of the EMPARA noise model and a periodic national Annoyance survey (2003).

Disturbance of the living environment through noise exposure is of concern, both in the Netherlands and the European Union. Exposure to high levels of noise can have adverse effects (annoyance and sleep disturbance) on health and well-being. The study described used existing Dutch data for determining the relationship between exposure to transport noise, and annoyance and sleep disturbance. The results from the Annoyance survey and EMPARA were compared with the proposals of the EU Noise Expert Network and the outcome of the monitoring programme, Health Impact Assessment - Schiphol Airport. The comparison revealed significant differences. In the Annoyance survey only few respondents experienced relatively high exposure levels. This resulted in large confidence intervals at high exposures.

Key words: exposure-response relations, annoyance, sleep disturbance, traffic



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2. Gebruikte databestanden</b>	<b>15</b>
<b>3. Analysemethode</b>	<b>17</b>
<b>4. Resultaten Hinderinventarisatie</b>	<b>19</b>
4.1 <i>Ernstige geluidhinder</i>	19
4.1.1 Wegverkeer	19
4.1.2 Treinverkeer	23
4.1.3 Vliegverkeer	24
4.2 <i>Ernstige slaapverstoring door geluid</i>	25
4.2.1 Wegverkeer	25
4.2.2 Treinverkeer	26
4.2.3 Vliegverkeer	26
4.3 <i>Vergelijking met resultaten uit het GES onderzoek</i>	27
4.3.1 Geluidhinder en slaapverstoring door wegverkeer	27
4.3.2 Geluidhinder en slaapverstoring door vliegverkeer	29
4.4 <i>Vergelijking met internationale blootstelling-responsrelaties</i>	30
<b>5. Discussie en conclusies</b>	<b>33</b>
<b>Literatuur</b>	<b>39</b>
<b>Bijlage 1 Definities</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 2 Tabellen</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage 3 Figuren</b>	<b>49</b>





## Samenvatting

In Nederland en binnen de Europese Unie is verstoring van de leefomgeving door geluid een belangrijk aandachtspunt. Veel mensen zijn blootgesteld aan geluid en blootstelling aan hoge geluidsniveaus kan leiden tot welzijns- en/of gezondheidsklachten, waaronder hinder en slaapverstoring. Voor de evaluatie en beheersing van omgevingslawaaï willen de Nederlandse overheid en de Europese Unie gebruik maken van blootstelling-responsrelaties. Een blootstelling-responsrelatie beschrijft het verband tussen het geluidsniveau waaraan de bevolking blootstaat en de mate waarin een effect op gezondheid en welzijn optreedt. Het ‘Noise Expert Network’ van de Europese Commissie heeft in Europees verband voorstellen gedaan voor de relaties tussen geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en hinder. Deze relaties zouden geldig moeten zijn voor de hele Europese Unie. Het is van belang om na te gaan of de voorgestelde blootstelling-responsrelaties ook toepasbaar zijn in de Nederlandse situatie.

In dit onderzoek is gezocht naar mogelijkheden om de resultaten van de Hinderinventarisatie uit 2003 te gebruiken voor het opstellen van blootstelling-responsrelaties voor geluid en verstoring. In het bijzonder voor geluid van weg-, vlieg- en railverkeer met als belangrijkste effecten ernstige hinder en ernstige slaapverstoring. De Hinderinventarisatie is een periodiek nationaal vragenlijstonderzoek dat inzicht geeft in de hinderbeleving, slaapverstoring, risicoperceptie en kwaliteit van de leefomgeving van de Nederlandse bevolking. De gegevens van de respondenten zijn gekoppeld aan de geluidsniveaus die berekend zijn met het EMPARA-geluidsmodel. De uitkomsten zijn vergeleken met de blootstelling-responsrelaties die zijn opgesteld in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol en de relaties die door het Noise Expert Network van de Europese Commissie zijn voorgesteld als standaard voor Europa.

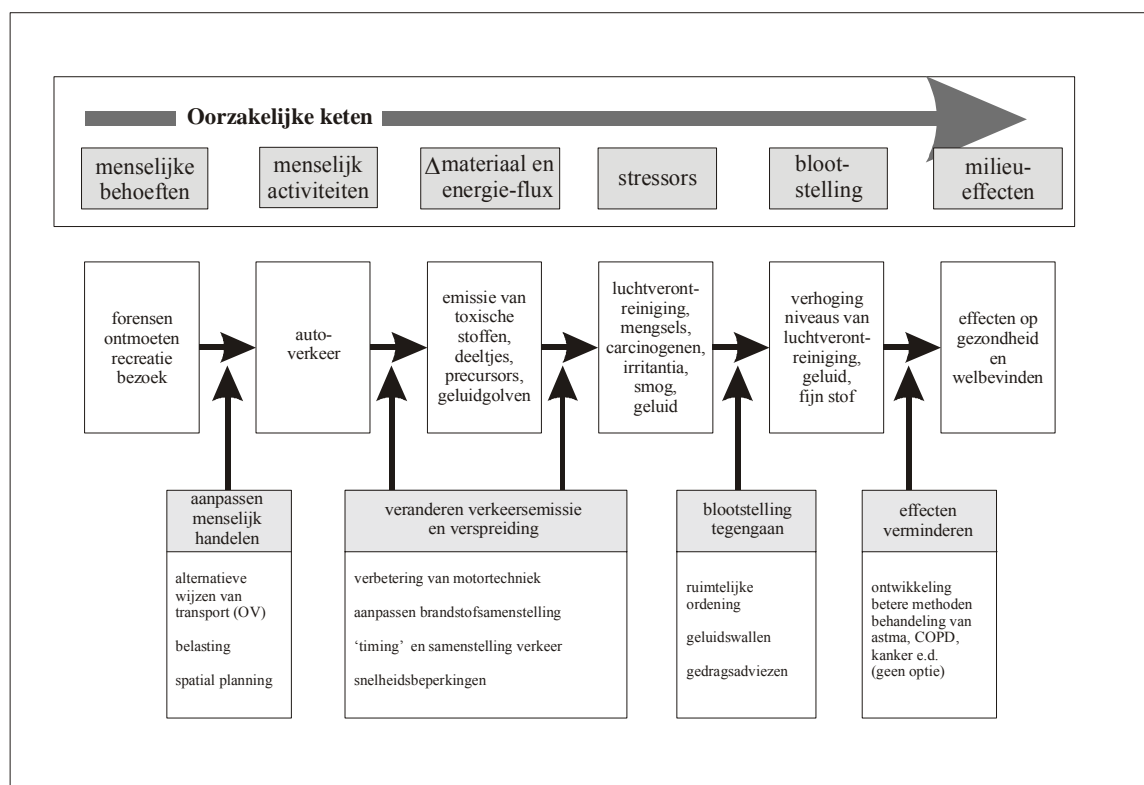
Blootstelling-responsrelaties voor verkeersgeluid en hinder lijken schaalspecifiek te zijn: relaties opgesteld op internationaal niveau kunnen afwijken van relaties op nationaal niveau die op hun beurt weer afwijken van relaties op regionaal niveau. Voor beleid betekent dit dat bij toepassing van (inter-)nationale blootstelling-responsrelaties op lokale situaties terdege rekening dient te worden gehouden met de beperkingen en ‘vertaalbaarheid’ van de relatie naar de lokale situatie. Daarnaast blijkt dat ondanks het gebruik van standaardvragen voor hinder en slaapverstoring, vastgelegd in een ISO-norm, de wijze van operationaliseren van hinder en slaapverstoring van invloed is op de blootstelling-responsrelatie. In tot nu toe uitgevoerde wetenschappelijke onderzoeken naar verstoring van de leefomgeving worden verschillende definities en operationalisaties van het begrip ‘hinder’ gebruikt. Dit komt de vergelijkbaarheid tussen de onderzoeken niet ten goede. Het combineren van verschillende bronspecifieke hindervragen tot één maat voor de ‘totale’ hinder van wegverkeer levert moeilijk interpreteerbare resultaten op. In de Hinderinventarisatie 2003 is geen algemene vraag naar hinder door wegverkeer opgenomen, maar wordt naar 8 mogelijke bronnen van hinder door wegverkeer gevraagd. Drie vragen (hinder door personenauto’s en taxi’s, vrachtwagens, en bestelauto’s) zijn gecombineerd om de ‘totale’ hinder van wegverkeer te

bepalen. Het opnemen van één algemene vraag naar hinder door wegverkeer voorafgaand aan meer bronspecifieke vragen wordt aangeraden.

De opzet van de Hinderinventarisatie en de gebruikte vraagstellingen lenen zich maar beperkt voor het opstellen van blootstelling-responsrelaties tussen de geluidsblootstelling van weg-, rail- en luchtvaartverkeer. De onzekerheden in de gevonden relaties zijn relatief groot bij hoge blootstellingsniveaus. Hierdoor worden de betrouwbaarheidsintervallen groot wat leidt tot grote onzekerheidsmarges bij kwantitatieve analyses. Wel kan geconcludeerd worden dat er een positief verband gevonden is tussen het geluidsniveau en de percentages ernstig gehinderden door weg-, rail-, en luchtvaartverkeer. De Hinderinventarisatie kan met een aangepaste opzet worden gebruikt om op nationaal niveau betrouwbaarder blootstelling-responsrelaties op te stellen. Daarvoor is het wel nodig om een gestratificeerde steekproef te nemen, waardoor een oververtegenwoordiging ontstaat van mensen uit hoogbelaste gebieden.

# 1. Inleiding

Een blootstelling-responsrelatie geeft de verhouding weer tussen een externe stimulus (hier geluid) en een reactie hierop (hier hinder en slaapverstoring). Idealiter geeft de blootstelling-responsrelatie de mate van verandering weer in de responsvariabele(n) wanneer de blootstelling met één eenheid ( $L_{den}$  in dB(A)) verandert. Overigens vormt een blootstelling-responsrelatie slechts een deel van de (causale) keten. In Figuur 1.1 is deze keten weergegeven. De hier bedoelde blootstelling-responsrelatie wordt weergegeven door de laatste twee 'schakels' in de keten.



*Figuur 1.1 Weergave van een oorzakelijke keten met als voorbeeld verkeersemissies (Bron: De Hollander en Hanemaaijer (2003, vrij naar Norberg-Bohm, 1992))*

Hinder en slaapverstoring zijn twee van de belangrijkste effecten van blootstelling aan (te veel) geluid. Andere effecten van geluidblootstelling zijn slaapmiddelgebruik, effecten op bloeddruk en op leesprestatie bij kinderen (Gezondheidsraad, 1994; Van Kempen et al., 2005). Op individueel niveau mag het gezondheidseffect gering zijn, op bevolkingsniveau is hinder en ook slaapverstoring vooral een probleem door het grote aantal mensen dat betroffen is. In Nederland zijn naar schatting 3,7 miljoen mensen van 16 jaar en ouder (29%) wel eens ernstig gehinderd door geluid van wegverkeer. Dit percentage is gebaseerd op een sommatie van ernstige hinder over 8 wegverkeersbronnen. Het aantal ernstig slaapverstoorden door wegverkeer onder Nederlanders van 16 jaar en ouder bedraagt ongeveer 1,5 miljoen (12%) (zie Franssen et al., 2004). Deze 'Hinderinventarisatie' is een landelijk onderzoek dat eens

per 4 à 5 jaar wordt uitgevoerd en waarin het effect van tal van bronnen van verstoring wordt onderzocht.

Op individueel niveau is geluid (in dB(A)) een matige voorspeller van hinder. De samenhang (correlatie) tussen beide bedraagt ongeveer 0,30- 0,40 (o.a. van Kamp, 1990; Cavalini, 1990; 1992; Fields 1992; Job, 1988; Guski 1999). De samenhang wordt sterker wanneer geluid wordt gerelateerd aan een responsmaat op groepsniveau: bijvoorbeeld het aandeel (ernstig) gehinderden of (ernstig) slaapverstoorden. Dan vinden we correlaties van 0,70 en hoger. Hierbij moet worden aangetekend dat dit vooral voor afstandsafhankelijke geluidsbronnen geldt (bijvoorbeeld fabrieken, luchthavens, (snel)wegen). Voor bijvoorbeeld burengerucht is een bepaling van een dergelijke relatie niet uitvoerbaar.

(Ernstige) hinder kan uitsluitend via bevraging van mensen worden bepaald. De voor dit onderzoek gebruikte hindervragen hebben een 11-puntsschaal, lopend van 0 tot 10, als antwoordcategorie. Dit betreft een internationale standaard voor geluidhinder, zoals is vastgelegd in een ISO-norm (ISO, 2003). Om op een gestandaardiseerde wijze de percentages gehinderden te bepalen, wordt aan de uitersten van deze schaal de waarden 0 respectievelijk 100 toegekend. Naarmate een respondent een hogere hindercategorie kiest, betekent dit een hogere waarde op de schaal van 0 tot 100. Internationaal is de conventie gegroeid om het percentage respondenten waarvoor de hinder op deze schaal boven de 72 uitkomt het percentage 'highly annoyed' te noemen (zie Miedema, 1992). Dit vertalen we als het percentage 'erg gehinderd' of 'ernstig gehinderd'. Als 50 als grens wordt genomen, noemen we het resultaat het percentage '(minstens) gehinderd' en als 28 gebruikt wordt, noemen we het resultaat het percentage '(minstens) enigszins gehinderd'. De groep '(minstens) gehinderden' bevat tevens de groep 'ernstig gehinderden', terwijl de groep '(minstens) enigszins gehinderden' de groepen 'gehinderden' en 'ernstig gehinderden' omvat.

De blootstelling aan geluid kan met behulp van geluidsmeters worden bepaald. Precieze metingen vereisen geluidsmetingen dicht bij het oor, om de belasting zo goed mogelijk te bepalen. Veel vaker wordt met behulp van modellen de geluidsbelasting berekend. Hierbij gaat het dan om geluidsbelasting op de gevel van de woning. EMPARA (Environmental Model for Population Annoyance and Risk Analysis; Dassen, 2001) is een voorbeeld van een dergelijk model. EMPARA – module NOISTOOL – is opgezet en in staat om op landelijke schaal de omvang van het verkeersgeluid in kaart te brengen. De geluidskartering is gebaseerd op een ketenberekening (van verkeersemissies, via overdracht naar immissiewaarden en blootstelling), waarbij de berekening van de emissies en de overdracht grotendeels (weg en rail) dan wel geheel (luchtvaart) overeenkomt met de wettelijke rekenvoorschriften voor het geluid van deze bronnen.

De best-beschikbare blootstelling-responsrelaties op het gebied van (verkeers)geluid en hinder zijn opgesteld door Miedema en Oudshoorn (2001). Deze blootstelling-responsrelaties zijn berekend op basis van gegevens uit het KennisBestand Verstoring, een database die een groot aantal (inter)nationale studies op het gebied van geluid en verstoring (hinder, slaapverstoring) bevat. Daarnaast zijn er in Nederland blootstelling-responsrelaties opgesteld

voor specifieke bronnen (bijvoorbeeld voor vliegverkeer Schiphol, zie Breugelmans, 2004). Het is onduidelijk of de voor Europa voorgestelde relaties en/of de regionale relaties een valide schatting kunnen geven van het aantal ernstig gehinderden/slaapverstoorden in heel Nederland.

Het algemene doel van dit onderzoek is dan ook het (zo mogelijk) opstellen van een blootstelling-responsrelatie voor geluid en verstoring op basis van gegevens uit EMPARA en de Hinderinventarisatie uit 2003. In het bijzonder blootstelling-responsrelaties voor geluid van weg-, vlieg- en railverkeer met als belangrijkste effecten ernstige hinder en ernstige slaapverstoring. Daarnaast zullen de afgeleide blootstelling-reponsrelaties worden vergeleken met voorgestelde EU-relaties en relaties op basis van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol.



## 2. Gebruikte databestanden

Voor het onderzoeken van de relaties tussen transportgeluid en zelfgerapporteerde hinder en slaapverstoring is gebruik gemaakt van de Hinderinventarisatie (HI) uit 2003 (Franssen et al., 2004). Dit is een periodiek uitgevoerd vragenlijstonderzoek naar de verstoring van de leefomgeving in Nederland. Het voornaamste doel van de Hinderinventarisatie is het monitoren van de landelijke verspreiding en ernst van verstoringen in termen van hinder en slaapverstoring, inclusief trends in de tijd. De rapportage van dit onderzoek treft u aan op de website van het RIVM ([www.rivm.nl/bibliotheek](http://www.rivm.nl/bibliotheek)) onder rapportnummer 815120001.

De Hinderinventarisatie bevat een groot aantal vragen naar de hinder en/of slaapverstoring die de deelnemers aan het onderzoek ondervinden van verschillende geluidsbronnen. Voor dit onderzoek zijn de vragen relevant die betrekking hebben op hinder en slaapverstoring door weg-, rail-, en vliegverkeer. De – in dit onderzoek – gebruikte definities van hinder en slaapverstoring zijn te vinden in Bijlage 1. Er is voor gekozen om personen die 8, 9, of 10 scoorden (op een schaal van 0 tot 10) als ernstig gehinderd, dan wel ernstig slaapverstoord aan te merken. Deze definitie komt vrijwel overeen met de internationale conventie om personen met een hinderscore boven de 72% aan te merken als ernstig gehinderd ( $8/11 \approx 72\%$ ). Er wordt gebruik gemaakt van het percentage *ernstig* gehinderden, omdat dit de meest gebruikte hindermaat is (EU Noise Expert Network, 2002), en eenvoudiger te berekenen is dan het percentage gehinderden.

Voor 2007 van de 2076 deelnemers aan het mondeling afgenomen deel van de Hinderinventarisatie was het mogelijk om een xy-coördinaat van het woonadres te bepalen. Deze informatie is gekoppeld aan de, door het MNP gemodelleerde, gegevens over de geluidsniveaus  $L_{den}$  en  $L_{night}$  op het woonadres in 2003 (voor wegverkeer, treinverkeer en overkomende vliegtuigen), zoals die door EMPARA berekend worden. De keuze voor  $L_{den}$  en  $L_{night}$  is gebaseerd op richtlijn 2002/49/EG inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai van de Europese Unie. Daarin wordt gekozen voor de gemeenschappelijke geluidsindicatoren  $L_{den}$  voor het bepalen van hinder en  $L_{night}$  voor slaapverstoringen.

De  $L_{den}$  (Level Day-Evening-Night) is het A-gewogen jaargemiddelde geluidsniveau, waarbij de geluidsniveaus van de dag (7.00-19.00 uur), avond (19.00-23.00 uur), en nacht (23.00-7.00 uur) apart worden beschouwd. Bij de avond en de nachtwarde wordt een straffactor van respectievelijk 5 en 10 dB(A) opgeteld. De reden hiervan is dat een bepaald geluidsniveau in de avond en de nacht door het verminderen van geluiden uit de omgeving als hinderlijker wordt ervaren dan het geluid van overdag. Een andere reden is dat het voor eventuele slaapverstoring gedurende de nacht van belang is 's nachts strengere eisen te stellen. Er is geen wetenschappelijke basis voor de exacte grootte van deze straffactoren, maar ze worden algemeen gehanteerd. De  $L_{den}$  is vervolgens het logaritmisch gemiddelde van de dag-, avond-, en nachtwarde waarbij gebruik wordt gemaakt van een 'energetische' middeling. De  $L_{night}$  is het A-gewogen jaargemiddelde geluidsniveau tijdens de nacht (23.00-7.00 uur).

Verder is gebruik gemaakt van een schriftelijk vragenlijstonderzoek uit 2002 dat uitgevoerd is in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (Breugelmans et al, 2004). Behalve het monitoren van de gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit had dit onderzoek het nevensdoel om een blootstelling-responsrelatie tussen vliegtuiggeluid en hinder vast te stellen voor de regio Schiphol. Aan het onderzoek namen een kleine 6000 respondenten deel. De rapportage van het onderzoek treft u aan op de website van het RIVM ([www.rivm.nl/bibliotheek](http://www.rivm.nl/bibliotheek)) onder rapportnummer 630100001.

Het onderzoek rond Schiphol geeft geen beeld voor heel Nederland, maar een beeld op regionale schaal, voor een locatie-specifieke bron, namelijk onze nationale luchthaven. Daarnaast biedt dit onderzoek door het grotere aantal deelnemers de mogelijkheid om de relatie tussen vliegtuiggeluid en zelfgerapporteerde hinder en slaapverstoring nauwkeuriger vast te stellen. Tevens zijn de deelnemers aan dit onderzoek gestratificeerd naar hun blootstelling aan vliegtuiggeluid. Hierdoor is de relatie over een grotere range van geluidwaarden vast te stellen en wordt ervoor gezorgd dat in alle geluidklassen voldoende deelnemers aanwezig zijn om een betrouwbare uitspraak te kunnen doen over de blootstelling-responsrelatie. Van alle deelnemers aan het onderzoek is de xy-coördinaat van het woonadres bepaald. Deze informatie is gekoppeld aan de, door EMPARA gemodelleerde, gegevens over de geluidsniveaus (voor wegverkeer en vliegtuigen)  $L_{den}$  en  $L_{night}$  in 2003.



### 3. Analysemethode

Voorafgaande aan het berekenen van blootstelling-responsrelaties wordt gekeken naar de verdelingen van zowel de uitkomstmaten (aantal en percentage ernstig gehinderden door de verschillende geluidbronnen) als de blootstellingsmaten. De wijze waarop ernstige hinder en slaapverstoring zijn gedefinieerd wordt uitgelegd in Bijlage 1.

Voor het berekenen van de blootstelling-responsrelatie wordt gebruik gemaakt van de logistische regressiemethode. In een logistisch regressiemodel is de uitkomstvariabele dichotoom (bijvoorbeeld wel/niet ernstig gehinderd). Het model voor de blootstelling-responsrelatie van ernstige hinder heeft de volgende vorm:

$$\log\left(\frac{EH}{1-EH}\right) = \beta_0 + \beta_1 * L_{den}$$

**Formule 1: model voor blootstelling-responsrelatie voor ernstige hinder, mutatis mutandis ernstige slaapverstoring.**

waarbij:

EH	Proportie ernstig gehinderden, c.q. ernstig slaapverstoorden
L <sub>den</sub>	Geluidsniveau

Een betrouwbaarheidsinterval is een intervalschatting voor een parameter. In tegenstelling tot een puntschatting geeft een betrouwbaarheidsinterval een heel interval van betrouwbare waarden (schattingen) van de parameter. Aan zo'n interval is een zekere betrouwbaarheid gekoppeld, die aangeeft hoe betrouwbaar de waarden in het interval zijn als mogelijke waarde voor de parameter. Naarmate een betrouwbaarheidsinterval kleiner is, wordt de schatting van de parameter betrouwbaarder.

Onderstaand de formules die gebruikt zijn voor de voor de berekening van de onder- (Formule 2) en bovengrens (Formule 3) van het 95% betrouwbaarheidsinterval:

Ondergrens (2,5%)

$$\%EH (2,5\%) = \left( \frac{e^{(B_1 - 1,98 * se(B_1)) * L_{den}}}{1 + e^{(B_1 - 1,98 * se(B_1)) * L_{den}}} \right) * 100$$

**Formule 2: ondergrens (Lower Level, LL) van het 95% betrouwbaarheidsinterval.**

Bovengrens (97,5%)

$$\%EH (97,5\%) = \left( \frac{e^{(B_1 + 1,98 * se(B_1)) * L_{den}}}{1 + e^{(B_1 + 1,98 * se(B_1)) * L_{den}}} \right) * 100$$

**Formule 3: bovengrens (Upper Level, UL) van het 95% betrouwbaarheidsinterval.**

waarbij:

- $B_1$  Schatter voor  $\beta_1$  uit het logistische regressiemodel
- $se(B_1)$  Standaardfout van  $B_1$  uit het logistische regressiemodel
- $L_{den}$  Geluidsniveau

Om te bepalen of de geschatte logistische regressiecurves passen bij de waargenomen gegevens wordt de Hosmer-Lemeshow Goodness-of-Fit-toets gebruikt (Hosmer en Lemeshow, 1989). Met behulp van deze toets is na te gaan of het feitelijke percentage gehinderden en het op basis van het model geschatte percentage gehinderden significant van elkaar verschillen. Hiertoe worden de respondenten op basis van de geschatte kans op hinder ingedeeld in 'risicodecielen', groepen die elk 10% van de respondenten omvatten. Voor deze decielen worden de feitelijke en de geschatte hinderpercentages vergeleken. Deze vergelijking geeft een indicatie van de mate waarin het model de geobserveerde variatie in hinderpercentages tussen groepen adequaat representeert. Middels een P-toest kan de nulhypothese worden getoetst, namelijk: het model is een goede afspiegeling van de waargenomen gegevens.

Bij het bepalen van de blootstelling-responsrelaties is geen rekening gehouden met de invloed van mogelijk verstorende variabelen op de relatie (zoals leeftijd, geslacht, sociaal-economische status, en gevoeligheid voor geluid). Het doel van dit onderzoek is niet om te verklaren welke factoren de relatie tussen geluid en hinder bepalen, maar om een eenvoudige, voor beleidsdoeleinden geschikte, relatie te formuleren.

## 4. Resultaten Hinderinventarisatie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende blootstelling-responsrelaties toegelicht. Zoals eerder beschreven zijn voor een drietal bronnen (weg-, vlieg- en treinverkeer) en twee effecten (ernstige hinder en ernstige slaapverstoring) blootstelling-responsrelaties opgesteld. Allereerst worden de resultaten voor ernstige hinder (paragraaf 4.1) gepresenteerd, daarna voor ernstige slaapverstoring (paragraaf 4.2). Dan volgt de vergelijking met andere blootstelling-responsrelaties. In paragraaf 4.3 worden de resultaten van weg- en vliegverkeer vergeleken met de uitkomsten van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol, in paragraaf 4.4 met de ‘Europese’ blootstelling-responsrelaties.

### 4.1 Ernstige geluidhinder

#### 4.1.1 Wegverkeer

In de Hinderinventarisatie (HI) zijn voor wegverkeer diverse uitsplitsingen voor hinder van wegverkeer gemaakt (diverse bronnen). EMPARA kent slechts één blootstellingswaarde voor wegverkeer (totaal wegverkeer). Daarom moeten de responsgegevens uit de HI worden samengevoegd. Een eenduidige methode hiervoor bestaat (nog) niet. In paragraaf 4.1.1.1 wordt uitgelegd hoe hiermee is omgegaan in dit onderzoek. Wel kan er met behulp van EMPARA onderscheidt worden gemaakt naar binnen- en buitenstedelijk wegverkeer. Dit wordt in paragraaf 4.1.1.2 toegelicht.

##### 4.1.1.1 Totaal wegverkeer

In de Hinderinventarisatie zijn verschillende vragen gesteld over hinder door wegverkeer. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen 8 bronnen van geluid en 4 wegtypen met verschillende snelheidsbeperkingen (tot 30 km/uur, tot 50 km/uur, tot 80 km/uur, en tot 100/120 km/uur). Omdat er geen vraag is gesteld naar geluidhinder door het totale aanbod van wegverkeer, terwijl met behulp van EMPARA alleen geluid van totaal wegverkeer kan worden gemodelleerd, was het noodzakelijk om vragen te combineren om de relatie tussen totaal geluid van wegverkeer en de ondervonden hinder te beschrijven. Voor wegverkeer is gekozen voor het samenvoegen van de 3 bronspecifieke hindervragen over personenauto's en taxi's, bestelauto's en vrachtauto's. Deze drie bronnen sluiten het best aan bij de blootstellingsgegevens in EMPARA.

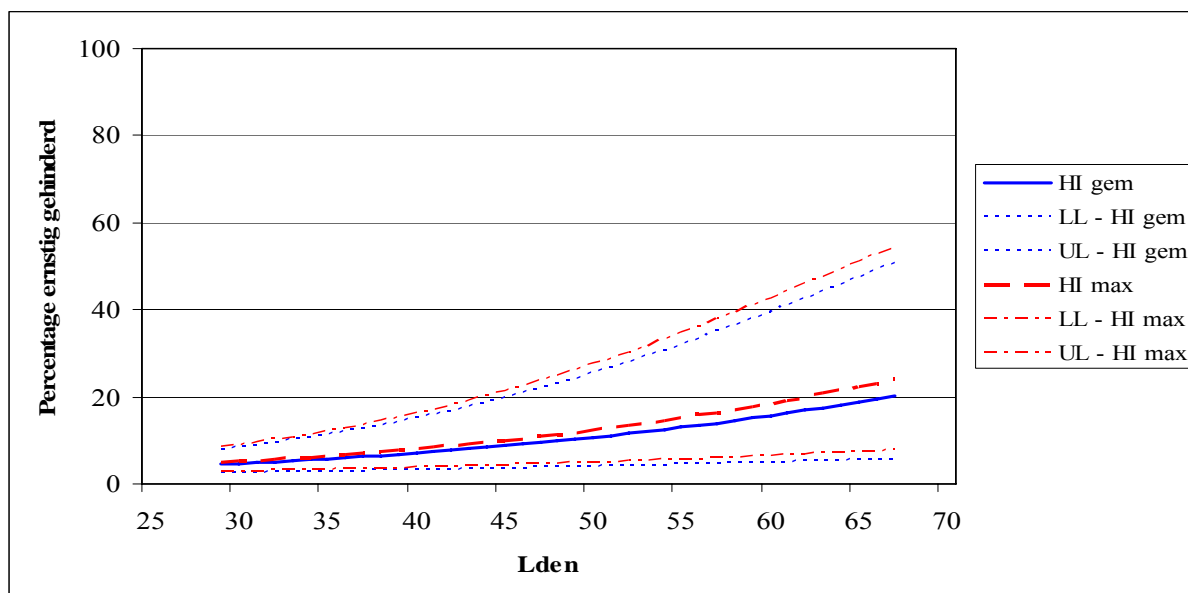
Er zijn twee maten voor de ‘totale’ geluidhinder door wegverkeer gegenereerd. De eerste maat gaat uit van de bronspecifieke vragen en de tweede maat combineert de vragen over de verschillende wegtypen. Voor elke hindermaat is berekend wat de gemiddelde hinder is die een respondent ondervindt, en wat zijn maximale hinder is (hoogste score op 1 van de 4 vragen). Omdat op voorhand niet duidelijk was welke hindermaat tot de beste resultaten zou leiden, zijn de volgende vier combinaties onderzocht:

- Wegtype: Gemiddelde hinder ondervonden door geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 30, 50, 80 en 100/120 km/uur.
- Wegtype: Maximale hinder ondervonden door geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 30, 50, 80 of 100/120 km/uur.
- Geluidsbron: Gemiddelde hinder door geluid van personenauto's en taxi's, bestelauto's, en vrachtauto's.
- Geluidsbron: Maximale hinder ondervonden door geluid van personenauto's en taxi's, bestelauto's of vrachtauto's.

De gebruikte vragen en de methode om de antwoorden op de vragen te combineren zijn te vinden in Bijlage 1.

### Wegtype

Voor hinder veroorzaakt door totaal wegverkeer is het mogelijk om een blootstelling-respons curve voor ernstige hinder te berekenen: de fit van het logistische regressiemodel is goed (de voorspelde curve past bij de waargenomen resultaten). De keuze voor de gemiddelde of maximale hinderscore levert weinig verschillen op tussen de gevonden hindercurves, hoewel het gebruik van de maximumscore iets hogere percentages geeft (Figuur 4.1 en Bijlage 2). Bij een blootstelling aan 65 dB(A) geeft het gebruik van de maximum hinderscore 3-4 procent meer ernstig gehinderden.



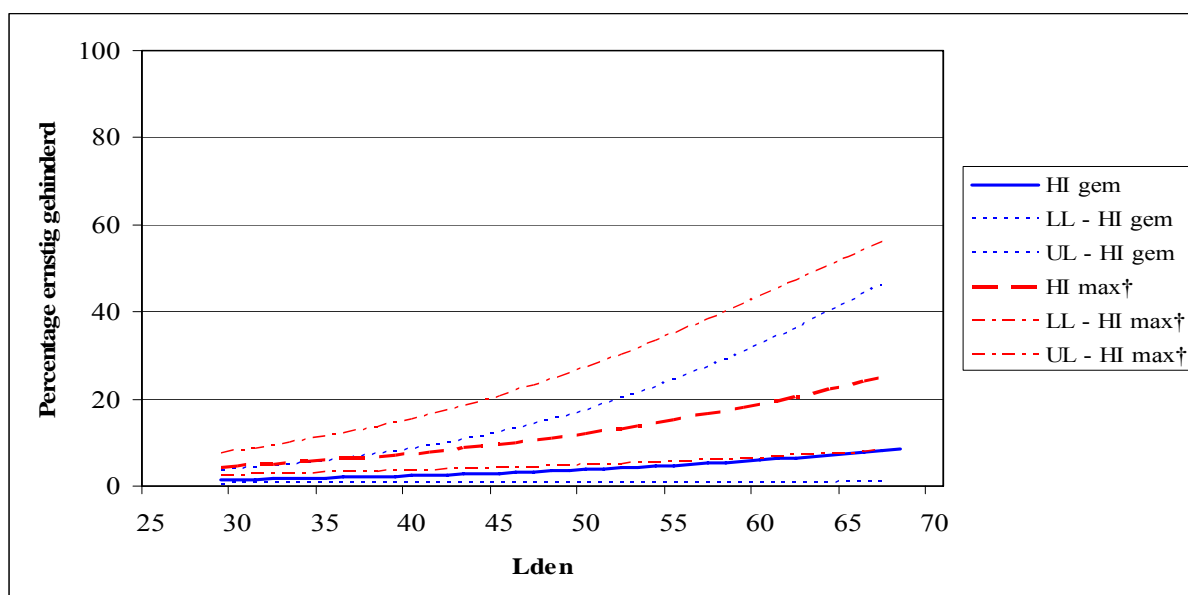
*Figuur 4.1. Vergelijking blootstelling-responsrelaties totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met verschillende snelheidsbeperkingen: gemiddelde en maximumscore voor hinder van wegen met een maximum snelheid van 30, 50, 80 en 100/120 km/uur*

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL (lower level respectievelijk upper level) = 95% betrouwbaarheidsintervallen

### Bronspecifiek

*Bronspecifiek*

De blootstelling-responsrelatie voor totaal geluid ( $L_{den}$ ) van wegverkeer en ernstige hinder op basis van transportbronnen is moeilijker te karakteriseren. De twee gebruikte definities van 'totale' hinder (gemiddelde of maximumscore van de drie bronnen) leveren heel andere beelden op (Figuur 4.2 en Bijlage 2). Bij gebruik van de maximumscore is het totale percentage ernstig gehinderden meer dan drie keer zo hoog als bij gebruik van de gemiddelde score. Door het kleine aantal ernstig gehinderden levert een blootstelling-responsrelatie gebaseerd op de gemiddelde score een weinig betrouwbare curve op, maar de relatie is wel te beschrijven met een logistische regressie. De geschatte blootstelling-responsrelatie gebaseerd op de maximumscore wijkt significant af van de geobserveerde waarnemingen ( $p < 0.05$ ).



*Figuur 4.2* Vergelijking blootstelling-responsrelaties totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid van afzonderlijke bronnen: gemiddelde en maximumscore voor hinder van personenauto's, bestelauto's en vrachtauto's

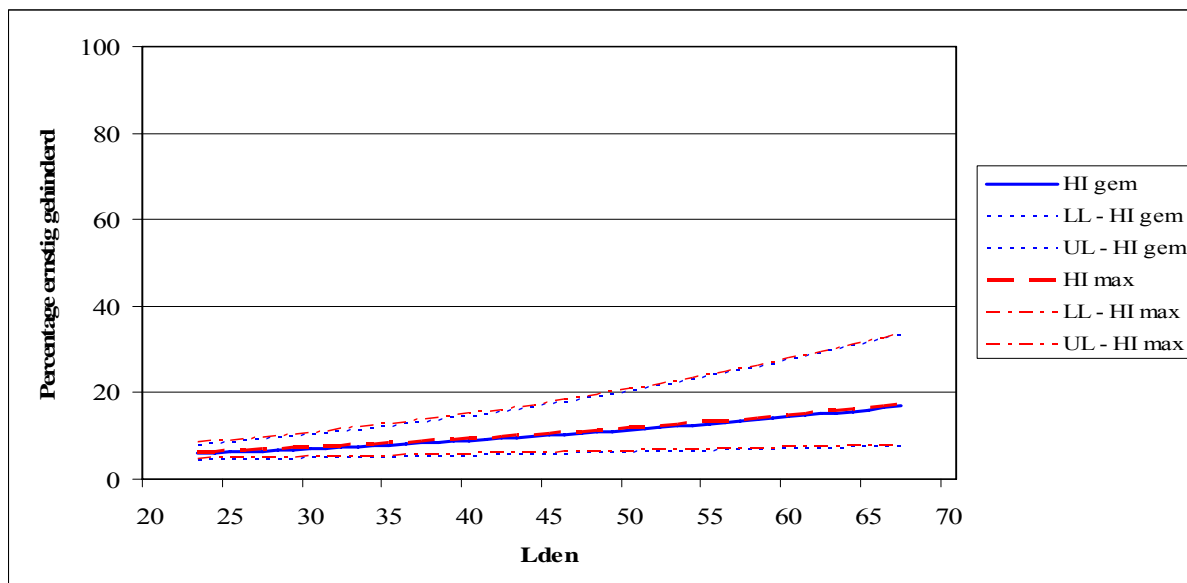
HI = Hinderinventarisatie, gem=ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max=ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen, †=model past wijkt significant af van de waarnemingen

#### **4.1.1.2 Geluid van binnenstedelijk en buitenstedelijk wegverkeer**

Met het EMPARA-geluidsmodel is het mogelijk om de bijdrage van de geluidsblootstelling veroorzaakt door binnenstedelijk en buitenstedelijk wegverkeer afzonderlijk te modelleren. Als hindermaat voor binnenstedelijk wegverkeer zijn de hindervragen over verkeer op wegen met een snelheidsbeperking tot 30 km/uur en tot 50 km/uur samengevoegd. Voor buitenstedelijk wegverkeer zijn de hindervragen over verkeer op wegen met een snelheidsbeperking tot 80 km/uur en tot 100-120 km/uur samengevoegd. Voor beide hindermaten is een analyse uitgevoerd met zowel de gemiddelde hinder als de maximale hinder.

Voor binnenstedelijk verkeer lijkt het mogelijk om een blootstelling-responscurve voor ernstige hinder te berekenen: de fit van het logistische regressiemodel is redelijk. De keuze van gemiddelde of maximum hinderscore voor binnenstedelijk wegverkeer levert weinig

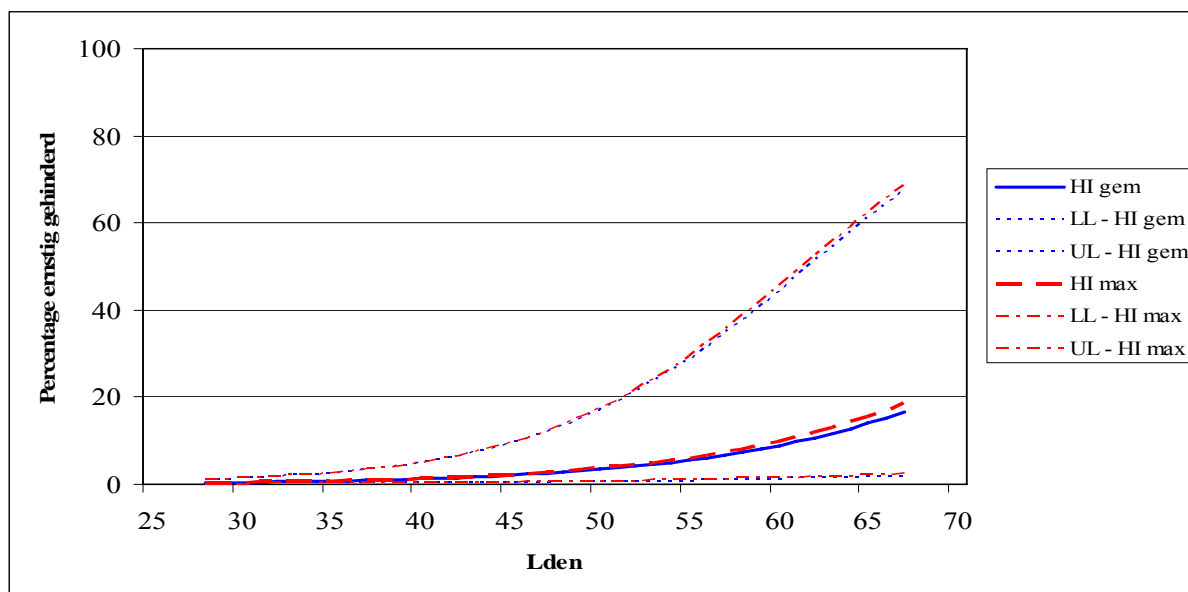
verschil op tussen de blootstelling-responsrelaties; de twee curves komen goed overeen (Figuur 4.3 en Bijlage 2). De Hosmer-Lemehow toets laat zien dat de fit van de logistische regressiemodellen redelijk is ( $p < 0.10$ ).



*Figuur 4.3* Vergelijking blootstelling-responsrelaties geluid van binnenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur: gemiddelde en maximumscore voor hinder van wegen met een maximumsnelheid van 30 km/uur en wegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

Ook voor buitenstedelijk verkeer lijkt het mogelijk om een blootstelling-respons curve voor ernstige hinder te berekenen: de fit van het logistische regressiemodel is goed ( $p=0.48$  voor het model op basis van gemiddelde hinder en  $p=0.27$  voor maximum hinder). De keuze voor de gemiddelde of de maximumscore (hinder door wegen met een snelheidsbeperking van 80 km/uur en 120 km/uur) levert weinig verschillen op in de percentages ernstig gehinderden; de twee curves zijn goed vergelijkbaar (Figuur 4.4 en Bijlage 2). Wel valt op dat de betrouwbaarheidsintervallen bij hogere geluidsblootstellingen erg groot worden. Dit duidt op een toename in de onzekerheid van de gevonden relaties.

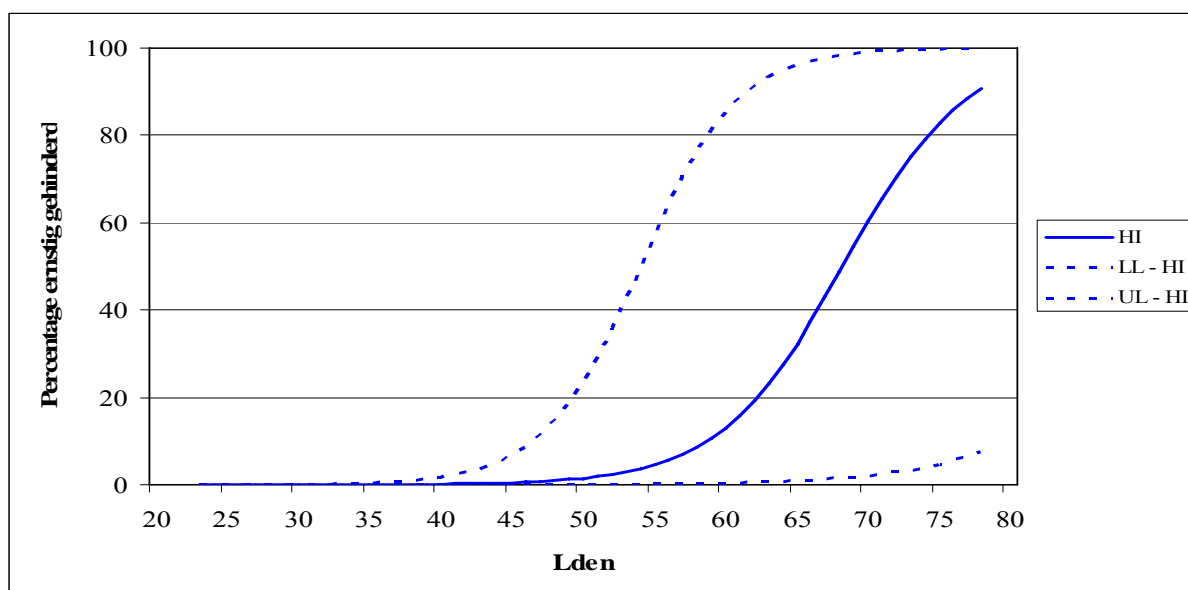


Figuur 4.4 Vergelijking blootstelling-responsrelaties geluid van buitenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking boven de 50 km/uur: gemiddelde en maximumscore voor hinder van wegen met een maximumsnelheid van 80 km/uur en wegen met een maximumsnelheid van 100/120 km/uur.

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

#### 4.1.2 Treinverkeer

Geluidhinder door railverkeer is in de Hinderinventarisatie met één vraag gesteld. Dit maakt het gebruik van gecombineerde hindermaten overbodig. Het aantal mensen in de Hinderinventarisatie dat blootgesteld is aan geluid van treinen en aangeeft ernstig gehinderd te zijn, is echter erg klein ( $n=25$ ). Het logistische regressie model past goed bij de waargenomen aantallen gehinderden ( $p=0.65$ ). Echter, door het kleine aantal mensen met een hoge geluidsblootstelling is de gemodelleerde blootstelling-responsrelatie vrij onbetrouwbaar (Figuur 4.5 en Bijlage 2). Dit komt tot uiting in de zeer grote betrouwbaarheidsintervallen.



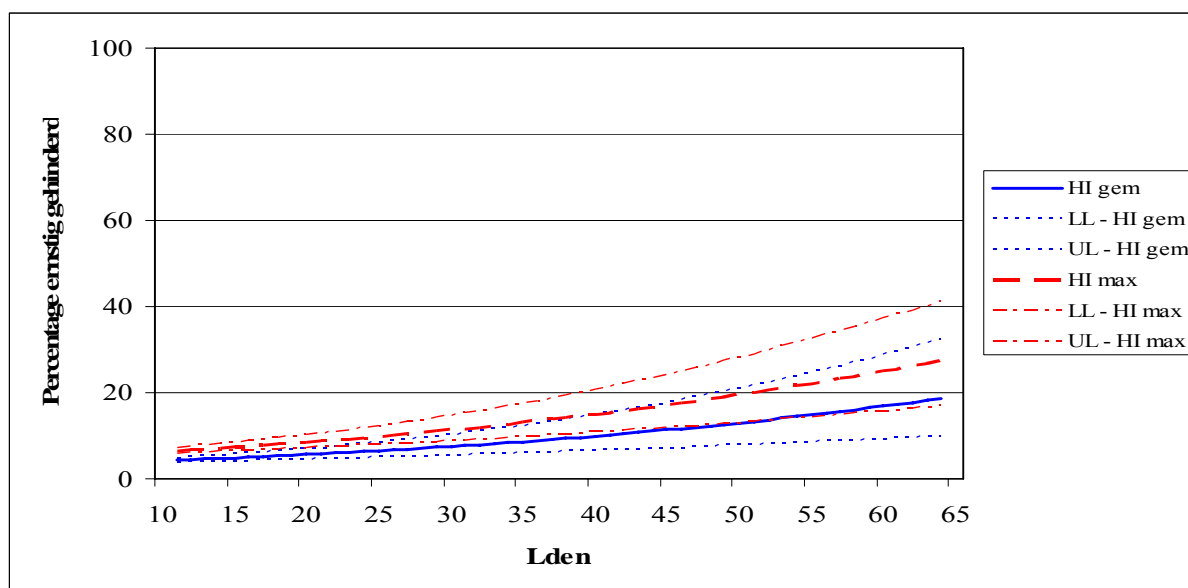
Figuur 4.5 Blootstelling-responsrelatie geluid van treinen en ernstige hinder door geluid van treinen  
HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

### 4.1.3 Vliegverkeer

In de Hinderinventarisatie wordt gebruik gemaakt van twee vragen om de hinder door geluid van vliegtuigen vast te stellen. Ook voor vliegtuiggeluid kent EMPARA slechts één blootstellingsmaat. Daarom is ook in dit geval gebruik gemaakt van gecombineerde hindermaten. De gemiddelde en de maximale hinderscore zijn berekend op basis van de vragen over hinder ondervonden door het geluid van passagiers- en vrachtvliegen, en door militaire vliegtuigen (zie Bijlage 1).

Heel weinig mensen in de steekproef van de Hinderinventarisatie wonen in een gebied met een hoge blootstelling aan vliegtuiggeluid: slechts 22 mensen wonen in een gebied met een  $L_{den}$  boven de 55 dB(A). De blootstelling-responsrelaties voor hinder zijn daarom niet betrouwbaar voor hoge blootstellingen.

De twee gebruikte definities van ‘totale’ hinder door vliegtuiggeluid (gemiddelde of maximumscore) leveren verschillende beelden op (Figuur 4.6 en Bijlage 2). Bij gebruik van de maximumscore is het totale percentage ernstig gehinderden 50% hoger dan bij gebruik van de gemiddelde score. Bij beide maten is het wel mogelijk de blootstelling-responsrelatie te beschrijven met een logistisch model ( $p=0.12$  voor het model met gemiddelde hinder en  $p=0.25$  voor het model met maximum hinder).



*Figuur 4.6. Vergelijking blootstelling-responsrelaties totaal geluid van vliegverkeer en ernstige hinder door geluid van vliegtuigen: gemiddelde en maximumscore voor hinder door geluid van passagiers- en vrachtvliegtuigen en militaire vliegtuigen*

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

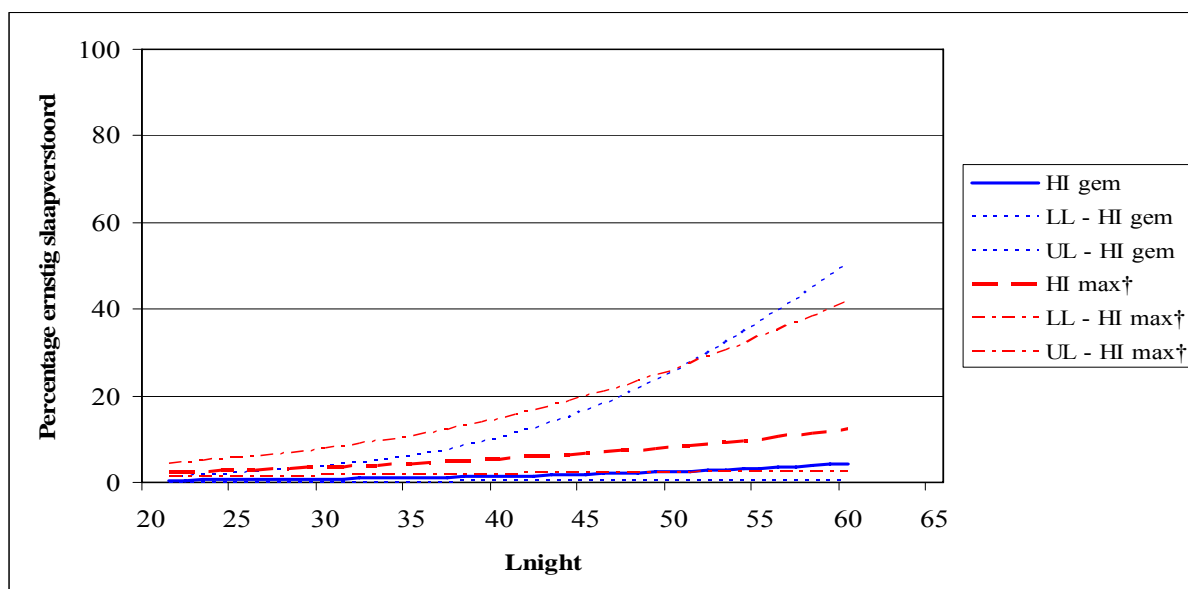


## 4.2 Ernstige slaapverstoring door geluid

### 4.2.1 Wegverkeer

Voor het bepalen van de relatie tussen geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring is gebruik gemaakt van de nachtelijke geluidsblootstelling  $L_{\text{night}}$  uit het EMPARA-model. Het was niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen wegtype en specifieke bronnen van wegverkeer; in de HI is alleen gevraagd naar het ondervinden van slaapverstoring door specifieke bronnen van wegverkeer. Op dezelfde wijze als voor hinder (paragraaf 4.1.1.1) zijn twee gecombineerde slaapverstoringsscores bepaald die de gemiddelde en de maximale ernstige slaapverstoring weergeven.

De blootstelling-responsrelatie voor totaal geluid van wegverkeer ( $L_{\text{night}}$ ) en ernstige slaapverstoring is niet eenvoudig weer te geven. De twee gebruikte definities van ‘totale’ slaapverstoring (gemiddelde of maximumscore van de drie bronnen) leveren verschillende beelden op (Figuur 4.7 en Bijlage 2). Bij gebruik van de maximumscore is het percentage ernstig slaapverstoorden vier keer zo hoog als bij gebruik van de gemiddelde score. In tegenstelling tot totale hinder is de fit van het logistische regressiemodel beter bij een blootstelling-responsrelatie gebaseerd op de maximumscore; de geobserveerde gegevens van de relatie tussen geluid en de gemiddelde slaapverstoringsscore laten een bijna U-vormige curve zien. (zie Bijlage 2, Tabel 2). De grote betrouwbaarheidsintervallen worden veroorzaakt door het geringe aantal respondenten in het onderzoek die ernstige slaapverstoring ondervinden van wegverkeer.

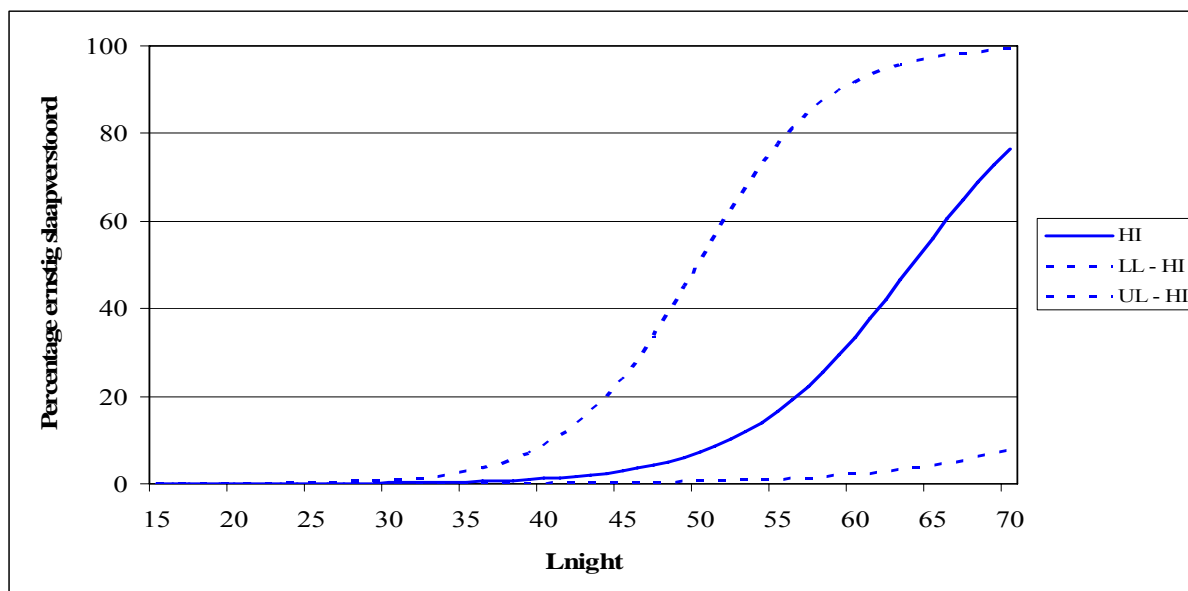


Figuur 4.7. Vergelijking blootstelling-responsrelaties totaal nachtelijk geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring door geluid van afzonderlijke bronnen: gemiddelde en maximumscore voor hinder van personenauto's, bestelauto's en vrachtauto's

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen, † = model past niet bij waargenomen data

### 4.2.2 Treinverkeer

Slaapverstoring door treinverkeer is in de Hinderinventarisatie met één vraag gesteld. Dit maakt het gebruik van een gecombineerde slaapverstoringsmaat overbodig. Het logistische regressiemodel voor slaapverstoring past goed bij de geobserveerde data ( $p=0.72$ ). Echter, door het kleine aantal mensen met een hoge geluidsblootstelling is de gemodelleerde blootstelling-responsrelatie niet erg betrouwbaar (Figuur 4.8 en Bijlage 2).



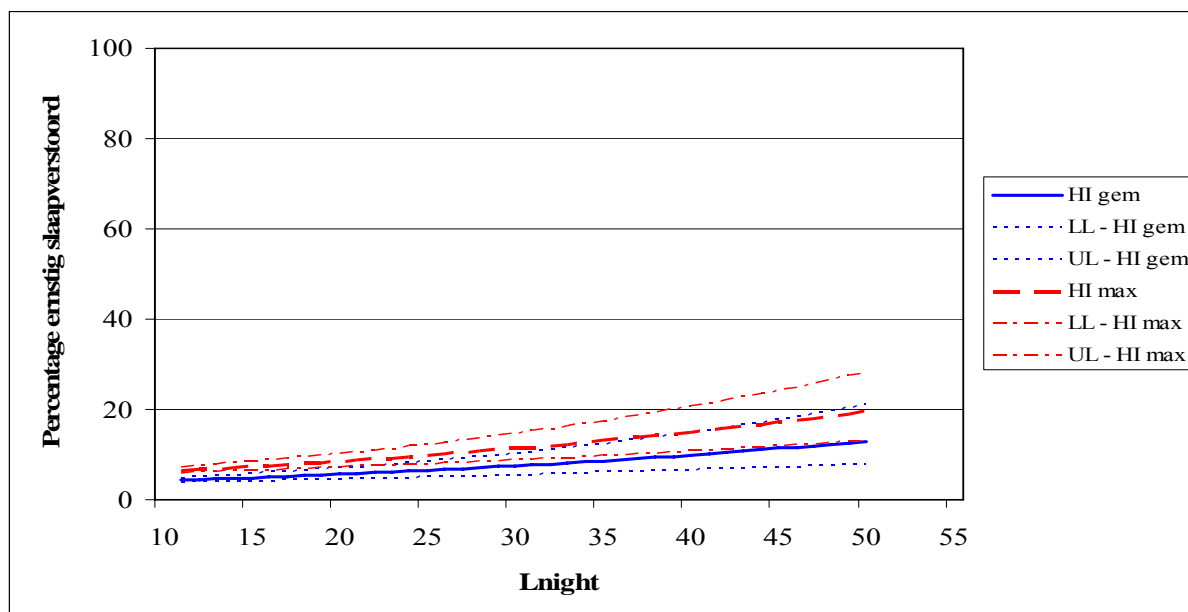
Figuur 4.8. Blootstelling-responsrelatie geluid van treinen en ernstige slaapverstoring door nachtelijk geluid van treinen

HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

### 4.2.3 Vliegverkeer

In de Hinderinventarisatie wordt gebruik gemaakt van twee vragen om de slaapverstoring door vliegtuiggeluid vast te stellen. Wederom zijn gecombineerde maten voor slaapverstoring gebruikt. Slechts weinig mensen in de Hinderinventarisatie wonen in een gebied met een hoge nachtelijke blootstelling aan vlieggeluid: 13 mensen met een  $L_{\text{night}}$  boven de 45 dB(A). De blootstelling-responsrelaties voor slaapverstoring zijn daarom niet betrouwbaar voor hoge blootstellingen. Bovendien is het aantal mensen dat ernstige slaapverstoring ondervindt door vliegtuiggeluid klein, wat de betrouwbaarheid van de blootstelling-responsrelatie verder doet afnemen.

De twee gebruikte definities van ‘totale’ slaapverstoring (gemiddelde of maximumscore van de twee bronnen) leveren verschillende beelden op (Figuur 4.9 en Bijlage 2): de geschatte curve op basis van de gemiddelde score ligt aanzienlijk lager dan de curve gebaseerd op de maximumscore. Bij gebruik van de maximumscore is het totale percentage ernstig slaapverstoorden een derde hoger dan bij gebruik van de gemiddelde score. De fit van het model gebaseerd op de gemiddelde hinderscore is redelijk ( $p=0.08$ ), terwijl het model gebaseerd op de maximumscore slecht overeenkomt met de geobserveerde gegevens ( $p<0.05$ ).



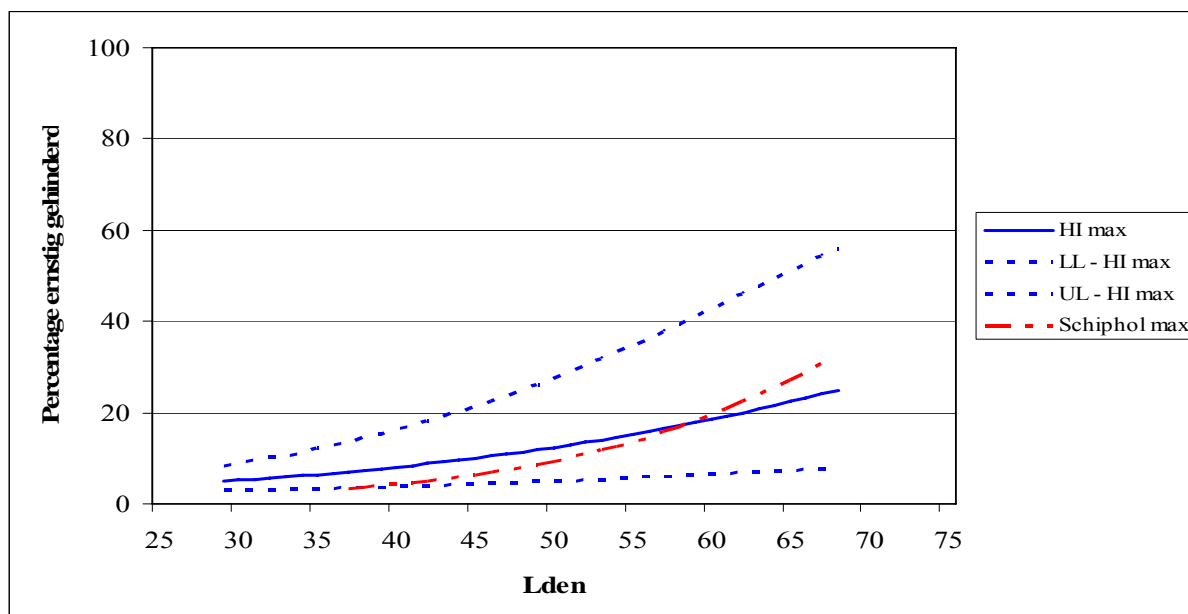
Figuur 4.9. *Vergelijking blootstelling-responsrelaties totaal nachtelijk geluid van vliegverkeer en ernstige slaapverstoring door geluid van vliegtuigen: gemiddelde en maximumscore voor hinder door geluid van passagiers- en vrachtvliegtuigen en militaire vliegtuigen*  
 HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

## 4.3 Vergelijking met resultaten uit het GES onderzoek

### 4.3.1 Geluidhinder en slaapverstoring door wegverkeer

Om de mate van hinder door geluid van wegverkeer vast te stellen wordt in de Hinderinventarisatie gebruik gemaakt van vier vragen over wegen met verschillende snelheidsbeperkingen. De Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) volstaat met twee vragen: wegen waar harder gereden mag worden dan 50 km/uur én wegen waar niet harder gereden mag worden dan 50 km/uur (zie ook Bijlage 1). De antwoorden op deze twee vragen zijn gecombineerd om de gemiddelde en de maximale hinder door totaal wegverkeer van de respondenten vast te stellen. Beide onderzoeken gebruiken een schaal van 0 tot 10 om hinder te bepalen. Dit maakt het mogelijk om hetzelfde afkappunt te gebruiken; respondenten met een score van 8 of hoger worden als ernstig gehinderd aangemerkt. In de GES-studie zijn alleen vragen opgenomen over hinder door geluid van verschillende wegtypes. Er is niet gevraagd naar bronspecifieke hinder (personenauto's, vrachtwagens, etc.).

Figuur 4.10 toont de blootstelling-responsrelaties voor ernstige hinder en geluid van totaal wegverkeer van zowel de Hinderinventarisatie als het GES-onderzoek. In de figuur is gebruik gemaakt van de maximale hinderscore. De figuren van de overige analyses zijn te vinden in Bijlage 3.



Figuur 4.10. *Vergelijking Hinderinventarisatie met het GES onderzoek: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid (vragen over wegen met verschillende snelheidsbeperkingen zijn gecombineerd)*  
 HI = Hinderinventarisatie, max = ernstige hinder op basis van maximumscore, LL en UL = 95% BI

Figuur 4.10 laat zien dat het percentage ernstig gehinderden in de GES-studie kleiner is bij lagere blootstellingsniveaus, maar sneller toeneemt bij stijgende geluidsblootstelling. Bij een blootstelling van 40 dB(A)  $L_{den}$  wordt in de GES-studie een percentage van 4,2% ernstig gehinderden geschat, tegen 8,1% in de hinderinventarisatie. Bij 65 dB(A)  $L_{den}$  is dit 27,1% in de GES-studie en 22,4% in de Hinderinventarisatie.

Wanneer gebruikt wordt gemaakt van de gemiddelde hinderscore van de respondenten verandert het beeld drastisch (Bijlage 3). Het totale aantal respondenten in de GES-studie dat aangemerkt worden als ernstig gehinderd daalt van 11,7% naar 3,4%, terwijl dit aantal in de Hinderinventarisatie nagenoeg gelijk blijft (12,7% naar 11,3%). Dit betekent dat het gebruik van de maximum of gemiddelde hinderscore slechts een geringe invloed heeft op de hindercurve gebaseerd op de Hinderinventarisatie. Bij de GES-studie komt de curve echter veel lager te liggen. Ter vergelijking: bij 50 dB(A)  $L_{den}$  wordt bij gebruik van de maximum hinderscore 9,4% ernstig gehinderden geschat tegen 2,5% bij gebruik van de gemiddelde hinderscore. Beide relaties zijn te beschrijven met het logistische regressiemodel, en de coëfficiënten van geluid zijn vergelijkbaar, maar de twee modellen geven heel verschillende percentages ernstig gehinderden bij alle blootstellingsniveaus.

Ook bij de GES-studie zijn analyses gedaan waarbij onderscheid is gemaakt tussen binnen- en buitenstedelijk wegverkeer. Uit de analyse komt naar voren dat de relatie tussen geluid van binnenstedelijke wegen en ernstige hinder van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur niet adequaat te beschrijven is met een logistisch model. Daarnaast is er geen relatie gevonden tussen geluid van buitenstedelijke wegen en ernstige hinder van wegen waar harder gereden mag worden dan 50 km/uur.

De relaties tussen nachtelijk wegverkeersgeluid en ernstige slaapverstoring van de GES-studie en de Hinderinventarisatie kunnen niet goed met elkaar vergeleken worden. De GES-studie maakt gebruik van vragen over het wegtype, terwijl de Hinderinventarisatie de slaapverstoring door bronspecifieke geluidsblootstelling in kaart brengt.

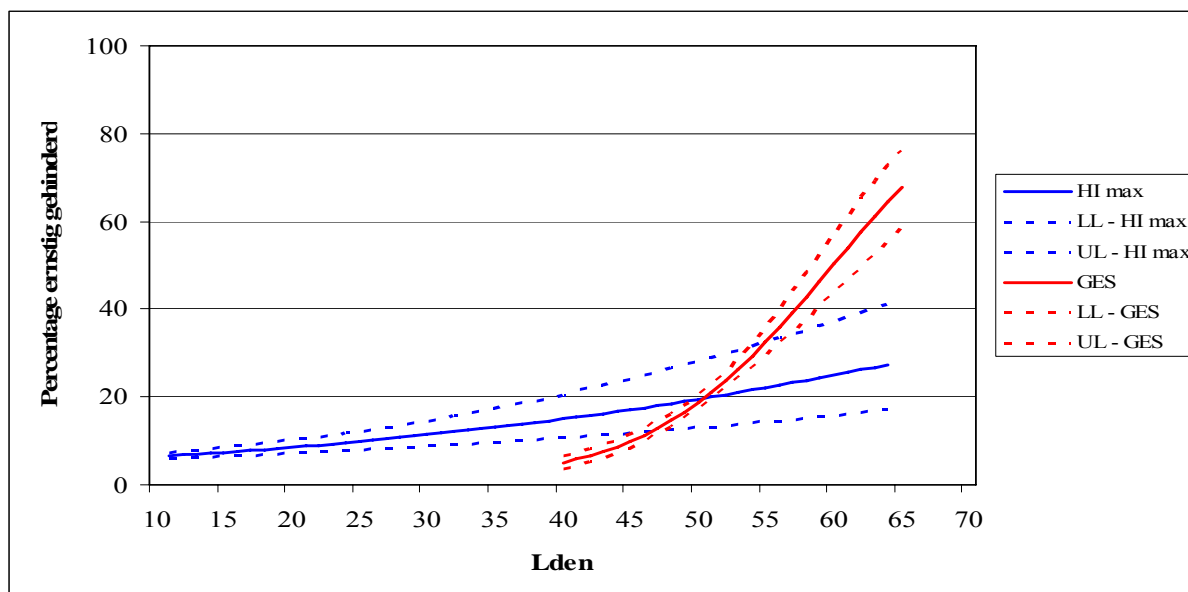
Voor de relatie tussen totaal nachtelijk geluid ( $L_{\text{night}}$ ) van wegverkeer en ‘totale’ ernstige slaapverstoring geldt dat de resultaten sterk afhangen van de definitie van slaapverstoring. Wordt er in het GES-onderzoek voor gekozen om de gemiddelde score te gebruiken, dan is 1,1% ernstig slaapverstoord; als de maximumscore wordt gebruikt, is het percentage ernstig slaapverstoorden meer dan vier keer zo hoog. De curve gebaseerd op de gemiddelde score is wel te beschrijven met een logistisch model; de curve gebaseerd op de maximumscore niet. De blootstelling-responsrelaties van beide studies zijn in beeld gebracht in Bijlage 3.

Het is niet goed mogelijk om onderscheid te maken tussen binnen- en buitenstedelijk wegverkeer, omdat de relaties niet adequaat met het logistische regressiemodel te beschrijven zijn in de GES-studie.

### **4.3.2 Geluidhinder en slaapverstoring door vliegverkeer**

De opzet van de GES-studie was er onder andere op gericht om de geluidhinder en slaapverstoring over een zo groot mogelijk bereik van vliegtuiggeluid vast te stellen. Door het gebruik van een gestratificeerde steekproef bevat de dataset relatief veel respondenten in gebieden met een hoge blootstelling aan vliegtuiggeluid. Het is daarom mogelijk om de blootstelling-responsrelatie van de GES-studie met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Figuur 4.11 toont de relaties tussen vliegtuiggeluid en ernstige hinder uit de Hinderinventarisatie en de GES-studie. Voor de analyse van de Hinderinventarisatie is gebruik gemaakt van de maximale hinder die de respondenten ondervonden van passagiers- en vrachtvliegtuigen of van militaire vliegtuigen, terwijl de GES-studie gebruik maakt van één enkele vraag naar de hinder van vliegtuigen.

Het valt direct op dat er grote verschillen zijn tussen de resultaten van de GES-studie en de Hinderinventarisatie. De GES-studie schat een veel hoger percentage ernstig gehinderden bij hogere geluidblootstellingen. Het verschil tussen de curves wordt nog groter wanneer gebruik wordt gemaakt van de gemiddelde hinderscore in de analyse van de Hinderinventarisatie (zie Bijlage 3). Het aantal respondenten in de Hinderinventarisatie dat is blootgesteld aan een hoge geluidbelasting is erg klein (22 personen met een  $L_{\text{den}} > 55$  dB(A)), wat leidt tot een onnauwkeurige schatting van de blootstelling-responsrelatie. Dit blijkt uit het grote betrouwbaarheidsinterval.



Figuur 4.11 *Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-studie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige hinder. De vragen over passagiers- en militaire vliegtuigen in de Hinderinventarisatie zijn gecombineerd (maximale hinderscore)*  
 HI=Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

Voor de volledigheid is de vergelijking van de blootstelling-responsrelaties voor ernstige slaapverstoring door vliegtuiggeluid opgenomen in Bijlage 3. Het aantal respondenten van de Hinderinventarisatie dat blootstaat aan hoge nachtelijke geluidsniveaus is te klein om een nauwkeurige relatie te schatten met het logistische regressiemodel. Dit maakt een vergelijking met de GES-studie onmogelijk.

#### 4.4 Vergelijking met internationale blootstelling-responsrelaties

Het Europese Parlement en de Raad van Europa hebben in 2002 een richtlijn opgesteld inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai (Europese Unie, 2002). De richtlijn stelt dat blootstelling-responsrelaties moeten worden gebruikt om het effect van lawaai op de bevolking te schatten. De blootstelling-responsrelaties hebben onder andere betrekking op:

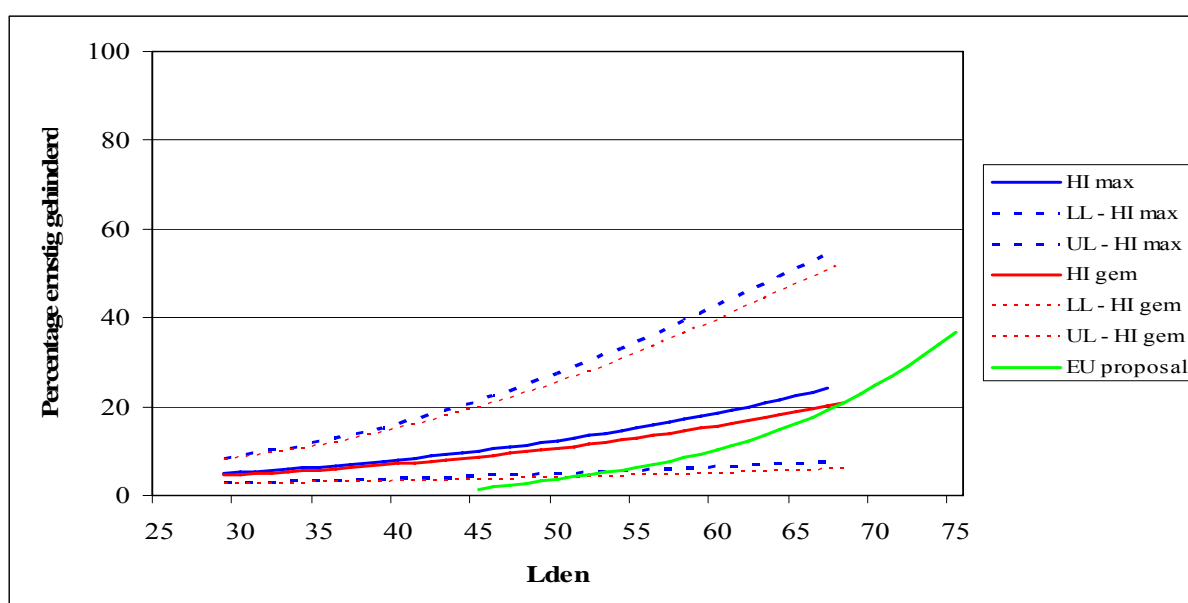
- De relatie tussen hinder en  $L_{den}$  voor lawaai van wegverkeer, spoorwegverkeer, luchtverkeer en industrie.
- De relatie tussen slaapverstoring en  $L_{night}$  voor lawaai van wegverkeer, spoorwegverkeer, luchtverkeer en industrie.

De blootstelling-responsrelaties worden in de richtlijn nog niet gedefinieerd, maar er wordt vermeld dat deze in toekomstige herzieningen worden toegevoegd. Wel liggen er twee position papers van het EU 'Noise Expert Network' met aanbevelingen voor blootstelling-responsrelaties van transportgeluid met hinder en slaapverstoring ('Noise Expert Network' van de EU, 2002 en 2004).

De resultaten van de Hinderinventarisatie zijn vergeleken – voor zover mogelijk – met de blootstelling-responsrelaties zoals die zijn voorgesteld door het ‘Noise Expert Network’ van de EU. De EU-voorstellen zijn gebaseerd op resultaten van studies uit het Kennisbestand Verstoringen dat onderhouden wordt door TNO (Miedema en Oudshoorn, 2001; Miedema et al., 2003; Miedema en Vos, 2004).

Vergelijking met de Europese voorstellen is mogelijk voor hinder en slaapverstoring veroorzaakt door geluid van totaal wegverkeer, trein-, en vliegverkeer.

Figuur 4.12 toont de blootstelling-responsrelaties voor geluid van totaal wegverkeer en ernstige hinder. De overige figuren zijn opgenomen in Bijlage 3. Het was niet mogelijk om het betrouwbaarheidsinterval van de TNO-curve in de figuur weer te geven, omdat deze in de literatuur slechts grafisch is weergegeven. Nameten in het artikel levert bij 60 dB(A) een 95% betrouwbaarheidsinterval op dat loopt van ongeveer 8-13% ernstig gehinderden.



Figuur 4.12. Vergelijking Hinderinventarisatie met voorstel van het EU Noise Expert Network: blootstelling-responsrelatie totaal wegverkeer en ernstige hinder. Gemiddelde en maximum hinderscore van wegen met een maximum snelheid van 30, 50, 80 en 100/120 km/uur.

HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

De internationaal voorgestelde curve is geldig in de range van 45-75 dB(A). Hierbij is uitgegaan van de aanname dat personen blootgesteld aan geluidsniveaus onder 42 dB(A)  $L_{den}$  geen ernstige hinder ondervinden: de curve is geforceerd door nul bij 42 dB(A). Bij de analyse van de HI is ervan uitgegaan dat er ook bij lagere geluidblootstellingen een (klein) percentage ernstig gehinderden voor kan komen. Het ondervinden van hinder wordt namelijk niet alleen bepaald door het geluidsniveau, maar ook door een aantal niet-akoestische factoren (onder anderen Fields, 1992; Guski, 1999; Kamp, 1990). Het gaat hierbij onder andere om de houding ten opzichte van de bron, gevoeligheid voor geluid, angst voor gezondheidseffecten of ongelukken. Daarnaast is het schatten van een betrouwbare blootstelling-responsrelatie op basis van de personen blootgesteld aan geluidsniveaus boven de 42 dB(A) niet goed mogelijk met de resultaten van de HI, omdat de onderzoekspopulatie

voornamelijk aan lage geluidniveaus is blootgesteld. 85% van de respondenten is blootgesteld aan wegverkeersgeluid, 13% aan vliegverkeersgeluid, en 31% aan railverkeersgeluid boven de 42 dB(A)  $L_{den}$ .

Het is mogelijk dat deze verschillende aannames er toe leiden dat de curves bij lagere geluidsblootstellingen van elkaar verschillen, en bij hogere geluidsblootstellingen steeds meer naar elkaar toe bewegen. Hetzelfde beeld komt naar voren wanneer de curves voor ernstige hinder door vliegverkeer vergeleken worden (Bijlage 3).

Wanneer in de HI alleen naar de hinder door buitenstedelijk wegverkeer wordt gekeken, zijn de overeenkomsten met de internationaal voorgestelde blootstelling-responsrelatie zeer goed (Bijlage 3). Dit geldt niet wanneer de hinder door binnenstedelijk wegverkeer wordt geanalyseerd. Ook de blootstelling-responsrelaties van geluid door railverkeer en hinder komen goed overeen. De ruime betrouwbaarheidsintervallen geven echter aan dat de betrouwbaarheid waarmee deze curves vastgesteld kunnen worden op basis van de HI niet erg groot is.



## 5. Discussie en conclusies

### **Blootstelling aan verkeersgeluid**

Voor het vaststellen van de blootstelling van de onderzoeksdeelnemers aan transportgeluid is gebruik gemaakt van het EMPARA-geluidsmodel – module NOISETOOL. De geluidskartering is gebaseerd op een ketenberekening (van verkeersemissies, via overdracht naar immissiewaarden en blootstelling), waarbij de berekening van de emissies en de overdracht grotendeels (weg en rail) dan wel geheel (luchtvaart) overeenkomt met de wettelijke rekenvoorschriften voor het geluid van deze bronnen.

Het schatten van de blootstelling van de respondenten met een geluidsmodel, zoals EMPARA, is de best beschikbare methode. Het gebruik van een model brengt echter ook een aantal onzekerheden met zich mee. Zo blijkt uit de analyses dat een grote groep respondenten dezelfde, lage, geluidblootstelling krijgt toegewezen van het model. Deze waarden zijn niet erg realistisch, maar het is niet mogelijk om op basis van de invoergegevens van het model tot een betere schatting te komen. Door de omvang heeft deze groep respondenten met dezelfde, lage, blootstelling een relatief grote invloed op het verloop van de geschatte blootstelling-responsrelaties. Er zijn twee aparte analyses uitgevoerd waarbij -1- deze groep respondenten een blootstelling van 0 dB(A) gekregen heeft, en -2- deze groep volledig uit de analyses verwijderd is. Uit deze analyses wordt niet duidelijk welke opzet de voorkeur verdient. De verschillen in het geschatte aantal ernstig gehinderden bedragen tussen de 0 en 4% in het blootstellingsbereik van 23 tot 58 dB(A), daarboven nemen de verschillen iets toe. Er is daarom gekozen om de respondenten niet uit de analyse te verwijderen en de door EMPARA geschatte geluidsblootstelling te hanteren.

Voor het schatten van een betrouwbare blootstelling-responsrelatie is een redelijk gelijkmatige verdeling van de deelnemers aan het onderzoek over de gehele verdeling van in Nederland voorkomende geluidsblootstellingen een belangrijke voorwaarde. Omdat het hier een secundaire analyse betreft, is hier bij de opzet en uitvoering van de Hinderinventarisatie geen rekening mee gehouden. De steekproef bestond uit een willekeurige trekking uit de Nederlandse bevolking. Het overgrote deel van de deelnemers aan het onderzoek is in zijn/haar woonomgeving aan relatief lage jaargemiddelde geluidswaarden voor weg-, rail-, en vliegverkeer blootgesteld.

### **Hinder en slaapverstoring**

Het meten van de hinder die een persoon ondervindt door blootstelling aan transportgeluid is geen eenvoudige opgave. Hinder wordt beïnvloedt door het geluidsniveau, maar ook door een aantal niet-akoestische factoren. Hierbij gaat het onder andere om de houding ten opzichte van de geluidsbron, gevoeligheid voor geluid, aandacht in de media voor de nadelige gevolgen van geluid, en toekomstige veranderingen in de geluidssituatie rondom de woning door aanleg van wegen of uitbreiding van een geluidsbron, bijvoorbeeld een luchthaven. Het geluidsniveau verklaart slechts een deel van de variantie. Dit betekent dat blootstelling aan

geluid weliswaar een noodzakelijke voorwaarde is voor het ondervinden van hinder, maar dat de mate van hinder voor een deel wordt bepaald door andere, niet-akoestische factoren. De aantallen gehinderden/slaapverstoorden door geluid kunnen daardoor op lokaal niveau afwijken van de aantallen die verwacht mogen worden op basis van (inter-)nationaal vastgestelde blootstelling-responsrelaties.

Ook de gebruikte vraagstelling in de enquête of het interview is van invloed op de mate van hinder die een persoon rapporteert. Er kan gevraagd worden naar de hinder door wegverkeer in het algemeen, maar in veel onderzoeken wordt een uitsplitsing gemaakt naar verschillende bronnen van wegverkeer. In de Hinderinventarisatie wordt een onderscheid gemaakt naar wegtypen met verschillende snelheidsbeperkingen, en naar verschillende transportmiddelen (vrachtauto's, personenauto's, etc.).

Voor het opstellen van een blootstelling-responsrelatie zoals die in dit onderzoek is bepaald is het noodzakelijk dat gebruik wordt gemaakt van een dichotome uitkomstmaat: wel/niet (ernstig) gehinderd. Hierbij is de schaal waarop de ondervonden hinder gemeten wordt van belang. In de Hinderinventarisatie is gebruik gemaakt van een 11-puntsschaal (0 tot 10), waarbij verondersteld is dat iemand ernstige hinder ondervindt wanneer als antwoord 8, 9 of 10 is ingevuld. In ander onderzoek (onder andere in de studies waaraan het EU Noise Expert Network refereert in zijn aanbevelingen) wordt ook wel een 5-puntsschaal, 7-puntsschaal of een eenvoudige ja/nee-schaal gebruikt. Het gebruik van een andere schaal en een ander afkappunt kan leiden tot een ander percentage ernstig gehinderden.

In dit rapport is getracht om blootstelling-responsrelaties te beschrijven voor hinder door wegverkeer, vliegverkeer, en railverkeer op nationaal niveau. Het gaat daarbij om de samenhang tussen geluidniveaus van drie bronnen (totaal verkeers-, trein- en vliegverkeersgeluid en de 'totale' hinder die een persoon ondervindt van een van de drie verkeersbronnen. In de Hinderinventarisatie is de hinder veroorzaakt door vlieg- en railverkeer met één enkele vraagstelling onderzocht. Voor wegverkeer was het noodzakelijk om vragen over de hinder door verschillende transportmiddelen samen te voegen om tot een maat voor de 'totale' hinder te komen. Er is geen eenduidige methode bekend om verschillende hindervragen samen te voegen. In dit onderzoek is ervoor gekozen om de gemiddelde en de maximum hinderscore te berekenen. Gebruik van de gemiddelde hinderscore levert per definitie een lager percentage (ernstig) gehinderden, dan gebruik van de maximumscore. Het is niet duidelijk welke methode de voorkeur geniet voor vergelijking met de resultaten van de door het 'Noise Expert Network' voorgestelde hindermaat voor gebruik in de Europese Unie, omdat niet duidelijk is hoe met dit probleem is omgegaan bij het vaststellen van de blootstelling-responsrelaties op basis van het Kennisbestand Verstoringen. Ook de Europese ISO-norm biedt geen houvast (ISO/TS 15666, 2003). De norm doet uitspraken over de vragen en schalen die gebruikt kunnen worden om geluidhinder vast te stellen, maar gaat niet in op de wijze waarop vragen gecombineerd kunnen worden.

Bovenstaande opmerkingen gelden zowel voor het vaststellen van hinder als slaapverstoring op basis van de Hinderinventarisatie.

### **Blootstelling-responsrelaties**

Het gebruik van een blootstelling-responsrelatie om het percentage gehinderde personen door omgevingslawaai te voorspellen is een geaccepteerde methode die door beleidsmakers ter ondersteuning kan worden gebruikt voor normeringsdoeleinden. Bij het gebruik van een blootstelling-responsrelatie is het van belang om na te gaan of de relatie toepasbaar is op de situatie die bestudeerd wordt. Een blootstelling-respons relatie is gebaseerd op een of meerdere (vragenlijst-)onderzoeken die het gedrag van een specifieke populatie in kaart brengen (bijvoorbeeld de bewoners rond Schiphol, of alle inwoners van Nederland). Met de gevonden blootstelling-responsrelatie kunnen dan valide voorspellingen worden gedaan over de bestudeerde populatie op een bepaald tijdstip; bij gebruik van de relatie in een andere populatie of ander tijdstip is voorzichtigheid geboden. In het voorspelde percentage gehinderden kunnen afwijkingen optreden voor subgroepen op specifieke locaties, door random factoren, en individuele en lokale omstandigheden; bijvoorbeeld niet-akoestische factoren zoals geluidgevoeligheid.

De resultaten van de Hinderinventarisatie uit 2003 zijn gebaseerd op een a-selecte random steekproef van de adressen in heel Nederland. Een blootstelling-responsrelatie gebaseerd op de Hinderinventarisatie heeft daarmee zeggingskracht voor heel Nederland en kan niet zonder meer voor specifieke locaties of regio's worden toegepast.

### *Wegverkeer*

Wanneer gebruik wordt gemaakt van de vragen over wegtypen met verschillende snelheidsbeperkingen is het mogelijk om blootstelling-responsrelaties te bepalen voor blootstelling aan verkeerslawaai en ernstige hinder. Dit geldt zowel voor 'totaal' wegverkeer, als voor binnen- en buitenstedelijk wegverkeer. Het onderscheid tussen de relaties op basis van de maximum of de gemiddelde hinderscore is daarbij gering. De betrouwbaarheid van de gemodelleerde blootstelling-responsrelaties neemt af bij toenemende geluidsblootstelling. Dit hangt samen met de geringe aantallen deelnemers aan de Hinderinventarisatie die zijn blootgesteld aan hoge geluidsniveaus.

Met de vraagstellingen over specifieke bronnen van wegverkeerslawaai is het niet mogelijk om bruikbare blootstelling-responsrelaties vast te stellen, omdat het samenvoegen van hindervragen met betrekking tot de verschillende bronnen van wegverkeer leidt tot een moeilijk te interpreteren hindermaat.

De blootstelling-responsrelaties van de Hinderinventarisatie verschillen van de relatie die is voorgesteld door de Expert Working Group van de Europese Unie. De EU-curve voor ernstige hinder heeft betrekking op een gebied van hogere geluidwaarden (45-75 dB(A)) en veronderstelt dat er geen ernstige hinder voorkomt beneden de 42 dB(A). Het is mogelijk dat het gebruik van een andere analysemethode, andere aannames, en een ander onderzoek

blootstellingsbereik leidt tot de verschillen tussen de blootstelling-responsrelaties. Door het geringe aantal hoog blootgestelde deelnemers van de Hinderinventarisatie was het niet mogelijk om een analyse uit te voeren waarbij alleen de deelnemers blootgesteld aan geluidsniveaus hoger dan 42 dB(A) werden betrokken. De resultaten van de Hinderinventarisatie maken wel duidelijk dat ook bij lagere geluidsniveaus een zeker percentage van de bevolking ernstige hinder ondervindt van wegverkeerslawaaï.

De blootstelling-responsrelaties op basis van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol zijn erg gevoelig voor de keuze tussen de maximum of de gemiddelde hinderscore. Gebruik van de maximum hinderscore levert een curve op die redelijk overeenkomt met de uitkomsten van de Hinderinventarisatie, terwijl gebruik van de gemiddelde hinderscore leidt tot een veel lager percentage ernstig gehinderden. Ook de GES-curves voor binnen- en buitenstedelijk wegverkeer wijken af van de Hinderinventarisatie, waarbij vooral het ontbreken van een significant positief verband tussen buitenstedelijk verkeersgeluid en hinder opvalt.

#### *Vliegverkeer*

Het gebruik van de maximum of gemiddelde hinderscore heeft grote invloed op de blootstelling-responsrelatie voor vliegverkeer die bepaald wordt op basis van de Hinderinventarisatie. Gebruik van de maximumscore leidt ongeveer tot een verdubbeling van het aantal ernstig gehinderden. Het geringe aantal deelnemers dat aan hogere geluidsniveaus is blootgesteld beperkt de betrouwbaarheid van de gemodelleerde curves.

Vergelijking van de blootstelling-responsrelaties uit de Hinderinventarisatie met de GES en de door het EU Expert Network voorgestelde relatie, laat grote onderlinge verschillen zien. De GES- en EU-curves voorspellen beide aanzienlijk hogere percentages ernstig gehinderden bij hogere geluidsblootstellingen. Dit kan veroorzaakt worden door de specifieke problematiek die rond luchthavens speelt. De bijna voortdurende media-aandacht, inspanningen van belangengroeperingen, en politieke schermutselingen kunnen van invloed zijn op de beantwoording van de hindervragen.

#### *Railverkeer*

Het aantal deelnemers aan de Hinderinventarisatie dat blootgesteld is aan railverkeersgeluid is te klein om betrouwbare blootstelling-responsrelaties vast te stellen.

### **Conclusies**

- De opzet van de Hinderinventarisatie en de gebruikte vraagstellingen zijn minder geschikt voor het opstellen van blootstelling-responsrelaties tussen de geluidsblootstelling van weg-, rail- en luchtvaartverkeer. Vooral bij hogere geluidsbelasting wordt de betrouwbaarheid van de voorspelling minder vanwege het kleine aantal respondenten op basis waarvan de schatting kan worden gemaakt.
- Er bestaat een positief verband tussen het geluidsniveau en de percentages ernstig gehinderden door weg-, rail-, en luchtvaartverkeer.

- In de tot nu toe uitgevoerde wetenschappelijke onderzoeken naar verstoring van de leefomgeving worden verschillende definities en operationalisaties van het begrip ‘hinder’ gebruikt. Dit komt de vergelijkbaarheid tussen de onderzoeken niet ten goede.
- Het combineren van verschillende bronspecifieke hindervragen tot één maat voor de ‘totale’ hinder van wegverkeer levert moeilijk interpreteerbare resultaten op. Beter is het om in de vragenlijst één vraag over de totale hinder veroorzaakt door een bron, bijvoorbeeld wegverkeer, op te nemen.
- In lokale situaties kan – wanneer een lokaal vastgestelde blootstelling-responsrelatie ontbreekt – gebruik gemaakt worden van (inter-)nationale blootstelling-responsrelaties om een schatting te maken van het aantal gehinderden of slaapverstoorden op basis van de aanwezige geluidniveaus. Hierbij dient terdege rekening te worden gehouden met de beperkingen en ‘vertaalbaarheid’ van deze relatie naar de lokale situatie.

### **Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

- Wanneer het vaststellen van blootstelling-responsrelaties een van de doelstellingen is van een volgende Hinderinventarisatie, is het van belang om daar bij de opzet van het onderzoek rekening mee te houden. Voorafgaand aan het onderzoek zal voor de eindpunten, waarvoor een blootstelling-responsrelatie wordt bepaald, een inschatting moeten worden gemaakt van het totale spectrum van geluidniveaus waaraan de Nederlandse bevolking is blootgesteld. De voorkomende geluidniveaus vormen de basis voor het trekken van een gestratificeerde steekproef. Op basis van ‘powerberekeningen’ kan vooraf worden nagegaan of er genoeg personen in de verschillende geluidsstrata aanwezig zijn om een bruikbare blootstelling-responsrelatie te schatten.
- In de Hinderinventarisatie is tot nu toe gebruik gemaakt van verschillende bronnen van verstoring. Voor wegverkeer betrof dit hindervragen over wegen met verschillende snelheidsbeperkingen en over de verschillende vormen van wegtransport. Om tot één maat voor de totale hinder veroorzaakt door wegverkeer te komen, is het noodzakelijk om deze bronspecifieke vragen samen te voegen. Dit leidt tot complicaties in de analysefase. De blootstelling-responsrelaties die over het algemeen in dit kader in de literatuur gepresenteerd worden hebben betrekking op brongroepen (vlieg-, weg- en railverkeer). Het is aan te bevelen om voorafgaand aan de bronspecifieke hindervragen, een vraag op te nemen die nagaat in welke mate de respondenten hinder ondervinden van de brongroep wegverkeer. Ditzelfde geldt voor het vaststellen van een blootstelling-responsrelatie voor vliegverkeersgeluid.



## Literatuur

Breugelmans, O., Wiechen, C. van, Kamp, I. van, Heisterkamp, S., Houthuijs, D. Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002. RIVM Rapportnr 630100001. Bilthoven, RIVM, 2004.

Cavalini, P.M. It is an ill wind that brings no good. Studies on odour annoyance and the dispersion of odorant concentrations of industries. [PhD-Thesis], Center for Energy and Environmental Studies (IVEM), Universiteit van Groningen, Nederland, 1992.

Cavalini, P.M., Pulles, M.P.J. Belasting en hinder door stank. (Strain and annoyance by malodour). Milieu 1990, 5(3): 74-81.

Dassen, A.G.M., Jabben, J., Jansen, P.H.M. Uitbouw en optimalisatie van het Landelijk Beeld van Verstoring. Partiële validatie en gevoeligheidsanalyse. RIVM Rapportnr 725401001. Bilthoven, RIVM, 2001.

Europese Unie. Richtlijn van het Europese Parlement en de Raad inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai. PE-CONS 3611/02. Europese Unie, 2002. Website bezocht op 27 November 2006:

[http://europa.eu.int/eur-lex/pri/nl/oj/dat/2002/l\\_189/l\\_18920020718nl00120025.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/nl/oj/dat/2002/l_189/l_18920020718nl00120025.pdf)

EU Noise Expert Network. Working group 2 – Dose/Effect. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Europese Unie, 2002. Website bezocht op 27 November 2006:

[http://europa.eu.int/comm/environment/noise/pdf/noise\\_expert\\_network.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf)

EU Noise Expert Network. Working group on health and socio-economic aspects. Position paper on dose-effect relationships for nighttime noise. Europese Unie, 2004. Website bezocht op 27 November 2006: <http://europa.eu.int/comm/environment/noise/pdf/positionpaper.pdf>

Fields, J.M. Effect of personal and situational variables on noise annoyance: With special reference to implications for en route noise. Atlanta: Georgia Inst. of Tech., 1992.

Franssen, E.A.M., Dongen, J.E.F. van, Ruysbroek, J.M.H., Vos, H., Stellato, R.K. Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland: Inventarisatie verstoringen 2003. RIVM Rapportnr 8151200001. Bilthoven, RIVM, 2004.

Guski, R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. Noise and Health. Vol 1, No 3: 45-56, 1999.

Hollander, A.E.M. de, Hanemaaijer, A.H. (eds.). Nuchter omgaan met risico's. RIVM Rapportnr 251701047. Bilthoven, RIVM, 2003.

Hosmer, D.W. Jr, Lemeshow, S. Applied Logistic Regression. New York: John Wiley & Sons, 1989.

ISO. Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666, 2003.

Job, R.F.S. Community response to noise: a review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *J. Acoust. Soc. Am.* 83: 991-1001, 1988.

Miedema, H.M.E. Response Functions for Environmental Noise in Residential Areas. TNO-PG Rapportnr 92.021. Leiden: TNO-PG, 1992.

Miedema, H.M.E., Oudshoorn, C.G.M. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Env. Health Pers.* 109(4): 409-416, 2001.

Miedema, H.M.E., Passchier-Vermeer, W., Vos, H. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance. TNO Inro Rapportnr 2002-59. Delft: TNO Inro, 2003.

Miedema, H.M.E., Vos, H. Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise. TNO Inro Rapportnr 2005-15. Delft: TNO Inro, 2004.

Van Kamp, I. Coping with noise and its health consequences. [Proefschrift], Universiteit van Groningen: STYX and PP, 1990.



## Bijlage 1 Definities

De in het onderzoek gebruikte vragenlijsten zijn terug te vinden in de RIVM Rapporten 8151200001 (Franssen et al., 2004: Hinderinventarisatie) en 630100001 (Breugelmans et al., 2004: Schiphol), die gedownload kunnen worden van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl). Hieronder zijn de vragen weergegeven die relevant zijn voor het berekenen van de blootstelling-responsrelaties en de methode die gebruikt is om de vragen te combineren tot bijvoorbeeld een maat voor hinder door totaal wegverkeer.

### ***Vraagstelling: Hinder door geluid van wegverkeer (Hinderinventarisatie)***

De volgende vragen betreffen uw ervaringen over langere tijd, te weten over de afgelopen 12 maanden (of zoveel korter als u hier woont). Het gaat niet om een enkel incident, maar om de situatie zoals die in het algemeen is. Wilt u de vragen steeds beantwoorden voor de situatie zoals die bij u thuis is. Het gaat er niet om of u geluiden hoort waar u werkt, of als u ergens anders bent, maar echt bij u in huis, voor de deur, in uw tuin of op uw balkon.

In welke mate vindt u de geluiden van .... hier ter plekke hinderlijk? U kunt dit aangeven met een cijfer waarbij 0 staat voor 'helemaal niet hinderlijk' en 1 staat voor 'heel erg hinderlijk'.

	0 = helemaal niet hinderlijk					10 = heel erg hinderlijk					
Verkeer van een weg met een snelheidsbeperking tot 30 km per uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verkeer van een weg met een snelheidsbeperking tot 50 km per uur (dus binnen de bebouwde kom)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verkeer van een weg met een snelheidsbeperking tot 80 km per uur (bijv. een provinciale weg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verkeer van een snelweg met een snelheidsbeperking tot 100-120 km per uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### ***Berekening 'totale' hinder***

Om de hinder van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur te kunnen vergelijken met de blootstelling aan geluid van binnenstedelijke wegen, zijn de eerste twee vragen gecombineerd. Om de hinder van 'buitenstedelijke' wegen te kunnen vergelijken met de geluidsblootstelling voor wegen met een snelheidsbeperking van boven 50 km/uur, zijn de laatste twee vragen gecombineerd. Ook de 'totale' hinder van wegverkeer is berekend, om een blootstelling-respons curve voor totaal geluid van wegverkeer te kunnen berekenen; hiervoor zijn de vier afzonderlijke vragen gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximumwaarde de beste maat was voor de combinatie van vragen, zijn ze allebei bekeken.

Voorbeeld: een respondent heeft een hinderscore van 3 voor geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 30 km/uur en een score van 9 voor geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur. De gecombineerde score voor 'ernstige hinder <30 en <50, gemiddeld' is dan 6; de gecombineerde score voor 'ernstige hinder <30 en <50, maximum' is 9.

Vergelijkbare vragen zijn in de Hinderinventarisatie niet gesteld voor slaapverstoring. Daardoor is slaapverstoring door binnen- of buitenstedelijk wegverkeer niet te berekenen.

**Vraagstelling: Hinder door specifieke bronnen wegverkeer (Hinderinventarisatie)**

In hoeverre vindt u in uw thuissituatie het geluid van ..... hinderlijk of niet hinderlijk?

	0 = helemaal niet hinderlijk						10 = heel erg hinderlijk				
Personenauto's en taxi's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bestelauto's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vrachtauto's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....											

Om de hinder van alle drie bronnen samengenomen (andere bronnen zijn niet meegenomen omdat ze geen deel uitmaken van de geluidsberekeningen in EMPARA) te kunnen vergelijken met de blootstelling aan het geluid van totaal wegverkeer zijn de drie vragen gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximumwaarde de beste maat was, zijn ze allebei bekeken.

**Vraagstelling: Slaapverstoring door specifieke bronnen wegverkeer (Hinderinventarisatie)**

In welke maat wordt uw slaap wel of niet verstoord door het geluid van .....

	0 = helemaal niet hinderlijk						10 = heel erg hinderlijk				
Personenauto's en taxi's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bestelauto's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vrachtauto's	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....											

Om de slaapverstoring van alle drie bronnen samengenomen (andere bronnen zijn niet meegenomen omdat ze geen deel uitmaken van de geluidsberekeningen in EMPARA) te kunnen vergelijken met de blootstelling aan totaal nachtelijk geluid van wegverkeer, zijn de drie vragen gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximumwaarde de beste maat was, zijn ze allebei bekeken.

**Vraagstelling: Hinder door geluid treinen en vliegtuigen (Hinderinventarisatie)**

In hoeverre vindt u het geluid van ..... hinderlijk of niet hinderlijk?

	0 = helemaal niet hinderlijk						10 = heel erg hinderlijk				
Treinen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Passagiers- en vrachtvliegtuigen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Militaire vliegtuigen (geen helicopters)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hinder door geluid van treinen is door middel van één vraag gesteld, er zijn dus geen combinatiematen nodig. Om de hinder van passagiers-, vracht- en militaire vliegtuigen samen te kunnen vergelijken met de blootstelling aan geluid van vliegverkeer, zijn de twee vragen

gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximumwaarde de beste maat was, zijn ze allebei bekeken.

**Vraagstelling: Slaapverstoring door geluid treinen en vliegtuigen (Hinderinventarisatie)**

In welke maat wordt uw slaap wel of niet verstoord door het geluid van .....

	0 = helemaal niet hinderlijk					10 = heel erg hinderlijk					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Treinen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Passagiers- en vrachtvliegtuigen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Militaire vliegtuigen (geen helicopters)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Slaapverstoring door geluid van treinen is door middel van één vraag gesteld; er zijn dus geen combinatiematen nodig. Om de slaapverstoring van passagiers-, vracht- en militaire vliegtuigen samen kunnen vergelijken met de blootstelling aan nachtelijk geluid van vliegverkeer, zijn de twee vragen gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximum waarde de beste maat was, zijn ze allebei bekeken.

**Vraagstelling: Hinder door vliegtuiggeluid of geluid van wegverkeer (Schiphol-studie)**

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 wordt gehinderd, kiest u de 0, als u extreem wordt gehinderd, 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 tussen 0 en 10 geeft het beste aan in welke mate u wordt gehinderd, gestoord of geërgerd door geluid van de onderstaande bronnen als u thuis bent?

	Helemaal niet gehinderd ←————→ Extreem gehinderd											Niet hoorbaar
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Vliegtuigen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88

Om de hinder van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur en boven de 50 km/uur samen te kunnen vergelijken met de blootstelling aan geluid van totaal wegverkeer, zijn de twee vragen gecombineerd. Omdat niet duidelijk was of de gemiddelde of maximumwaarde de beste maat was, zijn beide opties bekeken.

**Vraagstelling: Slaapverstoring door vliegtuiggeluid of geluid van wegverkeer (Schiphol-studie)**

In welke mate wordt uw slaap verstoord door het geluid van de volgende bronnen? Denkt u hierbij aan de afgelopen 12 maanden.

	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>Helemaal niet verstoord</span> <span>←————→</span> <span>Extreem verstoord</span> </div>											Niet hoorbaar
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
Vliegtuigen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88
.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88

**Wanneer is iemand ernstig gehinderd of ernstig slaapverstoord?**

Van de personen die op de schaal van 0 tot 10 de antwoordcategorie 8, 9, of 10 hebben aangekruist (of bij een gecombineerde maat, een score van 8 of hoger hebben) wordt aangenomen dat zij ernstige hinder ondervinden van geluid. Degenen die aangeven dat ze geluid van een bron niet horen worden als ‘niet ernstig gehinderd’ voor die bron in de analyse meegenomen.

Voor slaapverstoring geldt dat personen die antwoordcategorie 8, 9, of 10 hebben ingevuld (of bij een gecombineerde maat, een score van 8 of hoger hebben) als ernstig slaapverstoord door vliegtuiggeluid worden beschouwd. Degenen die aangeven dat ze geluid van een bron niet horen, worden als ‘niet ernstig slaapverstoord’ in de analyse meegenomen. Hierbij dient aangemerkt te worden dat personen die op een eerdere vraag hebben geantwoord dat hun slaap ‘nooit’ wordt verstoord door het geluid van een bron, in die analyse zijn opgenomen als ‘niet ernstig slaapverstoord’.

## Bijlage 2 Tabellen

Tabel 1. Beschrijving dataset Hinderinventarisatie 2003 aangevuld met EMPARA-gegevens: ernstige hinder en slaapverstoring

Geluid (dB(A))			Hinder/Slaapverstoring		Relatie tussen geluid en hinder (slaapverstoring)
Geluidmaat	gemiddelde ± st. dev.	Range	(gecombineerde) vraagstelling <sup>1</sup>	Aantal (%) <sup>2</sup>	Fit van het logistische regressiemodel <sup>3</sup>
<b>WEGVERKEER</b>					
binnensted L <sub>den</sub>	40,9 ± 11,8	23 - 67	ernstige hinder <30 & <50 km/uur, gemiddelde hinderscore	191 (9,5%)	+, significant (p=0,0001), redelijke fit (p=0,0679)
binnensted L <sub>den</sub>			ernstige hinder <30 & <50 km/uur, maximum hinderscore	200 (10,0%)	+, significant (p=0,0001), redelijke fit (p=0,0989)
buitensted L <sub>den</sub>	44,7 ± 8,8	28 - 68	ernstige hinder <80 & <120 km/uur, gemiddelde hinderscore	58 (2,9%)	+, significant (p<,0001), goede fit (p=0,4763)
buitensted L <sub>den</sub>			ernstige hinder <80 & <120 km/uur, maximum hinderscore	63 (3,1%)	+, significant (p<,0001), goede fit (p=0,2667)
weg totaal L <sub>den</sub>	49,8 ± 7,3	29 - 68	ernstige hinder <30, <50, <80, <120 km/uur, gemiddelde hinderscore	220 (11,0%)	+, significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,1245)
weg totaal L <sub>den</sub>			ernstige hinder <30, <50, <80, <120 km/uur, maximum hinderscore	255 (12,7%)	+, significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,1517)
binnensted L <sub>night</sub>	32,9 ± 11,8	15 - 59	Geen vraag beschikbaar	--	
binnensted L <sub>night</sub>			Geen vraag beschikbaar	--	
buitensted L <sub>night</sub>	36,7 ± 8,8	20 - 60	Geen vraag beschikbaar	--	
buitensted L <sub>night</sub>			Geen vraag beschikbaar	--	
weg totaal L <sub>den</sub>	49,8 ± 7,3	29 - 68	ernstige hinder door personenauto/bestelwagen/vrachtauto, gemiddelde	79 (3,9%)	+, significant (0,0048), goede fit (p=0,4269)
weg totaal L <sub>den</sub>			ernstige hinder door personenauto/bestelwagen/vrachtauto, maximum	252 (12,6%)	+, significant (p<,0001), slechte fit (p=0,0047)
weg totaal L <sub>night</sub>	41,8 ± 7,3	21 - 60	ernstige slaapverstoring personenauto/bestelwagen/vrachtauto, gemiddelde	34 (1,7%)	+, significant (p=0,0280), slechte fit (p=0,0174)
weg totaal L <sub>night</sub>			ernstige slaapverstoring personenauto/	123 (6,1%)	+, significant (p=0,0013), goede fit

Geluid (dB(A))			Hinder/Slaapverstoring	Relatie tussen geluid en hinder (slaapverstoring)	
<i>Geluidmaat</i>	<i>gemiddelde ± st. dev.</i>	<i>Range</i>	<i>(gecombineerde) vraagstelling<sup>1</sup></i>	<i>Aantal (%)<sup>2</sup></i>	<i>Fit van het logistische regressiemodel<sup>3</sup></i>
			bestelwagen/vrachtauto, maximum		(p=0,2244)
<b>RAILVERKEER</b>					
geluid rail L <sub>den</sub>	34,6 ± 12,1	23 - 78	ernstige hinder treinen	25 (1,3%)	+, significant (p<,0001), goede fit (p=0,6451)
geluid rail L <sub>night</sub>	26,6 ± 12,1	15 - 70	ernstige slaapverstoring treinen	22 (1,1%)	+, significant (p<,0001), goede fit (p=0,7174)
<b>VLEGVERKEER</b>					
luchtvaart L <sub>den</sub>	19,2 ± 13,7	11 - 64	ernstige hinder passagiersvliegtuigen	71 (3,5%)	+, significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,1882)
luchtvaart L <sub>den</sub>			ernstige hinder passagiers & militaire vliegtuigen, gemiddelde	120 (6,0%)	+, significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,1204)
luchtvaart L <sub>den</sub>			ernstige hinder passagiers & militaire vliegtuigen, maximum	181 (9,0%)	+, significant (p<,0001), goede fit (p=0,3522)
luchtvaart L <sub>night</sub>	7,7 ± 12,8	0 - 50	ernstige slaapverstoring passagiersvliegtuigen	38 (1,9%)	+, significant (p<,0001), slechte fit (p=0,0380)
luchtvaart L <sub>night</sub>			ernstige slaapverstoring passagiers & militaire vliegtuigen, gemiddelde	35 (1,7%)	+, significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,0810)
luchtvaart L <sub>night</sub>			ernstige slaapverstoring passagiers & militaire vliegtuigen, maximum	50 (2,5%)	+, significant (p<,0001), slechte fit (p=0,0093)

1 Vragen uit de Hinderinventarisatie die zijn gebruikt om de gemiddelde en maximum hinderscore of slaapverstoringsscore vast te stellen.

2 Aantal deelnemers aan de Hinderinventarisatie dat aangeeft ernstig gehinderd of ernstig slaapverstoord te zijn (als percentage van het totale aantal deelnemers).

3 +: geeft weer dat de gemodelleerde relatie aangeeft dat het aantal gehinderden stijgt bij toenemende geluidsblootstelling; significant: de toename in het aantal gehinderden bij toenemende geluidsniveaus is statistische significant; goede/redelijke/slechte fit: de gemodelleerde curve past goed/redelijk/slecht bij de waargenomen percentages ernstig gehinderden, zoals vastgesteld met de Hosmer-Lemeshow Goodness-of-fit test.

Tabel 2. Beschrijving dataset Schiphol 2002 aangevuld met EMPARA-gegevens: ernstige hinder en slaapverstoring

Geluid (dB(A))			Hinder/Slaapverstoring	Relatie geluid-hinder (slaapverstoring)	
Geluidmaat	gemiddelde $\pm$ st. dev	Range dB(A)	(gecombineerde) vraagstelling <sup>1</sup>	aantal (%) <sup>2</sup>	logistische regressie <sup>3</sup>
<b>WEGVERKEER</b>					
binnensted $L_{den}$	43,0 $\pm$ 11,0	23-67	Ernstige hinder door wegen <50 km/u	456 (8,1%)	Significant (p<,0001), slechte fit (p<,0001)
buitensted $L_{den}$	29,1 $\pm$ 9,0	23-67	Ernstige hinder door wegen > 50 km/u	350 (6,2%)	niet significant (p=0,4273), slechte fit (p=0,0011)
binnensted $L_{night}$	35,0 $\pm$ 11,0	15-59	Ernstige slaapverstoring door wegen < 50 km/u	231 (4,1%)	significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,0611)
buitensted $L_{night}$	21,1 $\pm$ 9,0	15-59	Ernstige slaapverstoring door wegen > 50 km/u	98 (1,7%)	niet significant (p=0,7695), goede fit (p=0,2047)
weg totaal $L_{den}$	51,7 $\pm$ 6,3	29-74	ernstige hinder, gemiddelde hinderscore	190 (3,4%)	Significant (p<,0001), goede fit (p=0,1950)
weg totaal $L_{den}$	51,7 $\pm$ 6,3	29-74	Ernstige hinder, maximum hinderscore	656 (11,7%)	Significant (p<,0001), redelijke fit (p=0,0771)
weg totaal $L_{night}$	43,7 $\pm$ 6,3	21-59	Ernstige slaapverstoring, gemiddelde score	65 (1,1%)	Significant (p<,0001), goede fit (p=0,6046)
weg totaal $L_{night}$	43,7 $\pm$ 6,3	21-59	Ernstige slaapverstoring, maximumscore	287 (5,1%)	Significant (p<,0001), slechte fit (p=0,0380)

1 Vragen uit de Hinderinventarisatie die zijn gebruikt om de gemiddelde en maximum hinderscore of slaapverstoringsscore vast te stellen.

2 Aantal deelnemers aan de Hinderinventarisatie dat aangeeft ernstig gehinderd of ernstig slaapverstoord te zijn (als percentage van het totale aantal deelnemers).

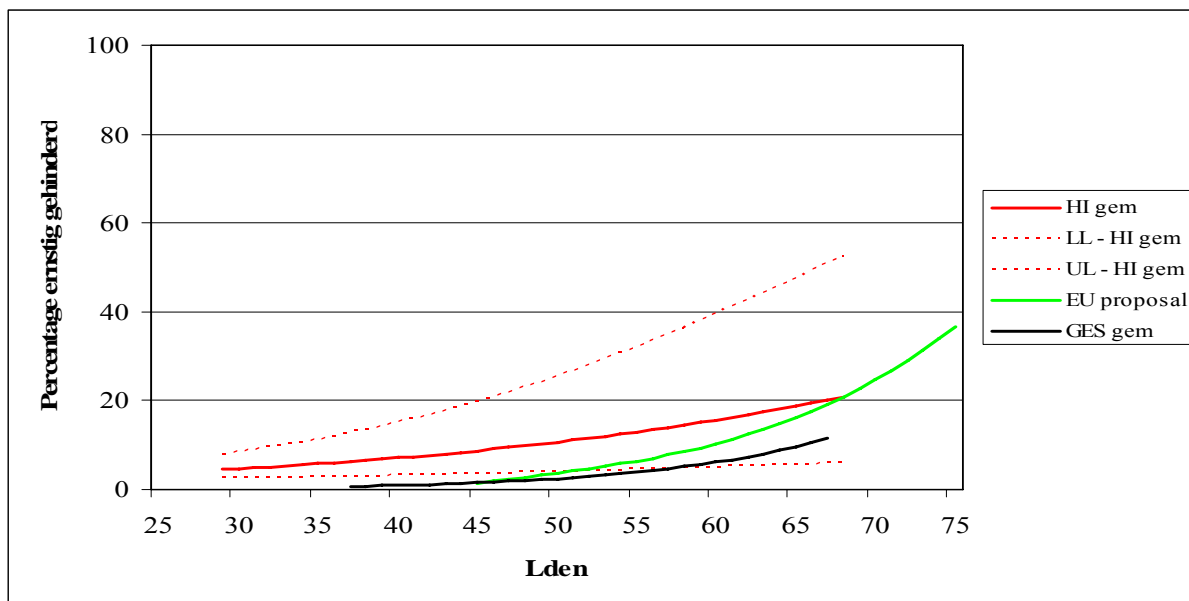
3 +: geeft weer dat de gemodelleerde relatie aangeeft dat het aantal gehinderden stijgt bij toenemende geluidsblootstelling; significant: de toename in het aantal gehinderden bij toenemende geluidsniveaus is statistische significant; goede/redelijke/slechte fit: de gemodelleerde curve past goed/redelijk/slecht bij de waargenomen percentages ernstig gehinderden, zoals vastgesteld met de Hosmer-Lemeshow Goodness-of-fit test.



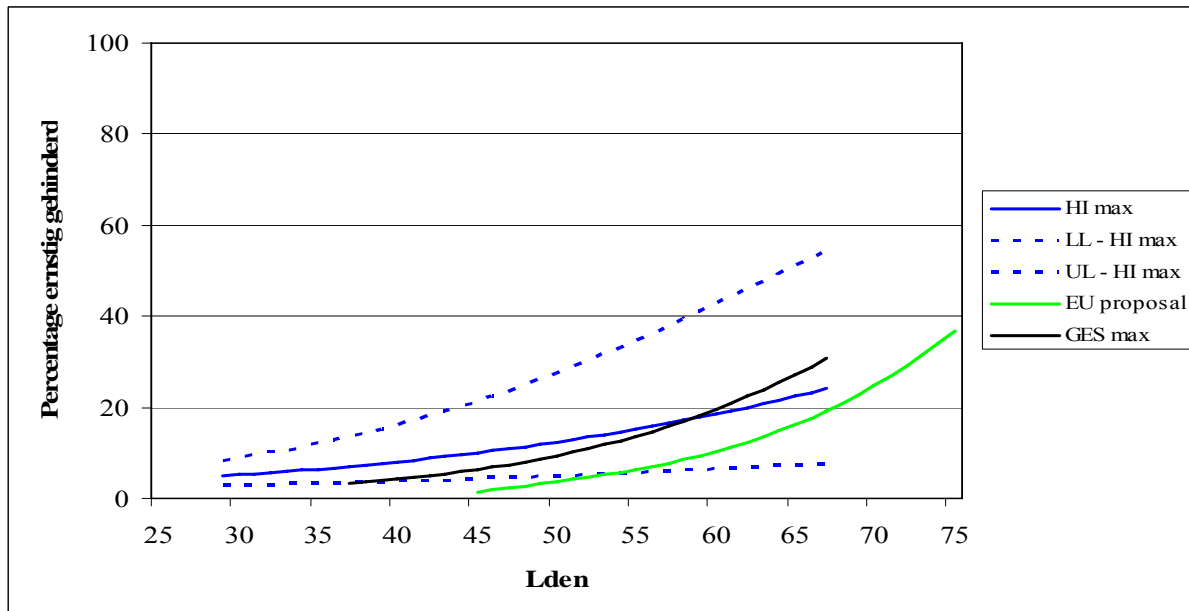


## Bijlage 3      Figuren

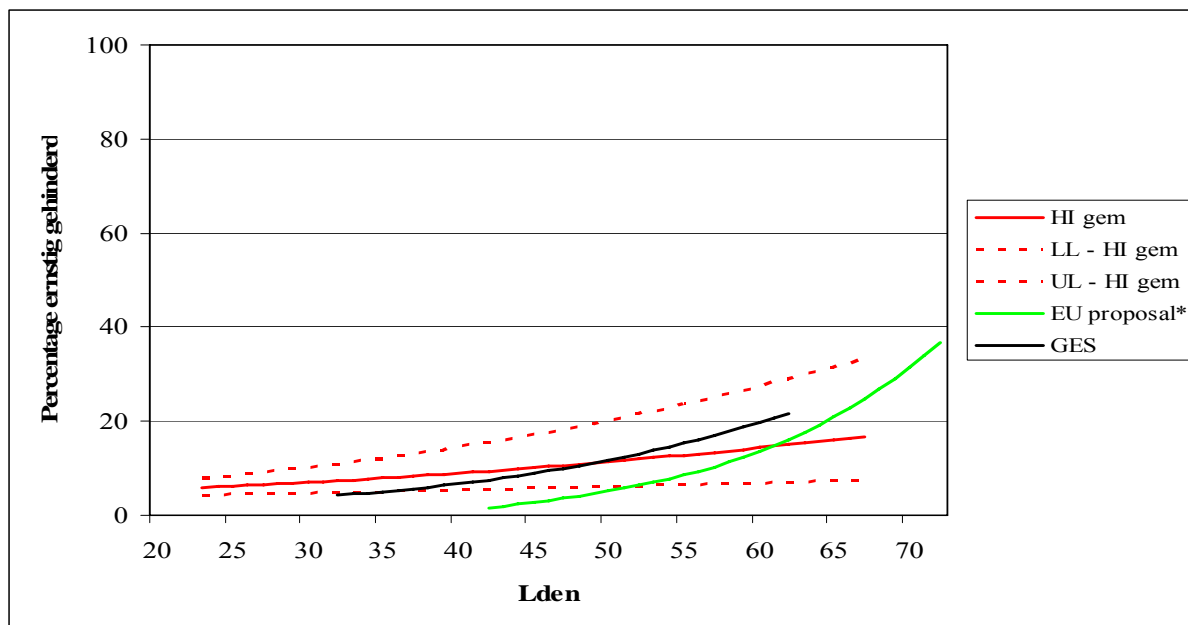
- B1: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid (gemiddelde score)
- B2: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid (maximale score)
- B3: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van binnenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur
- B4: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van buitenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking die boven de 50 km/uur ligt
- B5: Vergelijking Hinderinventarisatie met aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van railverkeer en ernstige hinder
- B6: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige hinder door passagiers- en militaire vliegtuigen (gemiddelde waarde)
- B7: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring (gemiddelde score)
- B8: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring (maximale score)
- B9: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring door passagiers- en militaire vliegtuigen (gemiddelde score)
- B10: Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring door passagiers- en militaire vliegtuigen (maximale score)



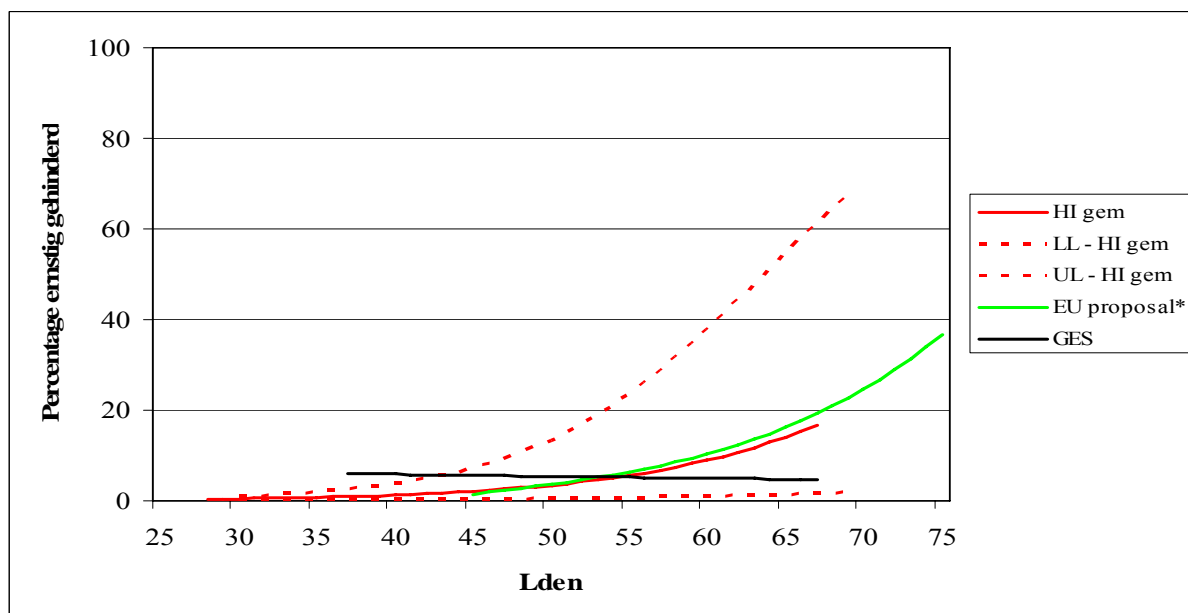
*Figuur B1. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid (combinatie van wegen met verschillende snelheidsbeperking: 30, 50, 80 en 100/120 km/uur)*  
 HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige hinder op basis van gemiddelde score, LL en UL = 95% BI



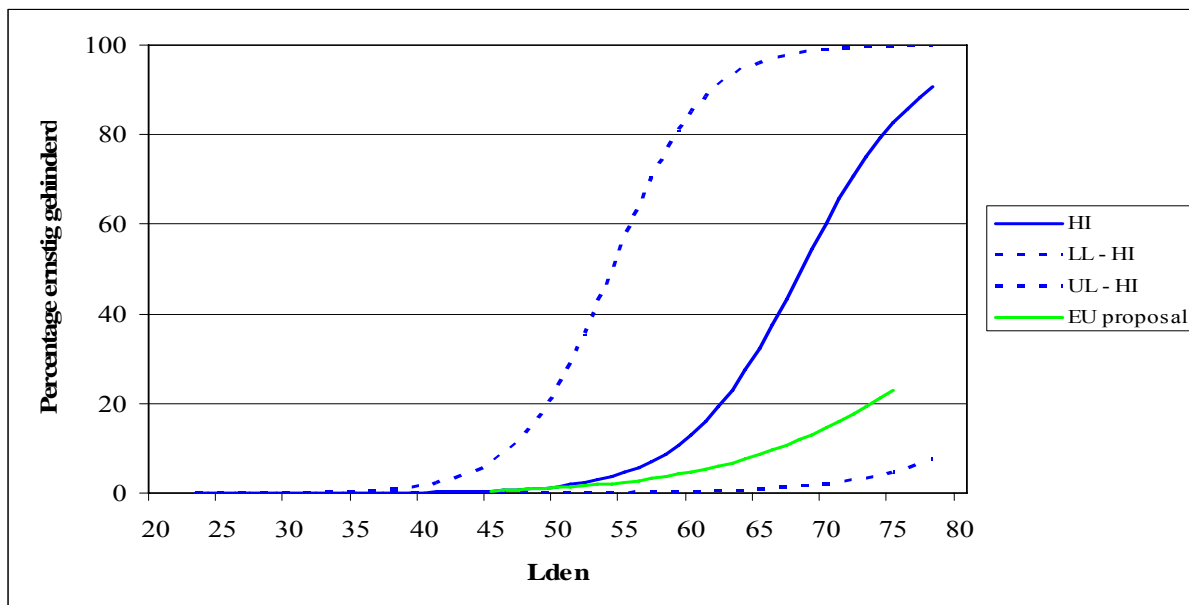
*Figuur B2. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige hinder door geluid (combinatie van wegen met verschillende snelheidsbeperking: 30, 50, 80 en 100/120 km/uur)*  
 HI = Hinderinventarisatie, max = ernstige hinder op basis van maximale score, LL en UL = 95% BI



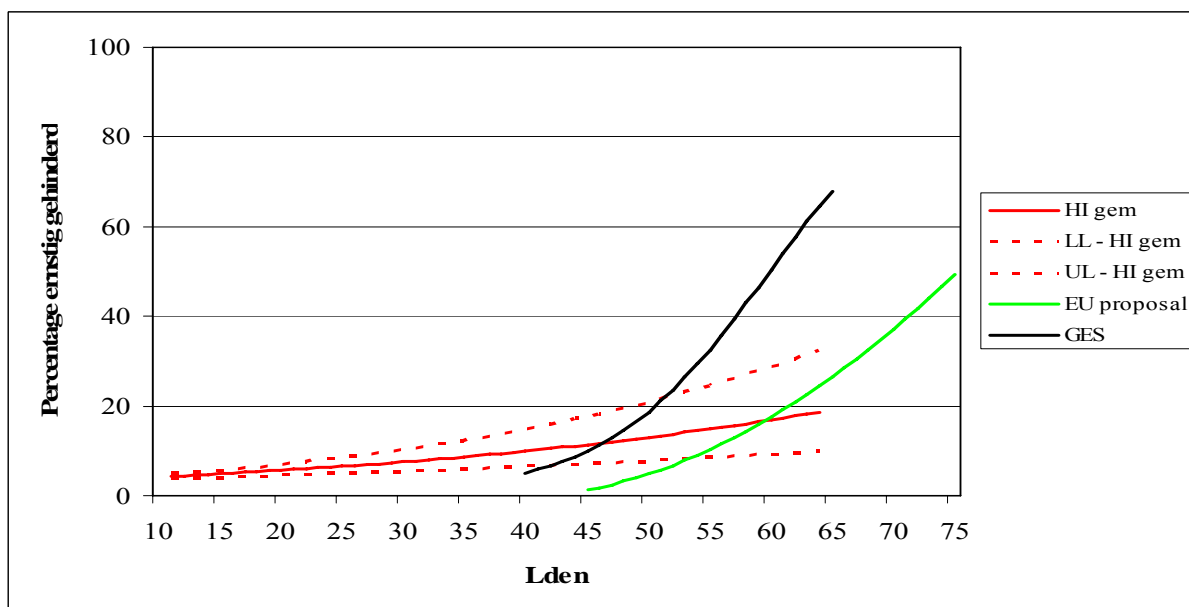
*Figuur B3. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van binnenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking van 50 km/uur*  
 \* aangegeven blootstelling-responsrelatie is voor totaal wegverkeer  
 HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen



*Figuur B4. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van buitenstedelijk wegverkeer en ernstige hinder door geluid van wegen met een snelheidsbeperking boven de 50 km/uur*  
 \* aangegeven blootstelling-responsrelatie is voor totaal wegverkeer  
 HI=Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

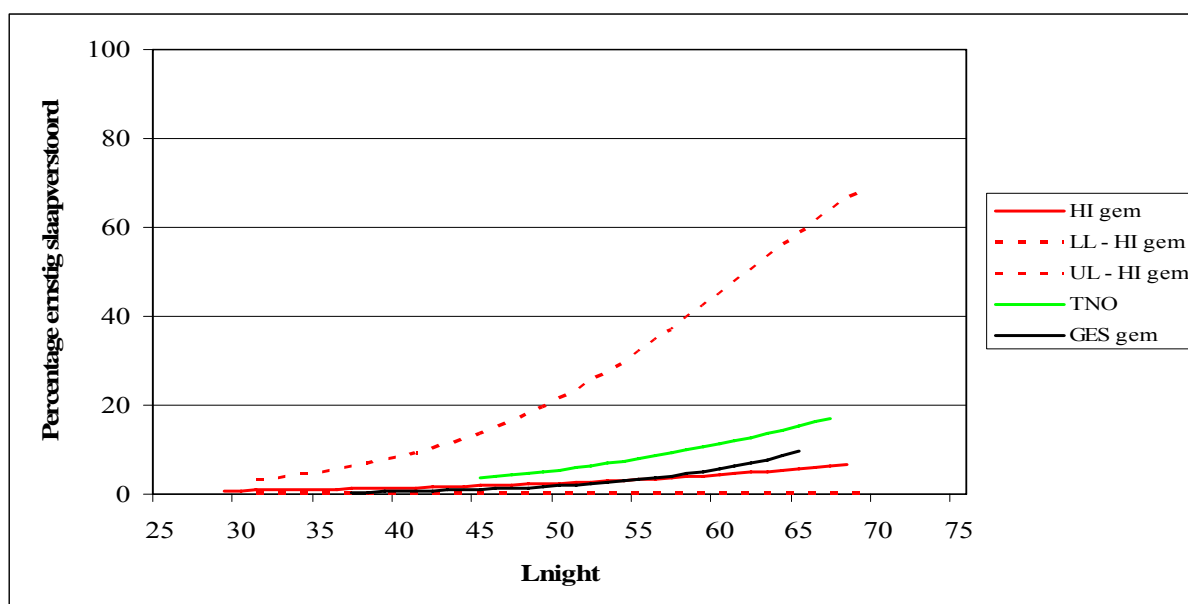


Figuur B5. Vergelijking Hinderinventarisatie met aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie geluid van railverkeer en ernstige hinder  
 HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen



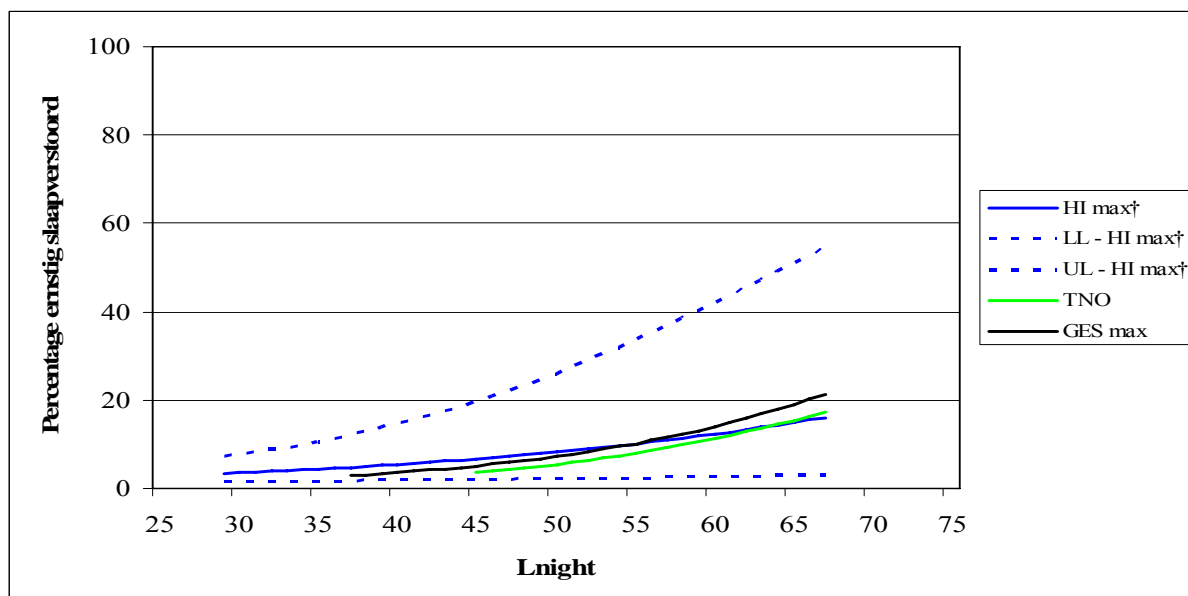
Figuur B6. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en aan de EU voorgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuigeluid en ernstige hinder door passagiers- en militaire vliegtuigen (gemiddelde waarde)  
 HI = Hinderinventarisatie, LL en UL = 95% betrouwbaarheidsintervallen

### Blootstelling-responsrelaties: geluid ( $L_{night}$ ) en het percentage ernstig slaapverstoorden



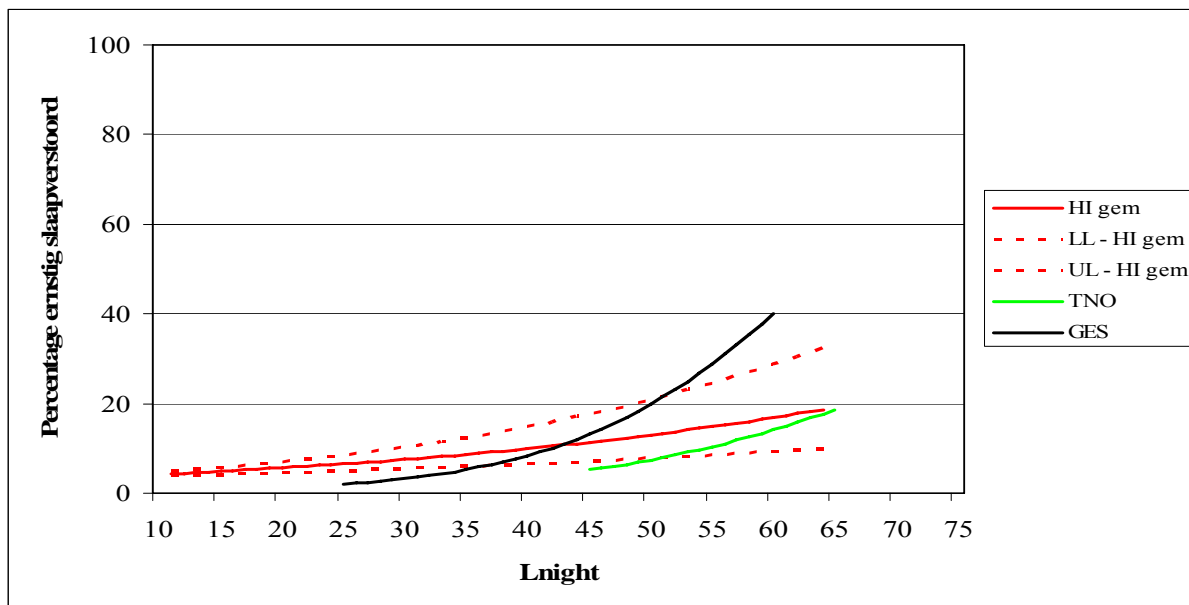
Figuur B7. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring (combinatie van verschillende bronnen: personenauto's, bestelauto's, vrachtverkeer)

HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige slaapverstoring op basis van gemiddelde score, LL en UL = 95% BI

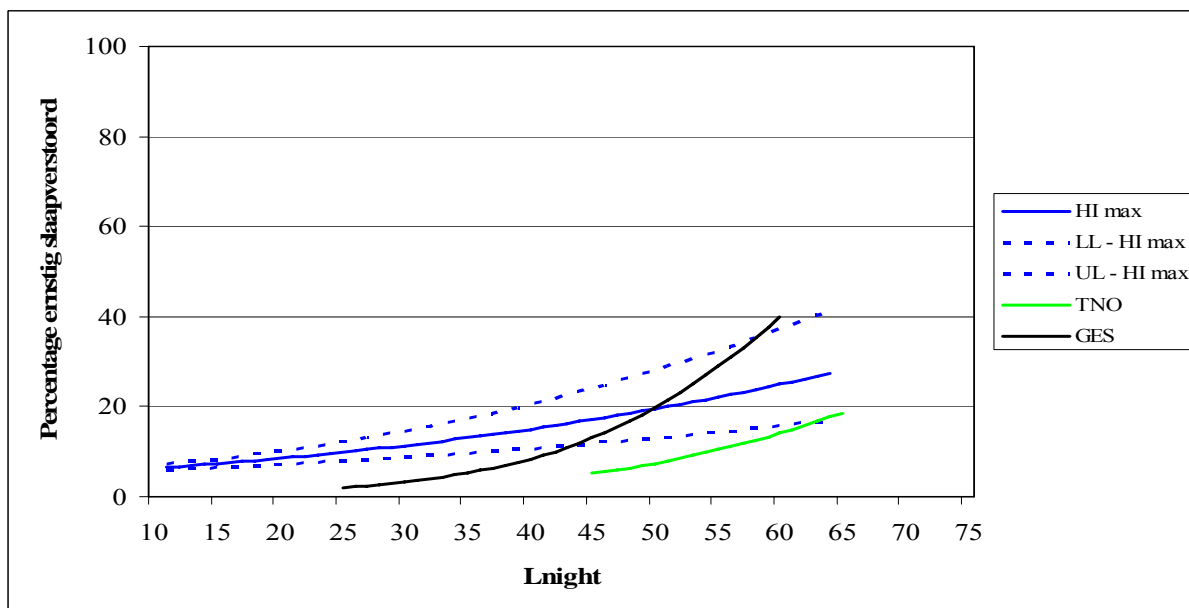


Figuur B8. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie totaal geluid van wegverkeer en ernstige slaapverstoring (combinatie van verschillende bronnen: personenauto's, bestelauto's, vrachtverkeer)

HI = Hinderinventarisatie, max = ernstige slaapverstoring op basis van maximale score, LL en UL = 95% BI, †=model wijkt significant af van de geobserveerde data



*Figuur B9. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstooring door passagiers- en militaire vliegtuigen (gemiddelde waarde)*  
 HI = Hinderinventarisatie, gem = ernstige slaapverstooring op basis van gemiddelde score, LL en UL = 95% BI



*Figuur B10. Vergelijking Hinderinventarisatie met GES-onderzoek en door TNO vastgestelde relatie: blootstelling-responsrelatie vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstooring door passagiers- en militaire vliegtuigen (maximale waarde)*  
 HI = Hinderinventarisatie, max = ernstige slaapverstooring op basis van maximale score, LL en UL = 95% BI