

# **Het aandeel van goederentransport in het treinverkeer en effecten van geluid en trillingen op omwonenden**

H.M.E. Miedema  
R.G. de Jong

februari 1993

Deze uitgave is te bestellen bij:

Distributiecentrum VROM,  
Postbus 351,  
2700 AJ Zoetermeer,

Tel. 079 - 449 449

Prijs f. 5,00  
Distributiecode: 12454/164

<b>Titel rapport</b> Het aandeel van goederentransport in het treinverkeer en effecten van geluid en trillingen op omwonenden.	<b>Distributienummer</b> 12454/164
<b>Schrijver(s)</b> H.M.E. Miedema R.G. de Jong	<b>Rapportnummer</b> 1993/2 <b>Datum publicatie</b> september 1993
<b>Uitvoerend instituut</b> NIPG/TNO Postbus 124 2300 AC Leiden	<b>Rapporttype</b> Publikatiereeks Verstoring
<b>Opdrachtgever</b> Ministerie VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer Postbus 30945 2500 GX Den Haag	<b>Titel onderzoeksproject</b> Het aandeel van goederentransport in het treinverkeer en effecten van geluid en trillingen op omwonenden.
<b>Samenvatting</b> In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de effecten van railverkeer op omwonenden en met name gericht op het aandeel goederentransport hierin. Per hoofdstuk wordt antwoord gegeven op een vraag. Deze vragen welke naar voren zijn gekomen bij de plannen voor de aanleg van de Betuweroute, houden verband met het gegeven dat de Betuweroute uitsluitend bestemd is voor goederenvervoer (vraag 1 en 3), het gegeven dat er een tamelijk intensief nachtelijk gebruik voorzien wordt (vraag 4) en het gegeven dat het voorkeursporensysteem over grote stukken vlak langs een snelweg loopt (vraag 2). De vragen zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Is de geluidhinder die bij een bepaalde <math>L_{etm}</math> waarde voor treinverkeer verwacht moet worden afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?</li> <li>- Is de geluidhinder die verwacht moet worden bij een gecombineerde blootstelling aan geluid van treinverkeer en snelwegverkeer afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?</li> <li>- Wat is de invloed van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer op de mate waarin omwonenden trillingen door treinverkeer rapporteren?</li> <li>- Hoe hangt het optreden van ontwaakreacties samen met het nachtelijk gebruik van een goederenlijn?</li> </ul>	
<b>Bijbehorende rapporten</b>	
<b>Begeleidingscommissie</b> ir. M. van den Berg ir. F.P.M. van Heijst ir. P.J.C.M. Schoenmakers drs. J.A. Verspoor ir. J. van Willigenburg	
Dit rapport bevat een zeer beknopte en vrije weergave van de wettelijke bepalingen. Bij een geschil kunt u zich niet op deze publicatie beroepen. Raadpleeg in zo'n geval altijd de wetten en regelingen zelf.	<b>Aantal bladzijden</b> 24



## Voorwoord

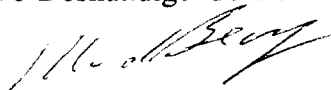
Het onderliggende rapport is het resultaat van geluidhinderonderzoeken uit diverse Europese landen.

Dit onderzoek is verricht naar aanleiding van vragen die naar voren zijn gekomen bij de evaluatie van de plannen voor de aanleg van de Betuweroute. Het betreft vragen over effecten op omwonenden.

De resultaten van het onderzoek wijzen er niet op dat geluidhinder van een spoorlijn afhankelijk is van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer. Toegepast op de Betuwelijn houdt dit in, dat er om redenen van geluidhinder geen aanleiding is een afwijkende normering te hanteren.

Tevens wordt gesuggereerd dat de perceptie van trillingen aanvankelijk snel toeneemt met een toename van het aantal passages of met het percentage goederentreinen, maar dat deze toename snel afvlakt.

De Deskundige Geluidkwaliteit en Gezondheid,



Ir. M. van den Berg



1.	INLEIDING	1
2.	GELUIDHINDER	2
3.	GELUIDHINDER BIJ MEERDERE BRONNEN	5
4.	HET RAPPORTEREN VAN TRILLINGEN	6
5.	ONTWAAKREACTIES	9
6.	DISCUSSIE: CONSEQUENTIES MET BETREKKING TOT DE BETUWEROUTE	11
	LITERATUUR	14





## 1. INLEIDING

In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek dat gericht was op vier specifieke vragen over effecten van railverkeer op omwonenden. De vragen zijn naar voren gekomen bij de evaluatie van de plannen voor de aanleg van de Betuweroute. De vragen houden verband met het gegeven dat de Betuweroute uitsluitend bestemd is voor goederenvervoer (vraag 1 en 3), het gegeven dat er een tamelijk intensief nachtelijk gebruik voorzien wordt (vraag 4) en het gegeven dat het voorkeurs-trace over grote stukken vlak langs een snelweg loopt (vraag 2). De vragen zijn:

1. Is de geluidhinder die bij een bepaalde  $L_{\text{ctm}}$  waarde\* voor treinverkeer verwacht moet worden afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?
2. Is de geluidhinder die verwacht moet worden bij een gecombineerde blootstelling aan geluid van de treinverkeer en snelwegverkeer afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?
3. Wat is de invloed van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer op de mate waarin omwonenden trillingen door treinverkeer rapporteren?
4. Hoe hangt het optreden van ontwaakreacties samen met het nachtelijk gebruik van een goederenlijn?

Elk van deze vragen wordt in een afzonderlijk hoofdstuk behandeld. In een laatste hoofdstuk wordt specifiek ingegaan op de betekenis van de resultaten voor de Betuweroute.

---

\* zie hoofdstuk 2 voor een omschrijving van  $L_{\text{ctm}}$ .

## 2. GELUIDHINDER

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende vraag: Is de geluidhinder die bij een bepaalde  $L_{\text{etm}}$  waarde voor treinverkeer verwacht moet worden afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?

Het NIPG-TNO heeft de beschikking over de rapporten en de databestanden van een drietal grote Europese studies naar geluidhinder van treinen. Het betreft een Britse, een Nederlandse en een Duitse studie, waarin met behulp van vragenlijsten de geluidhinder is vastgesteld en waarin middels geluidmetingen en berekeningen per respondent de geluidbelasting is bepaald. Het bestand bevat gegevens voor situaties met verschillende kenmerken. Er is bijvoorbeeld een aanzienlijke variëteit qua intensiteit van het treinverkeer en qua aandeel van het goederentransport. Dat laatste loopt uiteen van 0 tot 100%.

In Miedema (1992) is op grond van de originele gegevens voor elke respondent uit deze studies op vergelijkbare wijze de  $L_{\text{etm}}$  waarde en de hinderscore vastgesteld.

Het  $L_{\text{etm}}$  is de maat die in de wet Geluidhinder gebruikt wordt voor de geluidblootstelling. Voor railverkeer is het  $L_{\text{etm}}$  als volgt gedefinieerd. Uitgangspunt zijn de 'gemiddelde' A-gewogen geluidniveaus ( $L_{\text{Aeq}}$ ) voor de dag (7-19u), de avond (19-23u) en de nacht (23-7u). Het  $L_{\text{etm}}$  is de hoogste van de waarde voor de dag, de waarde voor de avond verhoogd met 5 dB(A) en de waarde voor de nacht verhoogd met 10 dB(A).

De hinderscore is vastgesteld door getallen tussen de 0 en de 100 toe te kennen aan de antwoordalternatieven waaruit een respondent kon kiezen bij de vraag naar de geluidhinder. Als iemand bijvoorbeeld het alternatief 'erg hinderlijk' gekozen had als antwoord op de geluidhindervraag, dan krijgt hij een hogere hinderscore dan wanneer hij 'hinderlijk' gekozen had.

Voor meer gedetailleerde informatie over de vaststelling van de  $L_{\text{etm}}$  waarden en de hinderscores verwijzen we naar genoemd rapport.

De gegevens zijn in genoemde studie gebruikt om de relatie vast te stellen tussen  $L_{\text{etm}}$  en hinder voor railverkeer (voor trams zonder bijzondere geluidkenmerken als piepen of bonken bleek de relatie gelijk aan die van treinen). Hierbij is niet gedifferentieerd aan de hand van het aandeel van het goederenvervoer in het treinverkeer.

Voor de Britse en de Nederlandse onderzoeken waren in de originele bestanden de gegevens over het aantal passerende treinen, gesplitst naar passagiers- en goederentreinen, opgenomen. Voor de Duitse studie was dit niet het geval, maar zijn deze gegevens voor 13 van de 20 treinverkeerslokaties afgeleid uit grafieken over gebruiksintensiteiten, die in de bijlage van het onderzoeksrapport waren opgenomen. Over een aantal aspecten van de aflezing van de grafieken is naar aanleiding van de onderhavige studie

gecommuniceerd met het Duitse bureau dat het onderzoek had uitgevoerd. Hieruit bleek dat de grafieken ontleend waren aan de dienstregelingen van bij de onderzoekslokaties gelegen stations en dat deze het feitelijke aantal goederentreinen enigszins kunnen onderschatten. Ook voor de andere twee studies zal gelden dat het in het bestand vastgelegde aantal goederentreinen niet exact overeenkomt met het werkelijk aantal passerende goederentreinen.

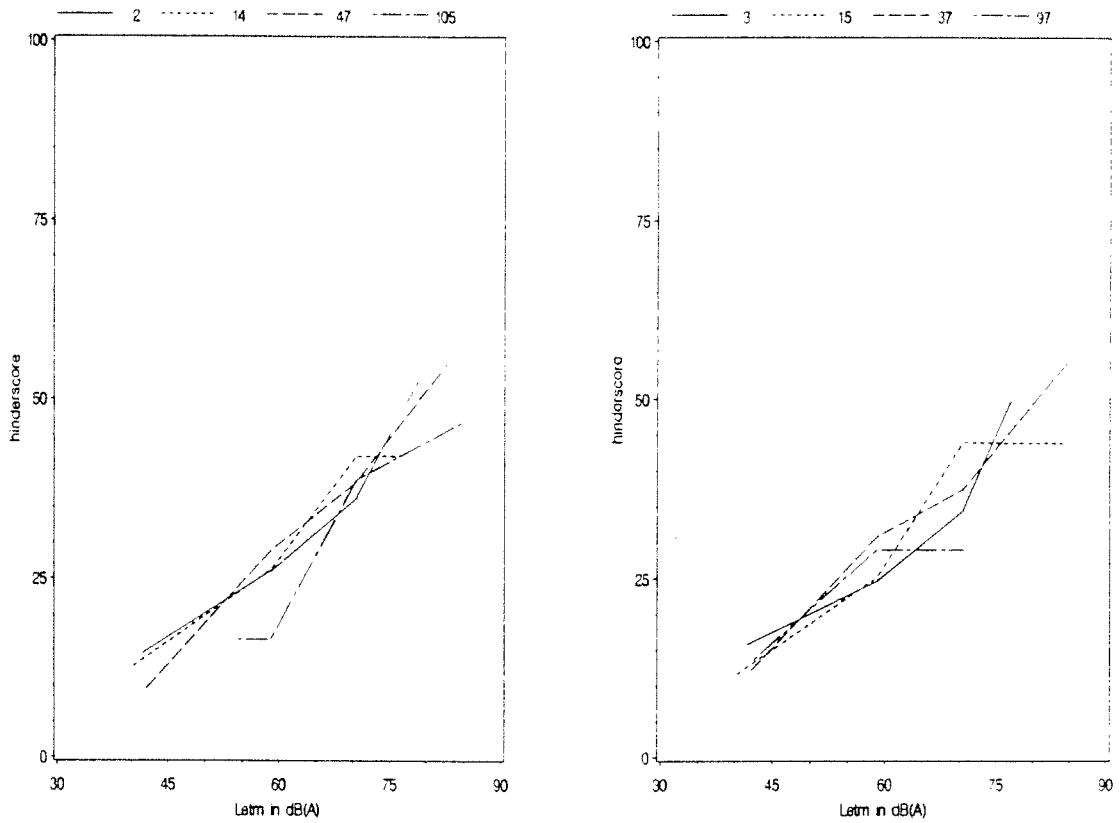
In de uitgevoerde analyses zijn alleen de gegevens voor treinverkeerslokaties gebruikt, dus niet die voor trams. Het aantal gegevens (2777), waarop de hier gerapporteerde resultaten gebaseerd zijn, is voor dit type onderzoek relatief groot.

Het verband tussen het  $L_{etm}$  en de hinderscore is beschreven met een lijn, die is opgebouwd uit een drietal aaneengesloten rechte lijnstukken. Een dergelijke lijn is flexibeler dan de doorgaans gebruikte rechte lijn, zodat deze de gegevens minstens zo goed weergeeft als de rechte lijn en, in geval van een niet-lineair verband, beter. De gevonden correlatie is 0,41 en is voor dit type onderzoek redelijk hoog te noemen. De correlatie geeft aan hoe goed de lijn de combinaties van een  $L_{etm}$  waarde en een hinderscore, die voor de onderzochte personen gevonden zijn, weergeeft.

Als volgende stap is een vergelijkbare analyse uitgevoerd. Het verschil met de eerste analyse is dat er onderscheid gemaakt is naar het soort trein. Respondenten zijn ingedeeld aan de hand van het aandeel van het goederenvervoer over de spoorlijn waarbij zij woonden. Voor figuur 1a zijn de *absolute aantallen* goederentreinen in de volgende klassen ingedeeld: 0 - 5, 5 - 25, 25 - 80 en > 80. In de figuur is per klasse de relatie weergegeven tussen het  $L_{etm}$  en de hinderscore. Voor figuur 1b is het *percentage* goederentreinen bepaald en in de volgende klassen ingedeeld: 0 - 5, 5 - 25, 25 - 80 en > 80%. Per klasse is weer de relatie weergegeven tussen het  $L_{etm}$  en de hinderscore. Voor elk van beide figuren is de correlatie 0,42.

Als het aandeel van het goederenvervoer van invloed is op de hinder die bij een gegeven  $L_{etm}$  ondervonden wordt, dan verwachten we dat binnen figuur 1a en binnen figuur 1b de lijnen voor de verschillende klassen op een interpreteerbare wijze van elkaar verschillen. Bovendien verwachten we dan dat de correlatie voor deze figuren duidelijk hoger is dan de 0,41 die gevonden werd in de eerdere analyse, waarbij geen onderscheid werd gemaakt aan de hand van het aandeel goederenvervoer. Geen van beide wordt echter gevonden. Dit suggereert dat, *gegeven het  $L_{etm}$* , het aandeel van de goederentreinen in het totale treinverkeer geen invloed heeft op de hinder.

*Figuur 1* De hinderscore als functie van het  $L_{\text{etm}}$  van treinverkeer. In figuur a zijn afzonderlijke lijnen weergegeven voor de verschillende klassen voor het aantal goederentreinen. In figuur b wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende percentages goederentreinen. Het gemiddelde aantal goederentreinen in een klasse waarvoor een lijn is vastgesteld respectievelijk het gemiddelde percentage goederentreinen in een klasse waarvoor een lijn is vastgesteld is boven de deelfiguren aangegeven.



### 3. GELUIDHINDER BIJ MEERDERE BRONNEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende vraag: Is de geluidhinder die verwacht moet worden bij een gecombineerde blootstelling aan geluid van de treinverkeer en snelwegverkeer afhankelijk van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer?

In Miedema (1993b) wordt een methode beschreven voor de beoordeling van combinaties van geluidbronnen. Bij deze methode worden per geluidbron, zoals snelwegverkeer, vliegverkeer en railverkeer, twee parameters gehanteerd. Deze parameters hangen af van de relatie voor die bron tussen het  $L_{\text{etm}}$  en de hinderscore. Voor railverkeer is uitgegaan van een relatie die is vastgesteld zonder te differentiëren naar het aandeel van het goederenvervoer. De resultaten uit hoofdstuk 2 suggereren dat voor treinverkeer de relatie tussen het  $L_{\text{etm}}$  en de hinderscore niet afhangt van het aandeel van het goederentransport en dat een dergelijke differentiatie dus ook niet nodig is. Dus, bij het toepassen van de methode kan treinverkeer op de in de referentie beschreven wijze worden behandeld, ongeacht het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer.

#### 4. HET RAPPORTEREN VAN TRILLINGEN

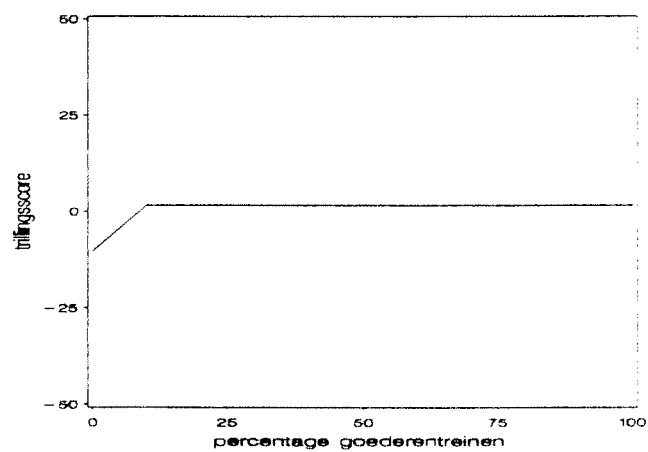
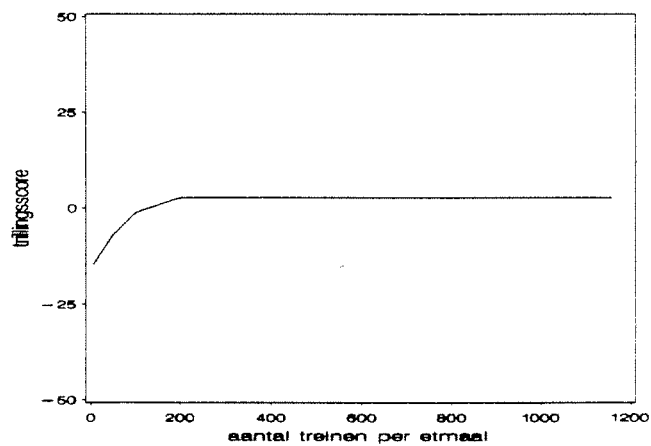
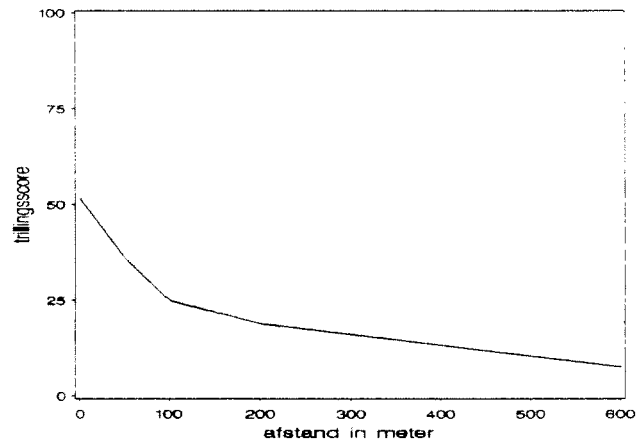
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende vraag: Wat is de invloed van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer op de mate waarin omwonenden trillingen door treinverkeer rapporteren?

In de in hoofdstuk 2 genoemde drie onderzoeken naar geluidhinder van treinverkeer is ook gevraagd naar trillingen. In Miedema (1992) is op grond van de originele gegevens voor elke respondent uit deze studies zo vergelijkbaar als mogelijk per respondent een score voor het rapporteren van trillingen vastgesteld (zie voor de bepaling van deze scores de genoemde referentie). Daarnaast is in het Britse en het Nederlandse bestand vastgelegd wat de afstand van de woning tot de treinbaan was. Het was niet in alle gevallen meer vast te stellen welke afstand precies genomen was: van de gevel tot het dichtstbij zijnde spoor, het midden van de sporen of nog iets anders. Naar aanleiding van de onderhavige studie is met een van de uitvoerders van het Britse onderzoek gecommuniceerd over de betekenis van diverse gegevens over de afstand tussen de woning en het spoor. Voor het Duitse onderzoek is de afstand waar mogelijk geschat. Dit is gebeurd aan de hand van beschrijvingen van de onderzoekslocaties, waarin in een aantal gevallen de gemiddelde afstand vermeld werd, en aan de hand van daarbij gevoegde kaartjes van die lokaties.

Omdat, bijvoorbeeld, de in het bestand opgenomen onderzoekslocaties verspreid liggen over Groot-Brittannië, Nederland en het voormalige West-Duitsland, mag worden aangenomen dat de bodemgesteldheid varieert. Maar het is niet precies per individueel geval bekend wat de bodemgesteldheid was.

In tegenstelling tot geluidhinder is er voor de trillingscore geen directe expositiemaat beschikbaar in de bestanden of rapporten. Trillingen zijn niet gemeten of berekend. We kunnen daarom alleen nagaan wat de invloed is van een aantal indirecte variabelen, zoals afstand en aantal treinen per etmaal, die de trillingexpositie zullen beïnvloeden. Maar belangrijke factoren, waarover informatie ontbreekt, zijn bijvoorbeeld de bodemgesteldheid en de baanconstructie. Dit beperkt de bruikbaarheid van de relaties tussen de variabelen die de expositie beïnvloeden en de trillingscore. Dat neemt niet weg dat er wel een sterke suggestie van de resultaten uitgaat over de invloed van het aantal treinen en het percentage goederentreinen. In principe zou het gevonden effect van deze variabelen te wijten kunnen zijn aan een met deze variabelen samenhangende variatie in de onbekende factoren als bodemgesteldheid en baanconstructie. Maar de daarvoor vereiste samenhang tussen bijvoorbeeld de bodemgesteldheid op een plek en het percentage goederentreinen daar wordt onwaarschijnlijk geacht.

Figuur 2 Met de bovenste deelfiguur kan bij een bepaalde afstand de trillingscore gezocht worden, het middelste deelfiguur geeft de (additieve) 'correctie' van deze score op grond van het aantal passages per etmaal en het onderste deelfiguur geeft de (additieve) 'correctie' op grond van het percentage goederentreinen. Deze figuur geeft slechts een indicatie van de orde van grootte van de score bij een bepaalde afstand, aantal treinen per etmaal en percentage goederentreinen omdat factoren die de blootstelling in belangrijke mate mede bepalen niet in rekening zijn gebracht.



In de uitgevoerde analyses zijn weer alleen de gegevens voor treinverkeerslokaties gebruikt, dus niet die voor trams. Figuur 2 geeft het resultaat van een analyse waarin is nagaan hoe afstand, aantal treinen per etmaal en percentage goederentreinen getransformeerd moeten worden opdat de som van de getransformeerde waarden een optimale voorspelling van de trillingscore geeft. Voor het aantal treinen en het percentage goederentreinen zijn de mogelijke transformaties daarbij beperkt tot stijgende, niet-positief 'versnelde' functies. Het type analyse is een vorm van multiple regressie analyse, maar dan met functies die uit een aantal rechte lijnstukjes bestaan en aan genoemde voorwaarden voldoen, in plaats van de doorgaans gehanteerde striktere beperking tot rechte lijnen.

Met de bovenste deelfiguur kan bij een bepaalde afstand de trillingscore gezocht worden, het middelste deelfiguur geeft de (additieve) 'correctie' van deze score op grond van het aantal passages en het onderste deelfiguur geeft de (additieve) 'correctie' op grond van het percentage goederentreinen. De figuur is gebaseerd op de gegevens van 2860 in de nabijheid van treinverkeer wonende personen. De correlatie van de additieve combinatie van de drie getransformeerde factoren met de trillingscore is 0,37.

Figuur 2 suggereert dat, bij een gegeven afstand, situaties met weinig passagierstreinen en weinig goederentreinen een afwijkende, gunstige positie innemen. De *toename* in de trillingscore, die optreedt *bij een bepaalde toename* van het aantal passages of van het percentage goederentreinen, vlakt steeds verder af bij een groter aantal passages of percentage goederentreinen. Uit het horizontale verloop van de lijnen boven een bepaald aantal passages respectievelijk percentage goederentreinen mag niet geconcludeerd worden dat deze variabelen boven die waarde geen enkele invloed meer hebben. Het eerder genoemde ontbreken van bepaalde relevante informatie, het betrekkelijk geringe aantal observaties waar de horizontale gedeeltes op gebaseerd zijn en de theoretische onwaarschijnlijkheid laten deze conclusie niet toe.



## 5. ONTWAAKREACTIES

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende vraag: Hoe hangt het optreden van ontwaakreacties samen met het nachtelijk gebruik van een goederenlijn?

In Nederland heeft de invloed van nachtelijk lawaai op de slaap in de afgelopen jaren veel aandacht gehad. Slaapverstoring is echter slechts incidenteel bestudeerd in relatie tot treinen (Osada et al., 1972; Vernet, 1983). Meestal is het bestudeerd met betrekking tot wegverkeer of vliegtuigen. Omdat de onderzoeken geen basis bevatten om een onderscheid te maken tussen bronnen of in het bijzonder tussen treinverkeer met verschillende bijdragen van het goederentransport, wordt dat in het volgende korte overzicht ook niet gedaan.

Ontwaakreacties behoren tot de meest bestudeerde effecten van geluid op de slaap. In onderzoek wordt ontwaken meestal gedefinieerd in termen van veranderingen in het EEG patroon. Men kan in een nacht diverse malen volgens het EEG criterium ontwaken, zonder dat men zich de volgende ochtend herinnert wakker te zijn geweest. In enkele experimenten is ontwaken anders geregistreerd, bijvoorbeeld door de proefpersonen bij ontwaken op een knop te laten drukken. Het verzoek een dergelijke actie te ondernemen veroorzaakt echter een ongewenste gerichtheid op een eventueel geluid. In de onderzoeken, waar de aan het slot van dit hoofdstuk genoemde waarden op gebaseerd zijn, is ontwaken geregistreerd aan de hand van veranderingen in het EEG patroon.

De Jong e.a. (1986) adviseerden na een globaal literatuuronderzoek een piekniveau van 55 dB(A) in de slaapkamer als hoogst toelaatbare waarde, bij minder dan 20 geluidgebeurtenissen. Voor circa 30 - 35 geluidgebeurtenissen gedurende een nacht (23 - 7 uur) werd een lagere waarde van 50 dB(A) voorgesteld als hoogst toelaatbare piekniveau. De pieken, waar het hierbij om gaat, zijn pieken in het A-gewogen geluidniveau, gemeten ter plekke van de slapende, dus in de slaapkamer. De aanbeveling was gericht op het voorkomen van ontwaakreacties.

Daarna zijn er diverse publikaties verschenen in verband met de onderbouwing van een normstelling met betrekking tot ontwaakreacties (Vossen et al., 1989; Griefahn, 1989; De Jong, 1989; Hofman, 1991).

Griefahn (1990) heeft een curve opgesteld die aangeeft bij welke combinaties van aantallen passages en piekniveaus het aantal ontwaakreacties gelijk is aan 10% van de blootgestelden. Een dergelijke aanpak, waarin naast de invloed van het piekniveau ook de invloed van het aantal passages in rekening wordt gebracht, heeft een grote praktische waarde. Hofman (1991) en Jansen (1992) signaleren echter bepaalde zwakke punten in de onderbouwing. Miedema (1993a) onderscheidt de onderbouwing in twee stappen en geeft aan waarom elk van beide stappen te zwak is om het gebruik van Griefahn's 10% ontwaakcurve te rechtvaardigen.

Hofman en De Jong (1993) vinden aan de hand van hun literatuuroverzicht dat bij piekniveaus boven de 40 dB(A) ontwaakreacties plaatsvinden. In de door hun beschouwde onderzoeken zijn geen lagere niveaus gebruikt. Tot circa 50 dB(A) wordt in geen van de betrokken studies meer dan 10% ontwaakreacties per gebeurtenis gevonden. Hierbij kan worden opgemerkt dat Hofman en De Jong uitgaan van laboratoriumgegevens, waarbij zij ook de resultaten van de eerste nachten waarin proefpersonen blootgesteld werden hebben meegenomen. Als men thuis aan een situatie gewend is, zal bij eenzelfde piekniveau het percentage ontwaakreacties lager zijn. Dus zal dan bijvoorbeeld de grens, waaronder het percentage ontwaakreacties beneden de 10% blijft, hoger liggen dan de genoemde 50 dB(A). De periode die nodig is voor de gewenning, waarna dus ontwaakreacties nog wel voor kunnen komen maar waarna het percentage ontwaakreacties bij een bepaald piekniveau constant is over de tijd, is niet exact bekend. Voor andere effecten van geluid tijdens de slaap, zoals veranderingen in het slaapstadium en in de hartslagfrequentie, is geen gewenning gevonden.

In de discussie rondom de wenselijke normstelling gaat men doorgaans uit van ontwaakreacties, zoals die aan de hand van het EEG worden geregistreerd (De Jong, 1986; Vossen et al.; 1989, Griefahn, 1989; De Jong, 1989; Hofman, 1991). Een beperking hiervan is dat ook zonder het optreden van ontwaakreacties de slaapkwaliteit, beoordeeld aan de hand van andere effecten, aangetast kan worden. Hofman en De Jong (1993) verwachten dat fysiologische reacties bij piekniveaus beneden de 40 dB(A) geen nadelige lichamelijke consequenties hebben.

Een mogelijk effect van geluidgebeurtenissen is ook de verlenging van slaaplatentie, de tijd tussen het (gaan) liggen om te slapen en het inslapen. Bij intensiteiten zoals bij de Betuweroute in de avond en nacht, zal doorgaans de natuurlijke slaaplatentie langer zijn dan het tijdsinterval tussen twee passages. Daardoor zullen vaak passages voorkomen tijdens de periode van inslapen. Het is mogelijk dat dit de tijdsduur voordat men inslaapt verlengt.

Het is voor iedereen evident dat men van geluid wakker kan worden en ook is het duidelijk dat diverse fysiologische effecten tijdens de slaap op kunnen treden. Dit betekent echter niet dat het ook duidelijk is hoe precies de relatie tussen de blootstelling en dergelijke effecten er kwantitatief uitziet. Op dit moment bestaat die duidelijkheid niet. Ook de meest recente, door Hofman en De Jong genoemde waarden hebben nog een tentatief karakter. Op basis van hun overzicht komen zij tot piekniveaus van 40 dB(A) en 50 dB(A) als het niveau waarboven ontwaakreacties gevonden zijn respectievelijk het niveau waaronder het percentage ontwaakreacties *per gebeurtenis* onder de 10% blijft. Op dit moment lijken dit de best beschikbare ankerpunten voor de beoordeling van het geluid van nachtelijke passages.

## 6. DISCUSSIE: CONSEQUENTIES MET BETREKKING TOT DE BETUWERROUTE

De Betuweroute en het voorziene gebruik ervan hebben een aantal bijzondere kenmerken, die mogelijk de geluidhinder en perceptie van trillingen beïnvloeden. Omdat deze combinatie van kenmerken tamelijk uniek is, is het niet mogelijk het effect van precies die combinatie aan de hand van bestaande gegevens te onderzoeken. Dit onderzoek was gericht op vier in de inleiding genoemde vragen over effecten van railverkeer op omwonenden. Hier wordt het antwoord op die vragen besproken en wordt ingegaan op specifieke consequenties met betrekking tot de Betuweroute.

In hoofdstuk 2 zijn er geen aanwijzingen voor gevonden dat de geluidhinder van treinverkeer, *gegeven een bepaalde  $L_{etm}$  waarde*, afhankelijk is van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer. Dit betekent dat de daar gerapporteerde resultaten geen basis geven voor een toetsing van het  $L_{etm}$  van de Betuweroute aan andere geluidnormen dan die voor railverkeer in het algemeen gelden en welke zijn vastgelegd in het Besluit geluidhinder spoorwegen. Dit betekent echter niet zonder meer dat het optreden van hinder voorkomen zal worden door deze algemeen voor railverkeer geldende normen aan te houden. Bij de in het besluit genoemde grens, waaronder een situatie aanvaardbaar wordt geacht (nu:  $L_{etm} = 60$  dB(A); vanaf het jaar 2000:  $L_{etm} = 57$  dB(A)), treedt nog hinder op. Deze grens mag alleen overschreden mag worden als daarvoor een ontheffing verleend is. Volgens het besluit is, in principe voor het hele traject van de Betuweroute, ontheffing mogelijk tot een hogere waarde (nu tot  $L_{etm} = 73$  dB(A); vanaf het jaar 2000 tot  $L_{etm} = 70$  dB(A)). Het optreden van hinder zal sterk afhankelijk zijn van de mate waarin hogere niveaus middels ontheffingen worden toegelaten en van de mate waarin dan isolatievoorzieningen aan de woning getroffen worden.

Door een strakke bundeling van de Betuweroute met het traject van de A15 wordt, bij een bepaalde blootstelling aan het geluid van de Betuweroute, de verslechtering van de situatie qua geluidhinder beperkt. Dit is des te sterker het geval als, bijvoorbeeld door aanbrengen van geluidschermen, de hinder van de combinatie op ongeveer het niveau van de bestaande situatie met alleen de A15 gehouden kan worden.

De resultaten in hoofdstuk 2, wijzen er niet op dat de geluidhinder, bij de gecombineerde blootstelling aan geluid van de treinverkeer en snelwegverkeer, afhankelijk is van het aandeel van het goederentransport in het treinverkeer. Dus wanneer de in Miedema (1993b) beschreven methode wordt gebruikt voor de beoordeling van het gecombineerde geluid van de Betuweroute en de snelweg A15, dan kan de Betuweroute daarbij behandeld worden als het overige railverkeer.

Voor trillingen waren in de beschikbare gegevensbestanden geen blootstellingsgegevens beschikbaar. Wel was er informatie over een aantal factoren die een rol zullen spelen bij de perceptie van trillingen. Belangrijke ontbrekende factoren waren echter informatie over de bodemgesteldheid en de baanconstructie. De resultaten in hoofdstuk 4 suggereren dat (op een bepaalde afstand, bij een bepaalde bodemgesteldheid, baanconstructie, enz.) de perceptie van trillingen aanvankelijk snel toeneemt met een toename van het aantal passages of met het percentage goederentreinen, maar dat deze toename snel afvlakt. Met andere woorden, het toegevoegde effect van eenzelfde verhoging van het aantal passages of van eenzelfde verhoging van het percentage goederentreinen wordt steeds kleiner. Het is de verwachting dat (op een bepaalde afstand, bij een bepaalde bodemgesteldheid, baanconstructie, enz.) het verschil qua perceptie van trillingen tussen bijvoorbeeld een situatie met meer dan circa 200 treinen per etmaal, waarvan meer dan circa 15% goederen, en de Betuweroute beperkt is. Ter vergelijking worden de gegevens voor hoofdbaanvakken in Nederland weergegeven (opgave van de Nederlandse Spoorwegen):

	aantal treinen per etmaal	percentage goederentreinen
Den Haag - Leiden (Voorschoten)	342	2
Brabantroute (Best)	267	26
Rotterdam - Utrecht (Woerden)	333	10
Amsterdam - Utrecht (Maarssen)	210	2
Utrecht - Amersfoort (Bilthoven)	255	12

Kwantitatieve uitspraken over de relatie tussen geluidblootstelling en slaapverstoring hebben nog een tentatief karakter. De op dit moment beschikbare gegevens wijzen op het volgende. Bij piekniveaus vanaf 40 dB(A) zijn ontwaakreacties geregistreerd. Onder de circa 50 dB(A) ligt het percentage ontwaakreacties *per gebeurtenis* onder de 10%.

Volgens een opgave van de Nederlandse Spoorwegen (NS), heeft de NS het volgende berekend ten aanzien van piekniveaus buiten aan de meest belaste gevel in situaties met  $L_{\text{etm}} = 60$  dB(A). Zonder scherm zullen op 700 m afstand van de baan piekniveaus in de orde van de 56 dB(A) optreden. Met een scherm van 4 m hoog langs het spoor zullen bij een (waarneem)afstand van 50 m piekniveaus in de orde van 62 dB(A) optreden. Uitgaande van een isolatie voor een slaapkamer met een gedeeltelijk geopend raam van 15 dB(A), betekent dit dat de piekniveaus voor deze twee voorbeelden binnen in

de slaapkamer rond de 45 dB(A) liggen. *Als wordt aangenomen dat bij piekniveaus boven de 40 dB(A) ontwaakreacties optreden en dat het percentage ontwaakreacties bij pieken onder de 50 dB(A) beneden de 10% blijft*, dan treden, met de geschetste isolatie, in beide gevallen tussen de 0 en 10% ontwaakreacties per passage op. Voor nieuwbouwwoningen moet de isolatie op grond van bouwregelgeving, bij voldoende ventilatie, hoger zijn. Bij een isolatie van, bijvoorbeeld, 25 dB(A) liggen de piekniveaus in de slaapkamer in beide voorbeelden onder de 40 dB(A).

Bij de cursief weergegeven aanname moeten volgende kanttekeningen worden geplaatst.

In de analyses, waar bovenstaande waarden van 40 en 50 dB(A) op gebaseerd zijn, wordt uitgegaan van laboratoriumgegevens waarbij ook de resultaten van de eerste nachten, waarin proefpersonen blootgesteld werden, zijn meegenomen. Bij een nieuw aangelegde spoorlijn, dus voor de situatie juist na het aanleggen van de Betuweroute, is er geen gewenning. Maar als men thuis aan een situatie gewend is, dan is bij eenzelfde piekniveau het percentage ontwaakreacties lager.

Daarnaast hebben de laboratoriumgegevens betrekking op geluid van wegverkeer en vliegverkeer, terwijl het hier om treinen gaat. Het is niet bekend in hoeverre de gevonden percentages afhankelijk zijn van het type geluidbron.

In verband met slaapverstoring is verder van belang dat bij de Betuweroute voor de nacht voor sommige stukken 12 passages per uur en voor de avond voor sommige stukken 17 passages per uur gepland worden. Bij dergelijke intensiteiten zullen meestal passages voorkomen tijdens de periode voordat men inslaapt. Dit kan het inslapen zijn aan het begin van de nacht, maar ook na wakker te zijn geworden. Het geluid van passages kan derhalve, behalve ontwaakreacties, ook een verlenging deze inslaapperiodes tot gevolg hebben.

## LITERATUUR

GEZONDHEIDSRaad: Commissie Slaapverstoring en Vliegtuiglawaai. Vliegtuiglawaai en slaap. Den Haag: Gezondheidsraad, 1991. Publikatie 1991/05.

GRIEFAHN B. Gutachterliche Stellungnahme in Auftrag des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes zur Frage der Auswirkung von Fluglärm auf den Schlaf im Planfeststellungsverfahren für den Flughafen München II. Düsseldorf: 1989.

GRIEFAHN B. Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz. Zeitschr Lärmbekämpfung 1990;37:7-14.

HOFMAN WF. Vliegtuiglawaai, slaap en gezondheid. Achtergrondstudie in opdracht van de Gezondheidsraad. Den Haag: Gezondheidsraad, 1991. Rapport A91/1.

HOFMAN WF, JONG RG de. De rol van de aantallen passages bij gezondheidseffecten van nachtvluchten. Leiden: NIPG-TNO, (1993, in druk).

JANSEN G. Ärztliche Stellungnahme zu fluglärmbedingten Störwirkungen des natürlichen Nachtschlafes. Essen, 1992.

JONG RG de. Evaluatie wetenschappelijk onderzoek op het terrein van slaapverstoring als gevolg van luchtvaartlawaai. Leiden: NIPG-TNO, 1989. Publ.nr. 89.084.

JONG RG de, KNOTTNERUS TR, ALTENA K. Nachtvluchten en hun invloed op slaap, gezondheid en gedrag. Leiden: NIPG-TNO, 1986.

MIEDEMA HME. Response functions for environmental noise in residential areas. Leiden: NIPG-TNO, 1992. Publ.nr 92.021.

MIEDEMA HME. Geluidmaten voor vliegverkeer. Leiden: NIPG-TNO, 1993a (in voorbereiding).

MIEDEMA HME. Quantification of environmental quality: foundation and application with respect to sound and odour. Leiden: NIPG-TNO, 1993b. Publ.nr 92.022. (in voorbereiding).

OSADA Y, TSUNASHIMA S, YOSHIDA K, OGAWA S, OHOKUBO C. Effects of train and jet aircraft noise on sleep (JAP). Bull Inst Public Health 1972;2:133-8.

VERNET M. Comparison between train noise and road noise annoyance during sleep. J Sound Vibr 1983;87(2):331-5.

VOSSEN JMH, COENEN AML, LUYTELAAR ELJM van, DRINKENBURG WHIM. Geluid en slaap: een onderzoek naar de gevolgen van nachtelijke vliegtuiggeluiden op de slaap. In: Rapport 5756. Hinderstudie Maastricht Airport. Studie naar de toelaatbare grenswaarden met betrekking tot vliegtuiggeluid. Maastricht: Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs B.V., 1989.

In deze reeks zijn tot dusverre verschenen:

<b>NUMMER</b>	<b>TITEL RAPPORT</b>	
1	Response functions for environmental noise in residential areas	(1993/1)

