

TNO Rapport 2002.028
RIVM Rapport 441520019

Slaapverstoring door vliegtuiggeluid

W Passchier-Vermeer⁽¹⁾, HME Miedema⁽¹⁾, H Vos⁽¹⁾,
HJM Steenbekkers⁽²⁾, D Houthuijs⁽³⁾, SA Reijneveld⁽⁴⁾

november 2002

⁽¹⁾ TNO Inro, Delft. De onderzoekers maakten tot 1 juli 2002 deel uit van de sector Milieu van TNO Preventie en Gezondheid en zijn thans werkzaam bij de sector Omgeving en Gezondheid van TNO Inro

⁽²⁾ Tijdens het onderzoek werkzaam bij de sector Milieu van TNO Preventie en Gezondheid

⁽³⁾ RIVM, Bilthoven

⁽⁴⁾ TNO Preventie en Gezondheid, Leiden

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Verkeer en Waterstaat (V&W) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71
TNO Inro, Postbus 6041, 2600 JA Delft,
telefoon: 015 - 269 69 00, fax: 015 - 262 4341

Auteur

W Passchier-Vermeer
HME Miedema
H Vos
HJM Steenbekkers
D Houthuijs
SA Reijneveld

Projectnummer

40814/01.02

ISBN-nummer

90-6743-894-4

Abstract

As part of the Evaluation and Monitoring Program for Schiphol Airport, a sleep disturbance study was carried out among 418 adults living in 15 locations close to and further away from the airport. The objective was to assess relations between nighttime aircraft noise exposure and indicators of sleep disturbance and to estimate the prevalence of noise induced effects in the population exposed to aircraft noise. The subjects participated for 11 consecutive nights. Noise was measured from 10 p.m. to 9 a.m. indoors in the bedroom and outdoors. Information about sleep disturbance was collected by actimetry (motility, awakenings, sleep onset latency), diary (remembered awakenings, sleep quality, medication) and questionnaire (annoyance, health complaints). The increase in motility due to aircraft noise events started at lower indoor levels than expected. Persons with long-term exposure to relatively low nighttime aircraft noise levels were more sensitive to aircraft noise events than people living in locations with high levels. Also, sleep latency time, use of sleeping pills, average motility, and number of awakenings increased with equivalent indoor aircraft noise exposure levels during sleep; no relation was found with the results of a reaction time test. The prevalence of nighttime aircraft noise annoyance and number of health complaints were associated with long-term nighttime aircraft noise exposure. The exposure-effect relations were used to estimate the prevalence of effects of aircraft noise on sleep.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	19
1.1 Kader en doelstellingen van het project.....	19
1.2 Inhoud van het rapport.....	20
1.3 Dankwoord	20
2 Doel en opzet van het hoofdonderzoek	23
2.1 Wat te onderzoeken en hoe te onderzoeken?	23
2.2 Opzet van het hoofdonderzoek	25
3 Blootstelling-effectrelaties	29
3.1 Analysemodel	29
3.2 Effectvariabelen en andere factoren	30
3.3 Variabelen van nachtelijk vliegtuiggeluid	31
3.4 De slaaptijd	34
3.5 Onderzoeksonderwerpen	35
4 Momentane effecten van geluid tijdens een vliegtuigpassage	37
4.1 Inleiding.....	37
4.2 Blootstelling-effectrelaties.....	37
4.3 Factoren die van invloed zijn op de momentane effecten.....	39
4.4 Randen van de nacht.....	42
4.5 Vergelijking met uitkomsten ander onderzoek	42
4.6 Tijdens de slaap indrukken van de marker	43
5 Effecten van vliegtuiggeluid op etmaalniveau	45
5.1 Inleiding.....	45
5.2 Slaaptijd en inslaaptijd.....	46
5.2.1 <i>Blootstelling-effectrelaties</i>	46
5.2.2 <i>Andere factoren</i>	50
5.3 Tijd na het slapen.....	51
5.4 Prevalentie van effecten bij bewoners in de omgeving van Schiphol	51
6 Effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op langere termijn	53
6.1 Inleiding.....	53
6.2 Blootstelling-effectrelaties.....	54
6.2.1 <i>Geaggregeerde variabelen</i>	54
6.2.2 <i>Gegevens uit de vragenlijst als effectvariabelen</i>	55
6.3 Vergelijking uitkomsten op verschillende tijdschalen.....	60

6.4	Vergelijking huidig onderzoek en GES vragenlijstonderzoek uit 1996.....	61
6.5	Prevalentie van effecten bij bewoners in de omgeving van Schiphol.....	62
7	Discussie en conclusie	65
7.1	Inleiding	65
7.2	Validiteit en generaliseerbaarheid	65
7.3	Doelstellingen van het onderzoek	67
7.3.1	<i>Blootstelling-effectrelaties</i>	<i>67</i>
7.3.2	<i>Randen van de nacht</i>	<i>67</i>
7.3.3	<i>Schatting van de prevalentie van effecten in het studiegebied rond Schiphol.....</i>	<i>68</i>
7.4	Conclusie.....	69
	Literatuurlijst.....	73
	Bijlage A Vergelijking huidig onderzoek met GES vragenlijstonderzoek uit 1996.....	77
	Bijlage B Prevalentieschattingen.....	93

Samenvatting

In dit rapport zijn de resultaten op hoofdlijnen gegeven van het project 'Slaapverstoring door nachtelijk vliegtuiggeluid', dat is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) en uitvoerig beschreven in drie Engelstalige TNO rapporten.

De doelstellingen van het onderzoek zijn:

- a. Het bepalen van relaties tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en slaapverstoring, gezondheid, en dagelijks functioneren. Het effect op de relaties van het tijdstip van de nacht, speciaal de randen van de nacht (van 23 tot 24 uur in de avond en van 6 tot 7 uur in de morgen), is eveneens van belang;
- b. Het leveren van informatie met het doel om de prevalentie te kunnen schatten van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de bevolking in het zogenoemde studiegebied van Schiphol, waarin ruim 2 miljoen volwassenen wonen.

Diverse vragenlijstonderzoeken hebben aangetoond dat hoe hoger de nachtelijke geluidbelasting hoe meer mensen er rapporteren ernstig te gehinderd zijn door nachtelijk vliegtuiggeluid. Zo bleek uit een TNO/RIVM vragenlijstonderzoek dat in de regio Schiphol in 1996 ongeveer 10 procent van de mensen ernstig in hun slaap verstoord worden door het geluid van vliegtuigen. In dat onderzoek waren echter geen metingen van de vliegtuiggeluidbelasting en van slaapverstoring beschikbaar. Bij de overheid bestond behoefte om de gerapporteerde slaapverstoring en hinder van nachtelijk vliegtuiggeluid te objectiveren.

Lichamelijk gezien is slaap een actief fysiologisch proces dat vooral gestuurd wordt door processen in de tussenhersenen en de hersenstam. Slaap wordt gekarakteriseerd door periodiek, tijdelijk bewustzijnsverlies, en verminderd sensorisch en motorisch functioneren. Slaap heeft een lichamelijke en geestelijke herstelfunctie die niet kan worden vervangen door voedsel, drinken of medicijnen. De fysiologische en psychologische drang tot slapen kan elke andere behoefte verdringen. Hoewel de sensorische functies tijdens de slaap verminderd zijn, beïnvloedt geluid het zogenoemde autonome zenuwstelsel van de slapende mens. Dit heeft tot gevolg dat geluid de slaapdiepte vermindert, de hartslag en systolische bloeddruk tijdelijk verhoogt, het niveau van stresshormonen in het bloed verhoogt, en kleine bewegingen tot gevolg heeft. Een meer extreme reactie op een geluid is ontwaken. De reacties hangen met name samen met de evaluatie van het geluid in termen van onraad en gevaar.

Om op grote schaal een onderzoek naar slaapverstoring uit te kunnen voeren met een minimale inbreuk op de privacy en de slaapgewoonten van deelnemers zijn voor het objectiveren van de slaapverstoring in het huidige onderzoek actimeters gebruikt. Dit zijn apparaatjes die er uitzien als een klein horloge, en om de pols gedragen worden. Een actimeter detecteert bewegingen (motorische activiteit, motiliteit, motorische onrust). Een hogere motorische onrust tijdens de slaap gaat samen met vaker in de nacht wakker worden, een slechtere beoordeling van de slaapkwaliteit, en meer klachten over de slaap.

De gebruikte actimeters zijn zo ingesteld dat ze aan het eind van elk interval van 15 seconden naast het tijdstip een waarde in het geheugen opslaan die een maat is voor de sterkte van de

bewegingen gedurende het interval. Ook kunnen de deelnemers door middel van een drukknopje op de actimeter aangeven dat ze tijdens hun slaaperiode tussentijds wakker zijn geworden. Daarnaast is informatie over slaapverstoring met ochtend- en avondlogboekjes en een vragenlijst verzameld.

Lichamelijke gezondheid is in dit onderzoek gemeten met behulp van zelfgerapporteerde gezondheid en aantal zelfgerapporteerde gezondheidsklachten. In het onderzoek zijn geen metingen van bloeddruk en van stresshormonen verricht, omdat de taken van de deelnemers in het onderzoek reeds zoveel van de deelnemers eisten dat toevoegen van nog meer verplichtingen een te grote inbreuk op hun dagelijkse leven zou hebben betekend.

Dagelijks functioneren is onderzocht met behulp van een reactietijdtest aan het eind van de avond en zelfgerapporteerde slaperigheid over de dag en avond.

Het onderzoek heeft achtereenvolgens plaatsgevonden op 15 locaties met een nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting variërend van zeer gering tot de hoogste belasting die in woonwijken in de omgeving van Schiphol voorkomt. In het onderzoek zijn van 10 uur 's avonds tot 9 uur 's morgens elke seconde de geluidniveaus bepaald, met geluidmeters zowel in de slaapkamer van elke deelnemer als buiten op een plaats centraal gelegen in de locatie. Het identificeren van vliegtuiggeluid gebeurde door de geluid- en tijdsgegevens die in de geheugens van deze geluidmeters zijn opgeslagen, te vergelijken met gegevens afkomstig van FANOMOS, het vliegtuigregistratiesysteem van het Ministerie van V&W. In totaal zijn er tijdens de slaaptijden van de deelnemers in de slaapkamers ruim 63 000 vliegtuigpassages geregistreerd.

Aan het onderzoek hebben 418 mannen en vrouwen (18 – 81 jaar) gedurende 11 dagen en nachten deelgenomen. Ze waren in hun slaapkamer gedurende hun deelname blootgesteld aan vliegtuiggeluid zoals dat gebruikelijk voor hen was. Aan het begin van het onderzoek vulden ze een uitvoerige vragenlijst in. Gedurende het onderzoek vulden ze elke dag een avond- en ochtendlogboekje in, voerden ze voor het naar bed gaan een reactietijdtest uit, vulden ze vijf keer over de dag en avond op een strip in hoe slaperig ze zich voelden. Tevens droegen ze gedurende de hele dag (24 uur) een actimeter om de pols. De deelnemers gaven door middel van een verzonken drukknopje (marker) op de actimeter tevens aan wanneer ze gedurende hun slaap tussentijds wakker waren geworden.

Om vast te stellen of de uitkomsten van het onderzoek door selectieve respons van de deelnemers zijn beïnvloed, is met een vragenlijst een non-responsonderzoek uitgevoerd onder 451 non-respondenten. Bij vergelijking van de resultaten van het onderzoek en het non-responsonderzoek kwamen geen aanwijzingen voor vertekening van de resultaten van het onderzoek door selectieve respons van de deelnemers naar voren.

Blootstelling-effectrelaties

Het effect van nachtelijk vliegtuiggeluid is op de volgende drie tijdschalen onderzocht:

- Op momentaan niveau: de kans op motiliteit en de kans op het indrukken van de marker tijdens een vliegtuigpassage gedurende de slaaptijd is in verband gebracht met het *geluid van*

- de passage.* Het geluid van een vliegtuigpassage is onder meer gekenmerkt met het *maximale geluidniveau* in de slaapkamer tijdens de passage;
- Op het niveau van een etmaal (inclusief één slaaperperiode): effectmaten die representatief zijn voor de slaaperperiode van een deelnemer of voor de dag erna zijn in verband gebracht met de blootstelling aan vliegtuiggeluid tijdens de slaap of tijdens de inslaaperperiode. De blootstelling aan vliegtuiggeluid tijdens een slaaperperiode is onder meer gekenmerkt met het equivalente geluidniveau gedurende die periode;
 - Op lange-termijnniveau: effect variabelen die betrekking hebben op een langere periode zijn in verband gebracht met nachtelijk vliegtuiggeluid representatief voor een langere tijd. De blootstelling op lange termijn is op twee verschillende manieren beschreven. De *nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting op een locatie* is gekenmerkt met het jaargemiddelde equivalente geluidniveau (Lbi23-07h) dat representatief was voor binnen in de woning van 23 tot 7 uur, voor het jaar 2000. Dit equivalente geluidniveau is berekend op basis van gegevens die door NLR verstrekt zijn over de buiten op de locatie heersende niveaus van vliegtuiggeluid. De *individuele vliegtuiggeluidbelasting van een deelnemer tijdens de slaap (Li)* is gekenmerkt door het equivalente geluidniveau in de slaapkamer bepaald over alle vliegtuigpassages gedurende de 11 slaaperperioden van een deelnemer tijdens het onderzoek. Het is een maat voor de vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaap, waarin de individuele slaapduur, de individuele tijd van slapen gaan en weer opstaan, de geluidsisolatie van de slaapkamer, inclusief het ventilatiegedrag van de deelnemer met betrekking tot haar/zijn slaapkamer, zijn verdisconteerd.

Blootstelling-effectrelaties op momentaan niveau

Als in een slaapkamer geen vliegtuiggeluid hoorbaar is en er geen andere harde geluiden aanwezig zijn, dan wordt in ongeveer 3% van de 15-s intervallen bij een slapende deelnemer door een actimeter een beweging geregistreerd: de kans op motiliteit is ongeveer 0,03. Het geluid van een vliegtuigpassage verhoogt de kans op motiliteit. Bij een hoog maximaal geluidniveau van een vliegtuigpassage (68 dB(A)) is de toename door vliegtuiggeluid van de kans op motiliteit ruim 0,06. Dat impliceert dat de kans op motiliteit van 0,03 bij afwezigheid van vliegtuiggeluid en andere harde geluiden, bij 68 dB(A) is toegenomen tot 0,09. De duur van de verhoging van de motiliteit door vliegtuiggeluid, ook bij de hoogste maximale geluidniveaus, is niet meer dan twee minuten per vliegtuigpassage.

De kans op motiliteit neemt toe vanaf een gemiddelde 'drempel' van een maximaal geluidniveau van 32 dB(A).

Van de volgende vier factoren is vastgesteld dat ze de kans op motiliteit tijdens vliegtuigpassages beïnvloeden: *Li, tijd van de nacht, tijd na inslapen, en leeftijd van de deelnemer.* Een vliegtuigpassage in een situatie met gewoonlijk weinig vliegtuiggeluid (een lage waarde van *Li*) heeft een grotere uitwerking op de momentane motiliteit dan een vliegtuigpassage in een situatie met veel nachtelijke vliegtuigpassages (een hoge waarde van *Li*).

Hoewel mensen die gewoonlijk tijdens de slaap veel aan geluid van vliegtuigen blootstaan dus een geringere toename van de kans op motiliteit tijdens een vliegtuigpassage hebben, hebben ze wel een hogere gemiddelde motiliteit (een grotere motorische onrust) tijdens de slaap dan mensen die gewoonlijk aan geen of weinig geluid van vliegtuigen blootstaan.

Naarmate de nacht vordert heeft een vliegtuigpassage een grotere uitwerking op de momentane motiliteit. Zo is bijvoorbeeld de toename in motiliteit door een vliegtuigpassage tussen 6 en 7 uur 10% groter en tussen 23 en 24 uur 10% kleiner dan tussen 24 en 6 uur.

Leeftijd speelt een geringe rol bij de toename in de kans op motiliteit tijdens een vliegtuigpassage: deze toename is iets groter voor deelnemers tussen 45 en 50 jaar dan voor jongere en oudere deelnemers.

Aan de deelnemers is gevraagd om op de marker te drukken als ze tussentijds wakker werden. Dit is in totaal gedurende ruim 4500 nachten 5951 maal gebeurd. Acht procent van de deelnemers heeft geen enkele maal tijdens de 11 nachten de marker ingedrukt, en vijf procent 40 maal of vaker. Het aantal maal op de marker drukken in de vijf minuten rond een vliegtuigpassage (5 15-s intervallen voorafgaand en 14 15-s intervallen volgend op het maximale geluidniveau van de passage) is 7,6% hoger dan in perioden buiten die vijf minuten. Als de vijf minuten rond een vliegtuigpassage worden ingeperkt tot 2,5, dan neemt het aantal maal dat op de marker wordt gedrukt in die 2,5 minuut relatief nog iets toe, en wel tot 8,2%. Er is ook nagegaan of de kans dat op de marker gedrukt werd tijdens de vliegtuigpassages toeneemt met het maximale geluidniveau van de passage. Dat kon niet worden aangetoond.

Vergelijking uitkomsten van kans op motiliteit uit huidig onderzoek met ander onderzoek

De gemiddelde drempel van het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage voor de toename van de kans op motiliteit is 32 dB(A) en ligt ongeveer 15 dB(A) lager dan gevonden in het CAA onderzoek uit 1992, dat is uitgevoerd in de omgeving van Britse vliegvelden (Ollerhead et al., 1992; Horne et al., 1994). Deze discrepantie heeft ons inziens de volgende voornaamste oorzaken:

- In het Britse onderzoek zijn om vliegtuiggeluid in kaart te brengen alleen *buitenmetingen* verricht. In het huidige onderzoek en ook in dat van Fidell et al., 1995, kon geen verband tussen de buitenwaarden van het maximale geluidniveau en kans op motiliteit worden aangetoond;
- In het Britse onderzoek is alleen van geluidgebeurtenissen met een geluidniveau dat minstens 2 s boven 60 dB(A) uitkomt nagegaan of het een vliegtuigpassage is. De perioden gedurende de stillere vliegtuigpassages zijn tot de 'stille' referentieperiode gerekend. Effecten van deze stillere passages verhogen de kans op motiliteit, waardoor de toename door vliegtuiggeluid wordt onderschat;
- In het Britse onderzoek is alleen gekeken naar het begin van motiliteit in het 30-s interval waarin het maximale geluidniveau optreedt. Echter, uit het huidige onderzoek blijkt dat de kans op het begin van motiliteit groter is in de 15-s periode vóór het 15-s interval met het maximale geluidniveau;
- In het Britse onderzoek zijn vliegtuigpassages die binnen vijf minuten na een eerdere passage optreden niet als vliegtuigpassages meegenomen;
- Door de beperkingen in computerfaciliteiten in 1992 konden niet alle data worden geanalyseerd. Dat heeft tot gevolg gehad dat alleen gekeken is naar de periode tussen 23.30 en 5.30 uur. Het huidige onderzoek, evenals het Britse onderzoek, heeft uitgewezen dat naarmate

de slaaptijd en de kloktijd vordert, de toename door vliegtuigpassages van de kans op motiliteit toeneemt.

In de studie door Fidell et al., 1995, is alleen gekeken naar deelnemers met hoge vliegtuiggeluidbelastingen. Zij vinden een gemiddelde drempel van 45 dB(A). Deze gemiddelde drempel komt ongeveer overeen met die van 42 dB(A) uit het huidige onderzoek voor deelnemers met een Li-waarde van 40 dB(A).

Blootstelling-effectrelaties op etmaalniveau

In 85% van de *inslaapperioden* is geen vliegtuiggeluid op de binnenmeters geregistreerd. Ondanks het geringe aantal inslaapperioden met vliegtuiggeluid bleek dat een toename van 0 tot 30 dB(A) van het equivalente geluidniveau door vliegtuigpassages tijdens het inslapen de inslaaptijd te verlengen met 6 minuten en de moeite met inslapen te vergroten met 0,5 (op een 11-puntsschaal. Als vliegtuiggeluid als oorzaak genoemd wordt van moeite met inslapen, is de inslaaptijd 13 minuten langer en de moeite met inslapen met bijna 5 punten verhoogd. Als deelnemers in het ochtendlogboekje aangeven dat ze door vliegtuiggeluid *moeite met inslapen* hebben, ligt de motorische onrust (de gemiddelde waarde van de motiliteit gedurende de slaaptijd) een factor twee hoger dan wanneer vliegtuiggeluid niet als reden wordt genoemd.

Er is een verband tussen het equivalente geluidniveau *gedurende de slaap* en bijna alle onderzochte indicatoren voor verstoring gedurende de slaap, zoals de motorische onrust (gemiddelde motiliteit), de fragmentatie-index (die aangeeft of men relatief vaak tussentijds even wakker is), het aantal maal dat deelnemers op de marker gedrukt hebben, en het aantal maal dat deelnemers zich herinneren ten minste éénmaal gedurende de nacht door vliegtuiggeluid wakker te zijn geworden. Veelal is dit verband sterk.

Het gebruik 's avonds of 's nachts van sterke slaapmiddelen of andere medicijnen met slaperigheid of slaapdiepte verhogende werking neemt vooral bij oudere deelnemers sterk toe met de vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaap.

In dit onderzoek is geen statistisch significant verband aangetroffen tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid tijdens de slaap en de slaapkwaliteit, die *na ontwaken* in de ochtendlogboekjes wordt gerapporteerd, als rekening gehouden wordt met andere factoren die de slaapkwaliteit tijdens een nacht beïnvloeden. Er is wel een verband tussen motorische onrust tijdens de slaap en de gerapporteerde slaapkwaliteit in de logboekjes.

Belangrijke bevindingen met betrekking tot de *dag volgend op een slaapperiode* zijn:

- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap verhoogt enigszins de slaperigheid in de morgen (gemeten om 10 uur), maar niet op latere tijdstippen;
- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap heeft geen effect op de reactiesnelheid of het aantal fouten gemaakt bij de reactietijdtest de avond erna.

Diverse analyses zijn uitgevoerd naar de mogelijke invloed van geluid in de randen van de nacht (van 23 tot 24 uur en van 6 tot 7 uur) op de blootstelling-effectrelaties op etmaalniveau. Er is geen invloed gevonden. Dit betekent niet dat er niet een klein effect zou kunnen zijn, want de analyses over beide uren hebben een beperkte statistische zeggingskracht. Hiervoor zijn twee redenen.

Ten eerste slaapt slechts een deel van de deelnemers voor 23 uur (35% van de deelnemersnachten), zodat er over de periode van 23 tot 24 uur minder gegevens zijn dan over de gehele slaaperiode. Op basis van de gegevens over de nachten dat deelnemers om 23 uur sliepen is vastgesteld dat het equivalente geluidniveau van vliegtuigpassages tussen 23 en 24 uur geen invloed heeft op de relatie tussen motorische onrust (gemiddelde motiliteit) tijdens de gehele slaaptijd en de vliegtuiggeluidbelasting.

Ten tweede bleek het verschil tussen het equivalente geluidniveau van vliegtuiggeluid van 6 tot 7 uur en het equivalente geluidniveau van vliegtuiggeluid van 23 tot 6 uur voor alle locaties ongeveer gelijk te zijn, zodat het niet mogelijk was om deelnemers in te delen naar gewoonlijk relatief veel en relatief weinig vliegtuiggeluidbelasting in dat uur ten opzichte van eerdere uren. Onderzocht is of *deelnemersnachten* met een relatief groot verschil tussen de vliegtuiggeluidbelasting van 6 tot 7 uur en die in eerdere uren verschillen opleveren in de motorische onrust van 6 tot 7 uur, rekening houdend met factoren (leeftijd, *Li*) die de gemiddelde motiliteit mede bepalen. Er bleek geen invloed, dat wil zeggen dat de effecten op de motorische onrust bij gelijke vliegtuiggeluidbelasting (equivalent geluidniveau over een uur) in de perioden van 23 tot 24 uur en van 6 tot 7 uur niet groter of kleiner zijn dan van 24 tot 6 uur. Wegens gebrek aan gegevens is niet nagegaan of de periode van de nacht invloed heeft op andere effectvariabelen zoals herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid en op de marker drukken.

Blootstelling-effectrelaties op langere-termijnniveau

Er zijn twee soorten langere-termijneffecten bestudeerd. Het betreft deels over 11 nachten of dagen geaggregeerde effectvariabelen en deels gegevens uit de vragenlijst.

Geaggregeerde gegevens. De uitkomsten van een deelnemer op 17 variabelen zijn over 11 nachten gemiddeld en in verband gebracht met *Li*. Deze 17 variabelen betreffen onder meer motorische onrust, aantal maal drukken op de marker, aantal maal herinnerd tussentijds wakker te zijn geworden (door vliegtuiggeluid), slaperigheid overdag, resultaat van de reactietijdtesten, duur van inslapen, en moeite met inslapen. Van deze 17 variabelen bleken er vier, waaronder motorisch onrust en duur van de inslaaperiode, gerelateerd te zijn aan *Li*;

Gegevens uit de vragenlijst. Het doel van de vragenlijst was voornamelijk om na te gaan of variabelen uit de vragenlijst gerelateerd zijn aan variabelen vastgesteld met behulp van de actimeters, logboekjes, slaperigheidsstrips, en reactietijdtesten. De bevindingen hierover zijn in de bespreking van die andere variabelen vermeld.

In de vragenlijst zijn zowel vragen gesteld die expliciet verwijzen naar *nachtelijk vliegtuiggeluid*, zoals de vraag naar het aantal maal wakker worden door vliegtuiggeluid, als vragen naar *vliegtuiggeluid*, zoals hinder door vliegtuiggeluid, en vragen die niet verwijzen naar vliegtuiggeluid, zoals slaapkwaliteit. Alle effectvariabelen die een evaluatie van vliegtuiggeluid overdag of over het etmaal vragen, hebben een iets sterkere relatie met *Lbi23-07h* dan met andere jaargemiddelde maten voor nachtelijk vliegtuiggeluid of *Li*. Ook de vier effectvariabelen die expliciet te maken hebben met de blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid hebben een sterkere relatie met *Lbi23-07h* dan met *Li*. Het betreft de vier variabelen: waarneming van vliegtuiggeluid 's nachts, geluidhinder 's nachts, frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid, en aantal maal per week dat een

negatief effect van vliegtuiggeluid op de slaap optreedt.

Het jaargemiddelde vliegtuiggeluid over de dag en avond blijkt van invloed op de blootstelling-effectrelaties met Lbi23-07h als maat voor vliegtuiggeluid. De gevonden verbanden mogen dan ook niet worden toegepast op situaties met een geheel andere combinatie van vliegtuiggeluid 's nachts en vliegtuiggeluid over de dag en avond. In het huidige onderzoek varieert het verschil tussen de jaargemiddelde vliegtuiggeluidbelasting over de dag en avond (7 tot 23 uur), en Lbi23-07h van 4 tot 17 dB(A). Omdat de bestudeerde situaties representatief zijn voor de omgeving van Schiphol, kunnen ze daar wel worden toegepast.

Het aantal gezondheidsklachten bepaald met de zogenoemde VOEG (vragenlijst over ervaren gezondheid) neemt toe met Li, maar heeft geen relatie met Lbi23-07h. Kennelijk is Lbi23-07h voor dit effect niet voldoende specifiek, omdat de individuele slaaptijd en andere factoren die de individuele geluidbelasting tijdens de slaap van een deelnemer bepalen niet in Lbi23-07h zijn verwerkt. Het is mogelijk dat er een hoge correlatie is tussen de *individuele* vliegtuiggeluidbelasting over de dag en avond en Li, waardoor de *individuele* vliegtuiggeluidbelasting over de dag en avond een versturende factor zou kunnen zijn. De gevonden verbanden mogen ons inziens dan ook niet worden toegepast op situaties met een geheel andere combinatie van vliegtuiggeluid 's nachts en vliegtuiggeluid over de dag en avond.

Rol van andere factoren bij de gevonden blootstelling-effectrelaties

Leeftijd heeft voor de meeste effecten en blootstelling-effectrelaties een belangrijke invloed op de grootte van de gevonden effecten. Voor vrijwel alle blootstelling-effectrelaties blijkt dat het effect door vliegtuiggeluid *maximaal* is voor personen van middelbare leeftijd (van ongeveer 45 tot ongeveer 65 jaar). Dit geldt voor momentane effecten, effecten op etmaalniveau, en lange-termijneffecten.

Geslacht is slechts beperkt van invloed. Zo is bij gelijke vliegtuiggeluidbelasting bij vrouwen de motorische onrust ongeveer 3% geringer dan bij mannen. Vrouwen geven vaker aan tussentijds wakker te worden en, met name oudere vrouwen, drukken vaker tenminste drie maal op de marker dan mannen met dezelfde leeftijd. In contrast hiermee herinneren vrouwen zich minder vaak wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid.

Samenhang tussen aspecten van slaapkwaliteit

Een belangrijke bevinding is dat *motorische onrust* verband houdt met bijna alle andere indicatoren voor slaapverstoring, zoals het aantal maal dat de deelnemer zich herinnert (door vliegtuiggeluid) wakker te zijn geweest gedurende de slaaptijd en het aantal maal dat de deelnemer tijdens de slaaptijd de marker heeft ingedrukt. Ook is gebleken dat er een sterk verband is tussen motorische onrust tijdens de slaap en zelfgerapporteerde slaapkwaliteit zowel bepaald uit de vragenlijst als uit de ochtendlogboekjes. Tevens blijkt motorische onrust gedurende de slaap een betere indicator te zijn van slaperigheid overdag dan de blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid. Motorische onrust gedurende de slaap hangt ook samen met het aantal zelfgerapporteerde gezondheidsklachten, aantal medicijnen dat gebruikt wordt, aantal maal ontwaken door vliegtuiggeluid, en aantal negatieve effecten van vliegtuiggeluid op de slaap (moeilijk inslapen, in de nacht wakker worden, niet meer in slaap kunnen komen). Achterliggende mechanismen kunnen met dit onderzoek niet nagegaan worden.

Conclusie met betrekking tot blootstelling-effectrelaties

De resultaten van het onderzoek zijn toepasbaar op de algemene bevolking, maar niet op kinderen, personen met nachtdiensten, ernstig zieke mensen, personen die pas kort sterke slaapmiddelen gebruiken, bevolkingsgroepen met sterk van de Nederlandse situatie afwijkende leefomstandigheden, en in situaties met een verschil tussen vliegtuiggeluid over de dag en over de nacht, dat sterk afwijkt van de in het onderzoek aangetroffen verschillen.

Vergelijking uitkomsten huidig onderzoek en GES vragenlijstonderzoek uit 1996

Op basis van een vergelijking van uitkomsten uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- de leeftijden van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten uit het vragenlijstonderzoek komen voldoende goed overeen komen om uit te sluiten dat het kleine verschil in leeftijdsopbouw van beide groepen relevante verschillen in blootstelling-effectrelaties en verdelingen van andere variabelen tot gevolg kan hebben;
- tussen de tijden van slapen gaan en opstaan van de deelnemers aan het huidige onderzoek en de respondenten van het vragenlijstonderzoek zijn geen systematische verschillen. De inslaap- en ontwaaktijden verkregen met behulp van de actigrammen uit het huidige onderzoek sporen met de tijden van gaan slapen en opstaan uit de vragenlijst;
- tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid door deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek, en door respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek bestaan geen relevante verschillen;
- uit de vergelijking van de verdelingen van drie effectvariabelen (hinder door vliegtuiggeluid, de houding ten opzichte van de groei van Schiphol, bezorgdheid over het wonen bij een groot vliegveld) uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek blijkt dat de resultaten van het huidige onderzoek liggen tussen die van respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek of met één van de beide resultaten zeer goed overeenkomen;
- de vergelijking tussen de uitkomsten van het huidige onderzoek en het vragenlijstonderzoek met betrekking tot de drie effectvariabelen ervaren gezondheid, aantal gezondheidsklachten, en aantal slaapklachten laat een goede overeenkomst zien;
- omdat in het vragenlijstonderzoek geen identieke effectvariabelen met betrekking tot slaapverstoring zijn gebruikt, is vergelijking van blootstelling-effectrelaties niet mogelijk.

Randen van de nacht

23 tot 24 uur

Op ongeveer één derde van de deelnemersnachten slapen deelnemers om 23 uur. Voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers geldt dat naar schatting 3,5 tot 4% van een totaal effect van nachtelijk vliegtuiggeluid (zoals kans op motiliteit tijdens vliegtuigpassages, toename motorische onrust, toename kans op marker drukken, toename kans dat men zich tussentijds wakker worden door vliegtuiggeluid herinnert) wordt veroorzaakt door vliegtuigpassages tussen 23 en 24 uur. Tussen 24 en 6 uur is het percentage 6 tot 6,3% per uur.

Vliegtuiggeluid tijdens het inslapen verlengt de inslaaptijd en als vliegtuiggeluid als oorzaak

genoemd wordt van moeite met inslapen, is de inslaaptijd langer en de moeite met inslapen groter.

6 tot 7 uur

Op bijna de helft van de deelnemersnachten slapen de deelnemers tot na 7 uur. Een vliegtuigpassage heeft tussen 6 en 7 uur een ongeveer 10% grotere invloed op de kans op toename in motiliteit dan tussen 24 en 6 uur; voor andere effecten is geen grotere gevoeligheid voor vliegtuiggeluid tussen 6 en 7 uur vastgesteld.

In de onderzochte situaties ligt de vliegtuiggeluidbelasting van 6 tot 7 uur aanmerkelijk hoger dan in de uren eerder in de nacht. Door het relatief grote aantal deelnemers dat tussen 6 en 7 uur slaapt en het relatief grote aantal vliegtuigpassages in dit uur is de bijdrage van vliegtuiggeluid in dit uur aan de effecten relatief groot ten opzichte van die van andere uren van de slaap. Voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers geldt dat naar schatting 27 tot 28% van een totaal effect van nachtelijk vliegtuiggeluid wordt veroorzaakt door vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur. Deze schatting is onder meer afhankelijk van de verdeling van vliegtuigpassages over de nacht, van de slaaptijden, van de omvang van het vliegverkeer, en mogelijk ook van de wijze van opstijgen en dalen van de vliegtuigen. De schatting geldt dan ook alleen voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers. Andere slaaptijden en situaties met een ander aanbod van vliegtuigen leiden tot een andere schatting van de toename in een effect van vliegtuiggeluid gedurende de periode van 6 tot 7 uur. Uitgaande van de slaaptijden en vliegtuiggeluidbelastingen van de deelnemers, zou als het vliegverkeer van 6 tot 7 uur gelijk gekozen zou worden aan het vliegverkeer gedurende één uur in de periode van 24 tot 6 uur, de bijdrage aan het totale effect afnemen van 27-28% tot 6-6,3%, hetgeen een vermindering in een totaal effect van 20-21% is. Daarbij is aangenomen dat de vliegtuigpassages die eerst tussen 6 en 7 uur vielen pas optreden als alle deelnemers ontwaakt zijn. Deze vermindering in effect wordt bereikt door een vermindering van vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur met een factor 4. Worden de vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur één uur verlaat, dan neemt het totale effect af met 10%.

Voor andere populaties dan de onderzochte groep deelnemers, met een ander aanbod van vliegtuigen tussen 6 en 7 uur in vergelijking tot eerder op de nacht, en met andere slaaptijden, gelden andere percentages. Naar verwachting zijn de percentages voor bewoners in de omgeving van Schiphol niet sterk afwijkend, omdat de slaaptijden waarschijnlijk goed overeenkomen en de in het onderzoek bestudeerde situaties een breed scala van verhoudingen tussen vliegtuiggeluid over verschillende delen van de nacht omvatten.

Prevalenties

Om inzicht te verkrijgen in de omvang van de slaapverstoring door het geluid van nachtelijk vliegverkeer naar en van Schiphol, zijn voor een aantal effecten zogenoemde prevalentieschattingen uitgevoerd. Dit is gedaan voor een gebied van 55 bij 55 km, het gebied waarvoor het NLR op basis van *modellen* de vliegtuiggeluidbelasting *berekent*, en een gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. De gegevens over de geluidbelasting hebben betrekking op het jaar 2000. De schattingen zijn uitgevoerd voor effecten die betrekking hebben op een nacht, en voor effecten op langere-termijn.

Schattingen van effecten per nacht

Schattingen van het optreden van effecten door vliegtuiggeluid tijdens één slaaperiode zijn gemaakt voor:

- Het aantal volwassenen met een voor de leeftijd grote *motorische onrust* tijdens een slaaptijd (de over een slaaptijd gemiddelde motiliteit is hoger dan het 95 percentiel van de gemiddelde motiliteit vastgesteld bij leeftijdsgenoten bij afwezigheid van vliegtuiggeluid tijdens de slaap);
- Het aantal volwassenen dat tenminste drie maal tijdens een slaaperiode op de marker zou drukken;
- Het aantal volwassenen dat zich 's ochtends herinnert minstens éénmaal gedurende de slaaperiode wakker te zijn geworden van vliegtuiggeluid;
- Het aantal personen dat over één nacht slaapmiddelen gebruikt.

De in tabel I gegeven effecten treden in principe elke nacht in deze omvang op.

Tabel I: Schatting van het optreden van een effect in een slaaptijd ten gevolge van nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelleringsgebied van NLR en in het gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. Het aantal personen (n) waarop de schattingen betrekking hebben tussen haakjes.

Effect	Modelleringsgebied NLR (55 bij 55 km) (n=2 166 139)				Gebied met straal van 25 km rondom Schiphol (n=1 811 719)	
	Geschat aantal ingeval Li = 0 dB(A)	Geschat percentage bij Li = 0 dB(A)	Geschat aantal extra gevallen	Geschat percentage extra in populatie	Geschat aantal extra gevallen	Geschat percentage extra in populatie
Hoge motiliteit	99 000	4,6	40 000	1,9	36 000	2,0
3x of vaker marker indruk- ken	239 000	11,0	45 000	2,1	40 000	2,2
Herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid	3 300	0,2	8 300	0,4	7 800	0,4
Gebruik slaap- middelen	7 700	0,4	3 900	0,2	3 500	0,2

In de eerste twee kolommen van de tabel zijn de geschatte prevalenties weergegeven als Li in het gehele modelleringsgebied gelijk aan 0 dB(A) zou zijn. Bij het bekijken van de resultaten moet er rekening mee worden gehouden dat ook bij populaties met Li = 0 dB(A) elk van de genoemde effecten vóórkomt (en de percentages in de tweede kolom dus hoger dan nul zijn). Zo is met betrekking tot hoge motiliteit het afkappunt zo gekozen, dat bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid de prevalentie van een voor de leeftijd hoge motiliteit bij de deelnemers ongeveer 5% is. Verder is Li een gemiddelde over 11 nachten. Daarom kan zelfs bij lage waarden van Li nog gedurende een aantal nachten in een jaar een relatief hoge vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaap optreden. Gaan we bijvoorbeeld uit van een vliegtuigpassage met het (in het onderzoek bepaalde gemiddelde) maximale geluidniveau van 44 dB(A), dan zal als deze passage eens per

week tijdens de slaaperiode optreedt L_i ongeveer 0 dB(A) zijn. Als gedurende een paar nachten per jaar er 10 van zulke passages zouden zijn en gedurende de rest van de slaaperioden geen passages, dan is L_i ook ongeveer 0 dB(A). Daarom kan bij een lage waarde van L_i toch enig effect optreden dat samenhangt met vliegtuiggeluid.

De volgende kolommen in de tabel geven voor de twee gebieden rond Schiphol het aantal extra personen met op een nacht een effect. De som van het geschat aantal ingeval $L_i = 0$ dB(A) en het extra aantal geeft de prevalentie van een effect in een gebied. Zo hebben ongeveer 139 000 volwassenen in het modelleringsgebied van NLR op een nacht een voor de leeftijd grote motorische onrust: een toename door vliegtuiggeluid met 40%. De aantallen extra gevallen in het modelleringsgebied van NLR (55 bij 55 km) liggen ongeveer 10% hoger dan in het gebied met straal 25 km: buiten deze straal van 25 km komen dus ook nog effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid voor.

Er is ook nagegaan hoe zich het aantal extra gevallen in het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied verhoudt tot het extra aantal in het modelleringsgebied NLR. In het gebied binnen de berekende jaargemiddelde 49 dB(A) buitencontour (hetgeen ongeveer overeen komt met de berekende 28 dB(A) $L_{bi23-07h}$ -binnencontour) treden slechts ongeveer 2% van de effecten op. De resterende 98% van de effecten wordt waargenomen bij personen die verder van Schiphol wonen.

Schattingen van effecten op langere termijn bij personen in de omgeving van Schiphol

Met betrekking tot het optreden van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid op bewoners in de (wijde) omgeving van Schiphol zijn schattingen gemaakt voor:

- Het aantal volwassenen dat in een vragenlijst zou aangeven (bijna) elke nacht *tussentijds te ontwaken door vliegtuiggeluid*;
- Het aantal volwassenen met *ernstige hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid* (tenminste een score 8 op een 11-puntsschaal van 0 - 10);
- Het aantal personen met *tenminste elf gerapporteerde gevolgen op de slaap per week door nachtelijk vliegtuiggeluid* (maximum score is 56);
- Het aantal personen dat in een vragenlijst zou aangeven ten minste *vijf gezondheidsklachten* te hebben (maximum score is 13);
- Het aantal personen met een voor de leeftijd *onrustige slaap* (drie of meer van de elf nachten een voor de leeftijd grote motorische onrust);
- Het aantal personen met een *sterk verbrokkelde slaap* (zeven of meer van de elf nachten ten minste drie maal op de marker drukken);
- Het aantal personen dat zich *vaak herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid* (twee of meer van de elf nachten een dergelijke herinnering).

Het resultaat voor effecten op langere termijn is gegeven in tabel II op de volgende pagina. Uit de tabel blijkt op basis van actimetrie dat naar schatting het aantal (voor de leeftijd) onrustige slapers door vliegtuiggeluid verdubbeld is (van 71 800 tot 143 500 personen). Het aantal personen met tenminste vijf gezondheidsklachten neemt door nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelle-

ringsgebied van NLR met ongeveer 110 000 toe. Het aantal personen met een sterk verbrokkelde slaap neemt slechts licht toe.

Het extra aantal personen in het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied (binnen de 49 dB(A) buitencontour) is gemiddeld over de zeven onderzochte effecten ongeveer 2,5% van het totaal extra aantal personen in het modelleringsgebied NLR. Dit percentage is het hoogst voor personen die vaak wakker worden van vliegtuiggeluid, namelijk ruim 7%, en het laagst voor personen met een sterk verbrokkelde slaap, namelijk ruim 1,5%. Ook voor de mensen met deze lange termijn effecten geldt dat verreweg de meesten van hen buiten de 49 dB(A) contour, en dus verder van Schiphol, wonen.

Tabel II: Schatting van de prevalentie van lange termijneffecten door nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelleringsgebied van NLR en in het gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. Het aantal personen (n) waarop de schattingen betrekking hebben tussen haakjes.

Effect	Modelleringsgebied NLR (55 bij 55 km) (n=2 166 139)				Gebied met straal van 25 km rondom Schiphol (n=1 811 719)	
	Geschat aantal ingeval Li = 0 dB(A)	Geschat percentage bij Li = 0 dB(A)	Geschat aantal extra gevallen	Geschat percentage extra in populatie	Geschat aantal extra gevallen	Geschat percentage extra in populatie
Uit vragenlijst						
Tussentijds ontwa- ken door vliegtuig- geluid ((bijna) elke nacht)	18 800	0,9	38 700	1,8	35 800	2,0
Ernstige hinder nachtelijk vliegtuig- geluid	77 300	3,6	91 100	4,2	83 100	4,6
Tenminste elf effecten per week op de slaap door nachtelijk vliegtuig- geluid	40 200	1,9	57 500	2,7	52 700	2,9
Tenminste vijf gezondheidsklachten	274 900	12,7	110 000	5,1	98 800	5,5
Uit actigrammen, drukken op marker, en uit ochtendlogboekje						
Voor de leeftijd onrustige slapers	71 800	3,3	71 700	3,3	65 300	3,6
Personen met sterk verbrokkelde slaap	172 600	8,0	18 600	0,9	16 600	0,9
Personen die vaak wakker worden van vliegtuiggeluid	3 700	0,2	18 400	0,8	17 600	1,0

1 Inleiding

1.1 Kader en doelstellingen van het project

Het project 'De invloed van nachtelijk vliegtuiggeluid op slaap, gezondheid en dagelijks functioneren' is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES). Dit programma wordt gefinancierd door de Ministeries van VROM, van V&W, en van VWS, en wordt gecoördineerd door het RIVM. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de omgeving van de luchthaven Schiphol.

De doelstellingen van het onderzoek zijn:

- a. Het bepalen van relaties tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en slaapverstoring, gezondheid, en dagelijks functioneren. Het effect op de relaties van het tijdstip van de nacht, speciaal de randen van de nacht (van 23 tot 24 uur in de avond en van 6 tot 7 uur in de morgen), is eveneens van belang;
- b. Het leveren van informatie met het doel om de prevalentie te kunnen schatten van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de bevolking in het zogenoemde studiegebied van Schiphol, waarin ruim 2 miljoen volwassenen wonen.

Het project bestond uit twee delen: een voorbereidend en een hoofdonderzoek. Het voorbereidende onderzoek is in 1998 uitgevoerd (Passchier-Vermeer et al., 1999); het had vooral ten doel om het hoofdonderzoek zowel inhoudelijk als logistiek te kunnen structureren. Het hoofdonderzoek bij deelnemers op locatie heeft plaatsgevonden in de periode van November 1999 tot April 2001.

De resultaten van het hoofdonderzoek zijn gepresenteerd in de volgende rapporten:

- TNO-PG rapport 2002.027, met de statistische analyses en uitkomsten van het onderzoek (Engelstalig);
- TNO-PG rapport 2001.205, met gedetailleerde informatie, verkregen met behulp van vragenlijsten en logboekjes, over de groep deelnemers en de zogenoemde groep non-respondenten en informatie over de locaties waar het hoofdonderzoek heeft plaatsgevonden (Engelstalig);
- TNO-PG rapport 2001.206, met tabellen en figuren die betrekking hebben op de inhoud van rapport 2001.205, en met een foto van elke locatie (Engelstalig);
- Dit rapport, uitgegeven in het kader van GES (TNO rapport 2002.028; RIVM rapport 441520019, 2002, Bilthoven), met het onderzoek in hoofdlijnen.

Op basis van de resultaten van het onderzoek (doelstelling b) zijn prevalentieschattingen door RIVM uitgevoerd. De uitkomsten van deze schattingen, waarvoor RIVM de eindverantwoordelijkheid draagt, en een korte uitleg over hoe deze schattingen zijn verkregen zijn opgenomen in bijlage B van dit rapport.

1.2 Inhoud van het rapport

In hoofdstuk 2 is de achtergrond en de opzet van het hoofdonderzoek beschreven. De hoofdstukken 3 - 6 presenteren een globaal overzicht van de gevonden blootstelling-effectrelaties. Als er een relatie genoemd wordt, impliceert dit dat het verband statistisch significant is. Toetsing heeft plaatsgevonden met een significantieniveau van 5%, en er is, afhankelijk van de getoetste hypothese, één- of tweezijdig getoetst. In TNO rapport 2002.027 is uitvoerig ingegaan op de statistische analyses. In dat rapport zijn tevens formules van de blootstelling-effectrelaties en 95%-betrouwbaarheidsintervallen opgenomen.

Hoofdstuk 7 van dit rapport bevat een discussie en hoofdstuk 8 de conclusie. Aan het eind van het rapport is een literatuurlijst opgenomen. Voor een uitvoeriger lijst wordt u verwezen naar TNO rapport 2002.027.

In bijlage A is een vergelijking gemaakt tussen de resultaten uit het huidige onderzoek en die uit het vragenlijstonderzoek dat in 1996 in het kader van GES is uitgevoerd (TNO en RIVM, 1996). In bijlage B worden, zoals reeds opgemerkt, schattingen gegeven van de effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid op de volwassen bevolking in het studiegebied rond Schiphol.

1.3 Dankwoord

Zowel binnen als buiten TNO hebben diverse personen, diensten en instellingen een bijdrage aan het project geleverd. Het betreft allereerst de direct betrokken medewerkers en medewerksters van TNO Preventie en Gezondheid en Peutz & Associé. Zonder hun inzet zou dit onderzoek niet zo voorspoedig zijn verlopen. Voor A. Wieteler een speciaal woord van waardering: zij verzorgde de lay-out van de rapportering en wist daarbij onder meer de vele figuren in de vier rapporten voorbeeldig op hun plaats te zetten. Het Management Team van het project, dat in een tiental vergaderingen over het project heeft geadviseerd, bestond naast de projectcoördinator W. Paschier-Vermeer uit: F. D. van der Ploeg van Peutz & Associé, en S. van Buren, H. M. E. Miedema, en S. A. Reijneveld van TNO Preventie en Gezondheid.

Het RIVM heeft het projectvoorstel, de uitgewerkte aanpak van het project, het analyseplan, en de conceptrapportering beoordeeld, zorg gedragen voor de aanlevering van vliegtuiggeluidgegevens door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium (NLR), en de prevalentieschattingen uitgevoerd.

Wij danken met name de volgende personen en instellingen:

- onze buitenlandse collega's Jim Horne, Louise Reyner, en Barbara Griefahn;
- E. Lebret, C. van Wiechen, L. Verhoef, J. van Eijkeren van het RIVM;
- R. Kuiten, E. Donkersloot, B. Klein Bog en M. Sliedrecht (Ministerie van V&W);
- H. W. Veerbeek (Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium);
- R. Pouwels (Luchtverkeersleiding Nederland);
- J. Nijmeijer (Amsterdam Airport Schiphol);
- A. van den Berkmortel en I. Kievits (Commissie Geluidhinder Schiphol);
- J. Verdonk (Projectorganisatie Geluidsisolatie Schiphol);

- F. Middeldorp (TNO Bouw)
- Igor Passchier;
- K. F. J. Hauser;
- Klankbordgroep GES;
- Begeleidingscommissie GES.

Onze dank gaat ook uit naar de 418 deelnemers aan het hoofdonderzoek en de 22 deelnemers aan het vooronderzoek.

2 Doel en opzet van het hoofdonderzoek

2.1 Wat te onderzoeken en hoe te onderzoeken?

Dit hoofdstuk beschrijft kort wat de argumenten zijn voor de opzet van het hoofdonderzoek in het licht van resultaten van eerder onderzoek en hiaten in kennis.

Effecten op de slaap

Effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid kunnen op diverse tijdschalen worden onderscheiden: acute/momentane effecten tijdens de slaap, effecten en na-effecten gedurende een nacht en de dag erna, en effecten op langere termijn. Gezien de verschillen in de resultaten van reeds verricht onderzoek en de hiaten in kennis over de effecten van nachtelijk geluid op de slaap achtten de opdrachtgevers van het huidige onderzoek een uitvoerig onderzoek noodzakelijk naar de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op personen die in het dagelijks leven aan nachtelijk vliegtuiggeluid zijn blootgesteld. Daarbij zouden niet alleen zogenoemde *zelfgerapporteerde* effecten onderzocht moeten worden, maar zou de nadruk moeten liggen op het vaststellen van slaapverstoring door middel van 'objectieve' *metingen*.

Slaap en meten van effecten

Slaap is een actief fysiologisch proces dat vooral gestuurd wordt door processen in de tussenhersenen en de hersenstam. Slaap wordt gekarakteriseerd door periodiek, tijdelijk bewustzijnsverlies, en verminderd sensorisch en motorisch functioneren. Slaap heeft een lichamelijke en geestelijke herstelfunctie die niet kan worden vervangen door voedsel, drinken of medicijnen. De fysiologische en psychologische drang tot slapen kan elke andere behoefte verdringen. Hoewel de sensorische functies tijdens de slaap verminderd zijn, beïnvloedt geluid de slapende mens. Bijvoorbeeld, geluid kan de slaap minder diep maken, de hartslag en systolische bloeddruk tijdelijk verhogen, het niveau van stresshormonen in het bloed verhogen, en kleine bewegingen van met name de extremiteiten tot gevolg hebben. Een meer extreme reactie op een geluid is ontwaken. De reacties hangen met name samen met de evaluatie van het geluid in termen van onraad en gevaar.

De fysiologische reacties op een geluid tijdens de slaap kunnen op diverse manieren worden gemeten. De gangbare methoden om momentane verstoring van de slaap te meten zijn het opnemen van een slaap-EEG (elektro-encefalogram) en het uitvoeren van actimetrie. Het slaap-EEG wordt veelal gebruikt om de slaap in diverse slaapstadia, inclusief ontwaken volgens het EEG, in te delen. In onderzoek naar de effecten van geluid op de slaap wordt dan gekeken naar veranderingen in slaapstadia van diepere naar lichtere slaap en van slaap naar ontwaken, en veranderingen in de totale tijd die men in een bepaald stadium doorbrengt (Jurriëns et al., 1983). In het geval van een doorsnee populatie treedt ongeveer 18 keer per slaaperiode ontwaken volgens het EEG op (Ollerhead et al., 1992).

Het opnemen van een slaap-EEG heeft de nadelen dat het in grote mate inbreuk doet op de privacy van deelnemers aan een onderzoek (het aanleggen van de elektroden en instellen van de appa-

ratuur vereist immers elke avond deskundige begeleiding), dat deelnemers eerst een aantal nachten moeten wennen aan het dragen van de elektroden tijdens de slaap voordat de EEG-data bruikbaar zijn, en dat het relatief kostbaar is (Jurriëns et al., 1983; Middelkoop, 1994; Sadeh et al., 1994; Tyron, 1991).

Om op grote schaal een onderzoek uit te kunnen voeren met een minimale inbreuk op de privacy en de slaapgewoonten van deelnemers, is in het huidige onderzoek gekozen voor de methode van de actimetrie. Actimetrie wordt uitgevoerd met een apparaatje dat er uitziet als een klein horloge, en dat om de pols gedragen wordt. Een actimeter detecteert bewegingen (motorische activiteit, motiliteit). De gebruikte actimeters zijn zo ingesteld dat ze aan het eind van elk interval van 15-s naast de tijd een waarde in het geheugen opslaan die een maat is voor de sterkte van de bewegingen gedurende het interval. In dit rapport wordt op momentaan niveau alleen gekeken naar het al dan niet optreden van motiliteit gedurende een 15-s interval. (Voor de sterkte van bewegingen zijn op momentaan niveau geen duidelijke relaties met geluidblootstelling gevonden.) Globaal zijn er bij afwezigheid van vliegtuiggeluid gedurende de slaaptijd ongeveer 63 15-s intervallen waarin motiliteit optreedt en 45 15-s intervallen waarin motiliteit begint op te treden. Er is echter een grote variatie van persoon tot persoon in dit aantal intervallen, van minder dan de helft tot meer dan twee maal dit aantal. Uit eerdere vergelijking van uitkomsten van actimetrie en van het slaap-EEG blijkt dat in ongeveer 40% van de intervallen waarin motiliteit begint er ontwaken volgens het EEG is en dat bij afwezigheid van motiliteit er over het algemeen vrijwel geen ontwaken volgens het EEG is (Ollerhead et al., 1992; Horne et al., 1994). Uit het eerdere onderzoek blijkt niet of deze 40% ook geldt als motiliteit begint op te treden tijdens vliegtuigpassages. De in het onderzoek gebruikte actimeters hebben een verzonken drukknopje (marker) om een tijdstip te markeren. Deelnemers zijn onder meer verzocht om de marker in te drukken als ze tussentijds wakker werden.

Belangrijkste hiaten in kennis

In het afgelopen decennium is een aantal veldonderzoeken uitgevoerd om de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid vast te stellen (Ollerhead et al., 1992; Horne et al., 1994; Fidell et al., 1995, 1998, 2000). Het eerste grote veldonderzoek is in 1991 uitgevoerd met deelnemers in de omgeving van een aantal vliegvelden in de UK (Ollerhead et al., 1992; Horne et al., 1994). Hoewel dit onderzoek vele opmerkelijke onderzoeksgegevens heeft opgeleverd, betreft de grootste tekortkoming van het onderzoek de beperking van geluidmetingen tot buitenmetingen. Verwacht moet worden, en dat wordt bevestigd in het huidige onderzoek, dat de werkelijke geluidbelasting van deelnemers in hun slaapkamer bij dezelfde geluidbelasting buiten, sterk zal variëren. Daarom is in het huidige onderzoek een grote inspanning gedaan om de werkelijke geluidbelasting aan vliegtuiggeluid van de deelnemers vast te stellen en om deze geluidbelasting te onderscheiden van andere geluidbelastingen.

Fidell heeft, in minder omvangrijke onderzoeken, alleen deelnemers onderzocht met zeer hoge vliegtuiggeluidbelastingen (Fidell et al., 1995, 1998, 2000). Terecht merkt Fidell op dat de verkregen resultaten niet geëxtrapoleerd mogen worden naar andere populaties. In het huidige onderzoek participeerde een breed scala van deelnemers: deelnemers zonder of met een zeer geringe vliegtuiggeluidbelasting tijdens hun slaap tot deelnemers uit een woonwijk met één van de hoogste nachtelijke vliegtuiggeluidbelastingen in de omgeving van Schiphol.

Onderzoeksvragen in het kort

Eén van de doelstellingen van het onderzoek is het vaststellen van relaties tussen momentane slaapverstoring (toename van kans op (begin van) motiliteit) en momentane geluidbelasting tijdens vliegtuigpassages. Daarbij is tevens belangrijk na te gaan welke categorie deelnemers een relatief sterke reactie op momentaan vliegtuiggeluid vertoont. Ook is het de vraag of de momentane respons afhangt van het tijdstip van de nacht waarop de vliegtuigpassage plaatsvindt.

Er is vrijwel geen onderzoek gerapporteerd over de effecten van vliegtuiggeluid *gemiddeld* over een slaaptijd. Zo is niet bekend of de gemiddelde motiliteit (motorische onrust) hoger is bij hogere geluidbelasting over de slaaptijd. Ook relaties tussen de geluidbelasting over de slaaptijd en effectvariabelen, zoals het aantal maal gedragsmatig ontwaken (de marker indrukken) per nacht, het aantal maal ontwaken dat men zich 's morgens herinnert en het herinnerd aantal maal wakker worden door vliegtuiggeluid, zijn ook onbekend. De vraag is ook of vliegtuiggeluid tijdens de inslaaptijd invloed heeft op de moeite om in slaap te komen en op de inslaaptijd. Het is bekend is dat slaapdeprivatie een negatief effect heeft op de uitkomsten van reactietijdstesten (Broughton et al., 1992). Onbekend is echter of vliegtuiggeluid in staat is om de slaap dusdanig te verstoren dat de resultaten van reactietijdstesten nadelig worden beïnvloed.

Diverse vragenlijstonderzoeken hebben aangetoond dat hoe hoger de nachtelijke geluidbelasting is, des te meer mensen er ernstiger gehinderd zijn door nachtelijk vliegtuiggeluid. De vraag is hierbij echter of vliegtuiggeluid tijdens de nacht ook de lichamelijke gezondheid aantast. In het onderzoek zijn geen metingen aan facetten van de lichamelijke gezondheid gedaan, zoals meting van bloeddruk en van stresshormoonniveaus, omdat de taken van de deelnemers in het onderzoek reeds zoveel van de deelnemers eisten dat toevoegen van nog meer verplichtingen een te grote inbreuk op de dagelijkse gang van zaken zou hebben gehad. De huidige studie onderzoekt de vraag met zelfgerapporteerde gezondheid en aantal gezondheidsklachten.

In sectie 3.5 is een schematisch overzicht gegeven van de in het onderzoek behandelde onderzoeksvragen. Niet alleen de blootstelling-effectrelaties, inclusief factoren die de relaties of het effect beïnvloeden, zijn van belang. Om een integraal inzicht te krijgen in de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de slaap en de gevolgen in de periode na de slaap, zijn ook relaties tussen variabelen op de diverse tijdschalen onderzocht.

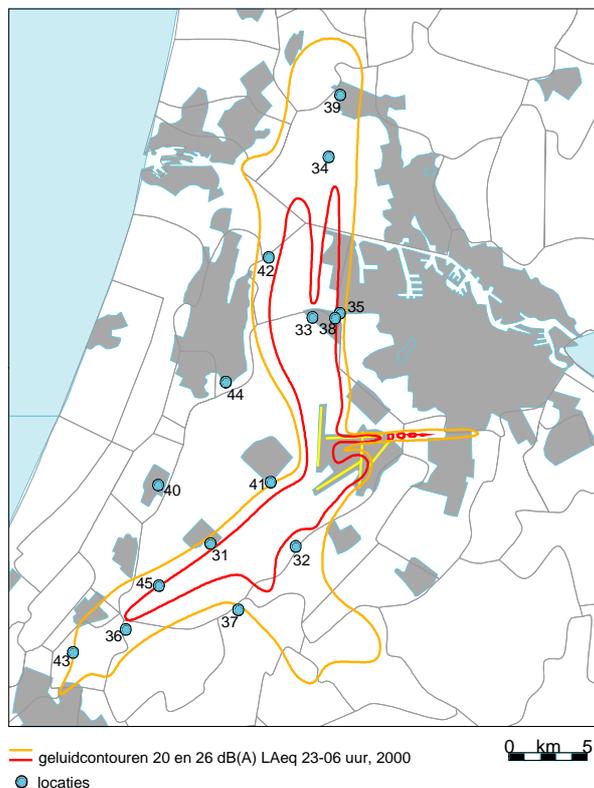
2.2 Opzet van het hoofdonderzoek

Locaties

Het onderzoek heeft achtereenvolgens plaatsgevonden op 15 locaties die gelegen zijn binnen een afstand van 20 km van Schiphol (zie figuur 1 met bijbehorende tekst). De locaties zijn vooral geselecteerd op basis van de nachtelijke belasting aan vliegtuiggeluid, en variëren van situaties met in de nacht slechts incidenteel een overkomend vliegtuig (locaties 40 en 44) tot een woonwijk met één van de hoogste nachtelijke geluidbelastingen in de omgeving van Schiphol (locatie 38). Andere selectiecriteria zijn geweest: urbanisatiegraad, type woning, andere nachtelijke geluid-

bronnen, zoals doorgaand wegverkeer en railverkeer. Het onderzoek is op elke locatie gedurende twee intervallen van 11 dagen en nachten uitgevoerd.

locatie	nr	Lbi23-07h in 2000 (in dB(A))
Nieuw-Vennep	31	26
Rijsenhout	32	23
Zwanenburg	33	27
Assendelft	34	27
Halfweg A	35	28
Kaag/ Buitenkaag	36	27
Leimuiden	37	22
Halfweg B	38	31
Krommenie	39	26
Hillegom	40	10
Hoofddorp	41	19
Spaarndam	42	24
Warmond	43	26
Haarlem	44	10
Abbenes	45	29



Figuur 1: Kaart van de omgeving van Schiphol met de nummers van de 15 locaties.

De namen van de locaties zijn in de tabel gegeven, evenals de binnenwaarden van de equivalente geluidniveaus (Lbi23-07h) tengevolge van nachtelijk vliegtuiggeluid van 23 tot 7 uur, berekend uit de door NLR over het jaar 2000 berekende geluidbelasting buiten aan de gevel. De kaart geeft ook de door NLR voor het jaar 2000 berekende LAeq,23-06h nachtcontouren voor 20 en 26 dB(A) (waarbij nacht dus de periode van 23 tot 6 uur is). Deze nachtcontouren hebben ook betrekking op binnenwaarden. LAeq,23-06h is globaal 3 dB(A) minder dan Lbi23-07h.

Deelnemers

Het aantal deelnemers aan het onderzoek en het aantal nachten per deelnemer dat nodig is om goed gefundeerde conclusies te kunnen trekken, is geschat uit de resultaten van het vooronderzoek en kwam neer op respectievelijk 375 personen (325 aan nachtelijk vliegtuiggeluid blootgestelde deelnemers en 50 vrijwel niet aan vliegtuiggeluid blootgestelde deelnemers) en 10 tot 12 nachten. Om te compenseren voor mogelijke uitval van data, bijvoorbeeld doordat deelnemers voortijdig hun medewerking beëindigen of tijdens het onderzoek onverhoopt 's nachts niet thuis aanwezig kunnen zijn, is door TNO het aantal deelnemers in het project 10% hoger gekozen.

In totaal is aan ongeveer 3000 adressen een brief en folder gestuurd met de vraag om zo mogelijk aan het onderzoek deel te nemen. Ongeveer 540 kandidaten hebben positief gereageerd. Kandidaten voor het onderzoek zijn door TNO slechts afgewezen als ze korter dan twee maanden vóór aanvang van hun eventuele deelname aan het onderzoek begonnen waren met het gebruiken van sterke slaapmiddelen of geneesmiddelen met een sterke werking op de slaperigheid en/of de slaapdiepte. Een verdere keuze door TNO van kandidaten voor een instructie en verdere uitleg van de taken van deelnemers aan het onderzoek was gebaseerd op leeftijd, geslacht, en beschikbaarheid in één van de twee intervallen. De deelnemers zijn dus niet geselecteerd op basis van hun houding ten opzichte van vliegtuiggeluid of van Schiphol. TNO heeft aan ongeveer 440 kandidaten een bezoek gebracht. Na dit bezoek, waarbij kandidaten zelf zonder inmenging van TNO konden beslissen of ze al dan niet mee wilden doen, hebben ongeveer 20 personen besloten van deelname af te zien. De 418 deelnemers waren gedurende hun deelname aan het onderzoek blootgesteld aan vliegtuiggeluid zoals dat gewoonlijk in hun slaapkamer voorkomt. Er zijn geen maatregelen getroffen om de blootstelling aan vliegtuiggeluid te beïnvloeden. De leeftijd van de deelnemers ligt tussen 18 en 81 jaar. Het betreft evenveel mannen als vrouwen. Van de deelnemers woont 6% minder dan een jaar, 44% langer dan 15 jaar en de overigen (de helft) tussen 1 en 15 jaar in de huidige woonomgeving. De deelnemers ontvingen na afloop van het onderzoek waardebonnen ter waarde van € 113.

Taken van de deelnemers

De deelnemers namen van een maandagavond vanaf 10 uur 's avonds tot vrijdagmorgen 11 dagen later aan het onderzoek deel. Aan het begin vulden ze een uitvoerige vragenlijst in. Gedurende het onderzoek verrichtten ze de volgende taken:

- Elke dag invullen van een avond- en ochtendlogboekje op een door TNO ter beschikking gestelde draagbare computer;
- Elke dag uitvoeren van een reactietijdtest op de draagbare computer vlak voor het naar bed gaan;
- Gedurende vijf keer over de dag en avond invullen van een slaperigheidsstrip;
- Gedurende 24 uur per dag dragen van een actimeter om de pols. De deelnemers gaven met een drukknopje elke avond het tijdstip aan waarop ze probeerden te gaan slapen, elke ochtend het tijdstip waarop ze wakker werden, en eventueel de tijdstippen waarop ze in de loop van hun slaaptijd tussentijds wakker zijn geworden.

Geluidmetingen en identificatie van vliegtuigen

In het onderzoek zijn van 10 uur 's avonds tot 9 uur 's morgens elke seconde de geluidniveaus bepaald, zowel in de slaapkamer van elke deelnemer als buiten op een centrale plaats in het woongebied van de deelnemers. Het identificeren van vliegtuiggeluid gebeurde door de geluid- en tijdsgegevens die in de geheugens van de geluidmeters zijn opgeslagen, te vergelijken met gegevens afkomstig van FANOMOS, het vliegtuigregistratiesysteem van het Ministerie van V&W.

Non-responsonderzoek

Om vast te stellen of uitkomsten van het onderzoek door selectieve respons van de deelnemers zijn beïnvloed, is een non-responsonderzoek uitgevoerd. De resultaten van het onderzoek en het

non-responsonderzoek zijn met elkaar vergeleken om vast te stellen of er verschillen zijn tussen deelnemers en non-respondenten.

Een non-responsvragenlijst en het verzoek deze in te vullen is tegen het eind van het eigenlijke onderzoek op een locatie gestuurd naar een aselekt gekozen klein deel van de adressen (ongeveer 15%) die eerder benaderd waren voor deelname aan het eigenlijke onderzoek. In totaal hebben 451 non-respondenten (wonend op 60% van de voor het non-responsonderzoek benaderde adressen) een ingevulde vragenlijst aan TNO geretourneerd. Uit de analyses blijkt dat de leeftijdsopbouw van de groep deelnemers verschilt van die van de groep non-respondenten: de deelnemers zijn jonger dan de non-respondenten. Als rekening wordt gehouden met de verschillen in leeftijdsopbouw van de groep deelnemers en non-respondenten, dan zijn er slechts enkele verschillen, die daarbij ook slechts gering zijn, tussen deelnemers en non-respondenten vastgesteld. Op basis hiervan is geconcludeerd dat vertekening van de resultaten van het onderzoek door selectieve respons van de deelnemers verwaarloosbaar is (zie TNO rapport 2001.205 voor verdere details).

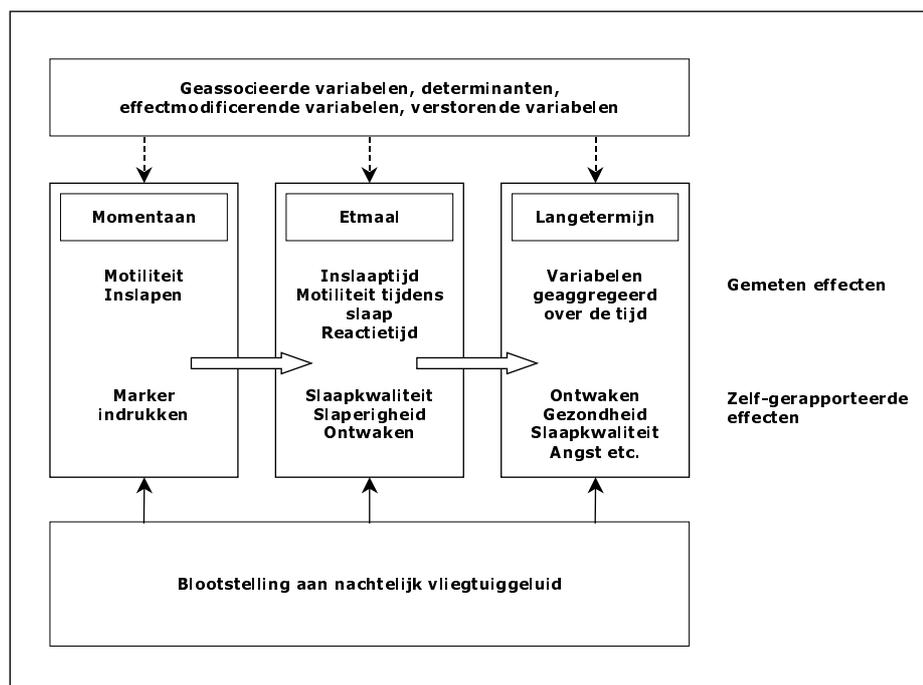
3 Blootstelling-effectrelaties

3.1 Analysemodel

In figuur 2 is het model gegeven dat de basis vormt voor de analyses. Relaties zijn onderzocht op drie tijdschalen:

- **Momenteaan niveau:** de momentane toename in motiliteit gedurende de slaaptijd is in verband gebracht met het *geluid tijdens een vliegtuigpassage*;
- **Niveau van een etmaal (inclusief één slaaperiode):** effectmaten die betrekking hebben op één slaaperiode van een deelnemer of voor de dag erna zijn in verband gebracht met de *blootstelling aan vliegtuiggeluid tijdens de slaap of tijdens de inslaaperiode*;
- **Langetermijnniveau:** effectvariabelen die betrekking hebben op een langere periode zijn in verband gebracht met *nachtelijk vliegtuiggeluid in een langere periode*.

In de volgende hoofdstukken wordt het in figuur 2 gegeven schema nader uitgewerkt.



Figuur 2: Analysemodel voor blootstelling-effectrelaties.

3.2 Effectvariabelen en andere factoren

In het onderzoek maken we gebruik van twee soorten effectvariabelen: uitkomsten van metingen en testen, en zelfgerapporteerde variabelen. De uitkomsten van metingen in het onderzoek betreffen motiliteit tijdens de slaap en reactietijd en fouten bij de reactietijdtesten. Zelfgerapporteerde effectvariabelen zijn verkregen door van een deelnemer te vragen een registratie, beschrijving of evaluatie uit te voeren over bijvoorbeeld slaapkwaliteit en aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid (in het ochtendlogboekje), angst voor vliegtuigen, slaapkwaliteit, en aantal gezondheidsklachten (in de vragenlijst), slaperigheid overdag (uit de slaperigheidstrip).

Nadat er een (statistisch significante) relatie is vastgesteld tussen een geluid- en een effectvariabele is nagegaan of andere factoren naast de geluidblootstelling ook invloed hebben op het effect of de relatie. Neem bijvoorbeeld het (statistisch significante) verband tussen aantal vliegtuigpassages en aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid gedurende een slaaptijd. Andere factoren kunnen op de volgende wijzen het effect of de relatie beïnvloeden:

- er is geen invloed van een bepaalde andere factor. Stel dat de andere factor het geslacht van deelnemers is. Voor mannen en vrouwen geldt dan dezelfde relatie;
- er is een verband tussen de andere factor en de effectvariabele. Als oorzaak en gevolg goed te onderscheiden zijn, is de andere factor een determinant. Bijvoorbeeld, er is een verschil tussen mannen en vrouwen in aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid. Oorzaak en gevolg zijn hierin goed te onderscheiden: geslacht bepaalt (mede) het aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid, terwijl het aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid niet het geslacht bepaalt. Als oorzaak en gevolg niet duidelijk zijn is er sprake van een associatie tussen de effectvariabele en de factor. Bijvoorbeeld, de andere factor is de mate van geluidhinder door nachtelijk vliegtuiggeluid. Het is op voorhand niet duidelijk wat oorzaak en wat gevolg is: het wakker worden of de geluidhinder;
- de andere factor heeft invloed op het verband tussen blootstelling en effect, dat wil zeggen er is een interactie tussen geluidblootstelling en de andere factor. Zo'n factor wordt een effect-modificerende factor of variabele genoemd. Een voorbeeld is geslacht. Er is een verschil tussen mannen en vrouwen in het aantal maal dat men zich herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid, en dit verschil neemt toe met het aantal vliegtuigpassages;
- de andere factor is een versturende variabele (confounder). Van een versturende variabele is sprake als de andere factor een determinant van de effectvariabele is, de factor een relatie heeft met de blootstellingsvariabele, en geen factor is in de oorzaak-gevolg keten. Een voorbeeld hiervan is het gemiddelde geluidniveau in de slaapkamer bij afwezigheid van vliegtuiggeluid. Als dit geluidniveau samenhangt met het aantal vliegtuigpassages, een determinant is van het aantal maal dat men zich 's ochtends herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid, en het gemiddelde geluidniveau geen factor is in de oorzaak-gevolgketen, dan is

het gemiddelde geluidniveau een versturende variabele. In voorkomende gevallen wordt getracht het effect van deze verstoring te schatten, om hier vervolgens voor te kunnen corrigeren.

Factoren waarvan is nagegaan of ze van invloed zijn op de effecten en blootstelling-effectrelaties zijn demografische variabelen (zoals leeftijd, geslacht, opleidingsniveau, aantal kinderen in huishouden), variabelen uit de vragenlijst (zoals zelfgerapporteerde geluidgevoeligheid bepaald met de Weinstein vragenlijst, houding ten opzichte van de groei van Schiphol), en variabelen uit het ochtend- en avondlogboekje (zoals aantal koppen koffie die 's avonds gedronken zijn, het al dan niet hebben van zorgen voor het slapen gaan).

3.3 Variabelen van nachtelijk vliegtuigeluid

De in het rapport gebruikte geluidmaten zijn in onderstaand overzicht opgenomen. In vervolg op dit overzicht worden de geluidmaten kort besproken.

Alle (equivalente) geluidniveaus zijn in dB(A)	
Lmax_i:	maximale geluidniveau in de slaapkamer tijdens een vliegtuigpassage;
SEL10_i:	op één seconde genormeerd equivalent geluidniveau in de slaapkamer van een vliegtuigpassage;
Liaspt:	equivalent geluidniveau in de slaapkamer gedurende één slaaperperiode;
Niaspt:	aantal vliegtuigpassages op de binnenmeter gedurende één slaaperperiode;
L50:	mediaan geluidniveau gedurende één slaaperperiode in de slaapkamer in perioden met afwezigheid van vliegtuigeluid;
Li:	individueel equivalent geluidniveau representatief voor de vliegtuigeluidbelasting tijdens de slaap van een deelnemer;
Lbi23-07h:	equivalent geluidniveau van vliegtuigeluid binnen tussen 23 en 7 uur, berekend uit NLR gegevens voor het jaar 2000;
Ldag:	equivalent geluidniveau van vliegtuigeluid buiten tussen 7 en 23 uur, waarbij de geluidniveaus tussen 19 en 23 uur met 5 dB(A) zijn vermeerderd, berekend uit NLR gegevens voor het jaar 2000.

Op momentaan niveau is het *geluid tijdens een vliegtuigpassage* gekenmerkt met Lmax_i en SEL10_i. Lmax_i is het maximale geluidniveau tijdens een vliegtuigpassage, bepaald in de slaapkamer van een deelnemer (_i staat voor indoor). SEL10_i is het, eveneens in de slaapkamer bepaalde, op één seconde genormeerde equivalente geluidniveau over de tijd dat het geluidniveau van een vliegtuigpassage ligt tussen de waarden Lmax_i en Lmax_i – 10 dB(A). In totaal zijn er tijdens de slaaptijden van de deelnemers in de slaapkamers ruim 63 000 vliegtuigpassages geregistreerd. De laagste gesignaleerde waarde van Lmax_i ligt op 26 dB(A), de hoogste waarde op

84 dB(A), en de waarde die niet wordt overschreden door 95% van de L_{max_i} waarden is 68 dB(A). De correlatie tussen L_{max_i} en SEL_{10_i} is hoog: de correlatiecoëfficiënt is 0.94.

Op etmaalniveau is het *vliegtuiggeluid tijdens een slaaperiode van een deelnemer* gekenmerkt door het equivalente geluidniveau door vliegtuiggeluid, in de slaapkamer bepaald, gedurende een slaaperiode en door het aantal vliegtuigpassages op de binnenmeter tijdens die periode. Het geluid tijdens een inslaaperiode is eveneens gekenmerkt door het equivalente geluidniveau en het aantal vliegtuigpassages gedurende die periode.

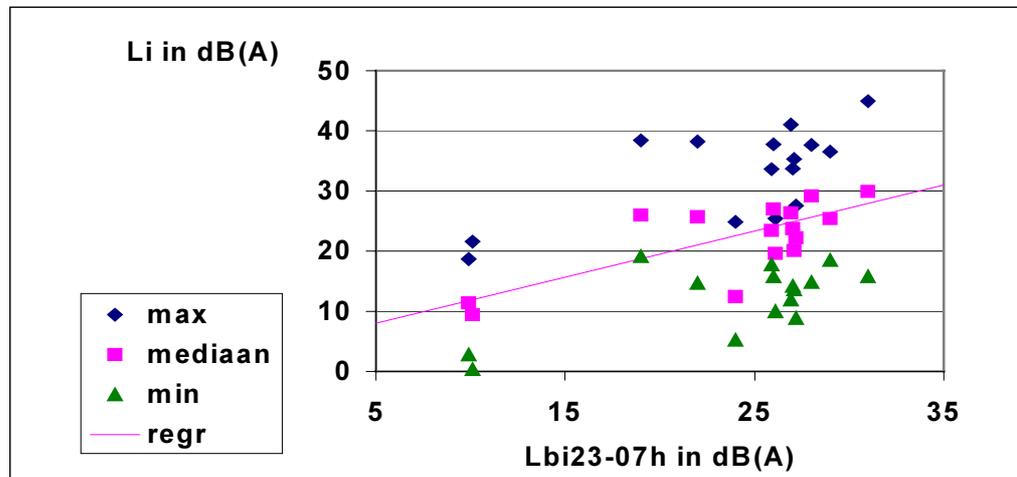
De *nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting op een locatie* is gekenmerkt met $L_{bi23-07h}$, het voor binnen in de woningen representatieve equivalente geluidniveau van 23 tot 7 uur, voor het jaar 2000. Dit equivalente geluidniveau is berekend op basis van gegevens die door NLR verstrekt zijn over het buiten op de locatie heersende equivalente geluidniveau over een jaar in de periode van 23 tot 7 uur ($L_{bu23-07h}$), door van die buitenwaarde 21 dB(A) af te trekken. Naast deze geluidmaat zijn door NLR ook waarden op de 15 locaties van andere over het jaar 2000 gemiddelde geluidbelastingen verstrekt (L_{den} , K_e). Uit L_{den} en $L_{bu23-07h}$ op een locatie is L_{dag} voor die locatie berekend: het equivalente geluidniveau buiten van 7 tot 23 uur, waarbij de geluidniveaus gedurende 19 tot 23 uur met 5 dB(A) verhoogd zijn, over het jaar 2000

L_i is representatief voor de *individuele vliegtuiggeluidbelasting van een deelnemer tijdens de slaap* en de waarde van L_i is het equivalente geluidniveau in de slaapkamer door de vliegtuigpassages gedurende de 11 slaaptijden van een deelnemer tijdens het onderzoek. Het is een maat van de vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaap, waarin de individuele slaapduur, de individuele tijd van slapen gaan en weer opstaan, de geluidsisolatie van de slaapkamer, inclusief het ventilatiegedrag van de deelnemer met betrekking tot haar/zijn slaapkamer, is verdisconteerd.

Voor elke deelnemer is tevens voor elke slaaptijd het mediane geluidniveau (L_{50}) tijdens een slaaperiode in de slaapkamer bij afwezigheid van vliegtuiggeluid bepaald.

In figuur 3 is per locatie (onder meer) de mediane waarde van L_i (bepaald uit de individuele L_i -waarden van de deelnemers op een locatie) uitgezet tegen $L_{bi23-07h}$. Tevens is de best-passende rechte in de figuur weergegeven. In rapport 2002.027 is aannemelijk gemaakt dat L_i ook voor de langere termijn representatief is voor de individuele geluidbelasting, behalve in het geval van de deelnemers in Spaarndam. In de tijd dat het onderzoek op locatie Spaarndam plaatsvond, is het nachtelijk vliegverkeer over Spaarndam tijdelijk minder geweest dan gewoonlijk.

De correlatiecoëfficiënt van L_i en $L_{bi23-07h}$ is 0,58, als locatie Spaarndam buiten beschouwing wordt gelaten 0,61, en als de locaties 40 en 44 buiten beschouwing worden gelaten 0,18.



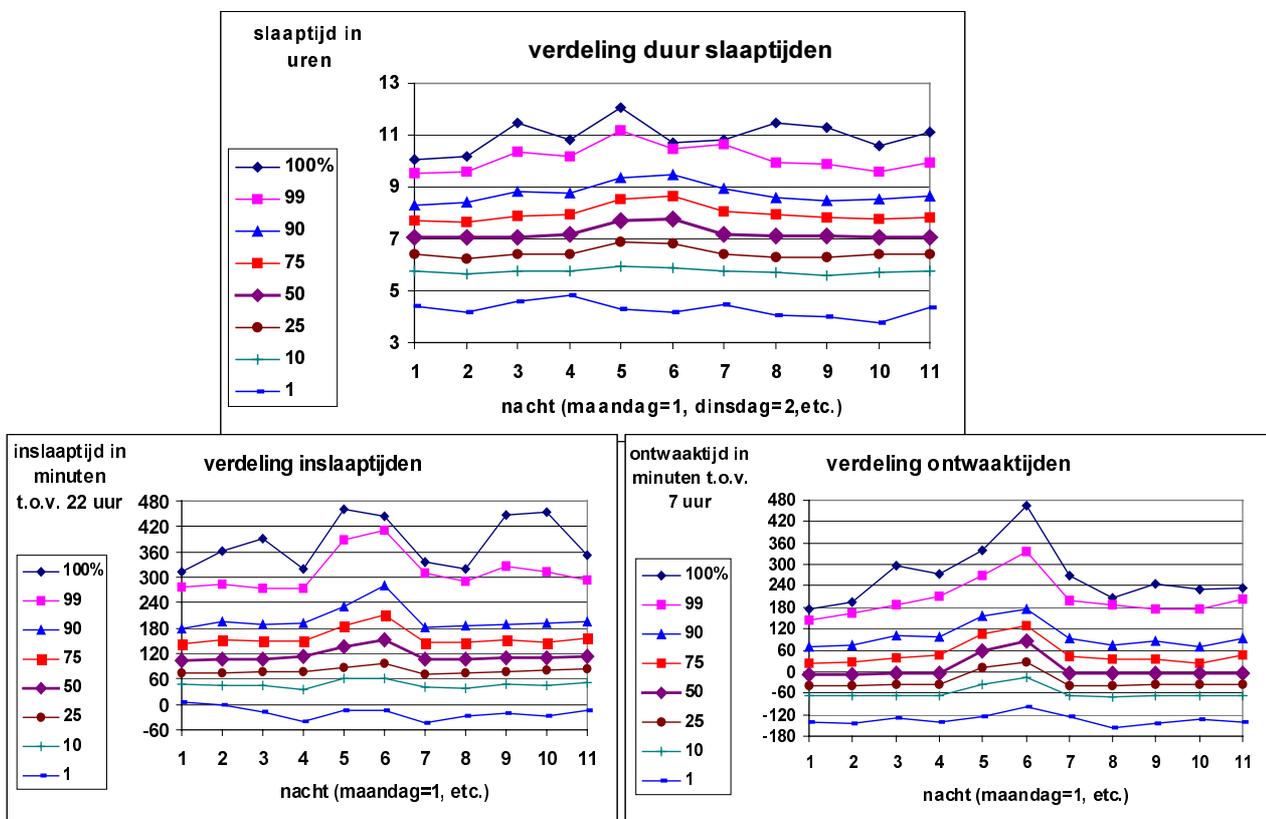
Figuur 3: De hoogste, mediane, en laagste waarde van Li per locatie als functie van Lbi23-07h (het equivalente geluidniveau binnen, van 23 tot 7 uur, over het jaar 2000). Het punt met Lbi23-07h van 24 dB(A) en mediane waarde van Li van 12 dB(A) betreft Spaarndam.

In figuur 3 zijn ook de maximale en de minimale waarde van de Li-waarden per locatie uitgezet. Er blijken grote verschillen tussen de individuele geluidbelastingen van de diverse deelnemers op dezelfde locatie. Deze verschillen zijn vooral het gevolg van de verschillende slaapperioden van de deelnemers: deelnemers, die vóór zes of zeven uur opstaan hebben een lagere belasting aan vliegtuiggeluid dan deelnemers die na acht of negen uur opstaan. Ook het ventilatiegedrag van deelnemers en de geluidsisolatie van de slaapkamer spelen een rol. Of een slaapkamerraam dubbel of enkel glas heeft is een onbelangrijke factor in de werkelijke geluidsisolatie van een slaapkamer. Van de deelnemers met slaapkamerramen met dubbel glas zijn in 59% van de deelnemersnachten de ramen niet volledig gesloten, waardoor het effect van dubbele beglazing tenietgedaan wordt. Ook ligt de verdeling van het verschil tussen L_o (buitenwaarde van de vliegtuiggeluidbelasting) en L_i van slaapkamers met dubbel glas slechts één dB(A) hoger dan die verdeling voor slaapkamers met enkel glas.

Uit figuur 3 blijkt dat de maximale waarde van Li bij de laagst belaste locaties hoger ligt dan de laagste waarde van Li op de locatie met de hoogste belasting.

3.4 De slaaptijd

In figuur 4 zijn de verdelingen gegeven van de duur van de slaaperiode, van het tijdstip van inslapen en van het tijdstip van ontwaken. De gemiddelde slaaptijd van de deelnemers is 7 uur en 13 minuten. Uit de figuren blijkt dat de deelnemers op vrijdagnacht (zaterdagmorgen) en zaterdagnacht (zondagmorgen) langer slapen, later naar bed gaan en later wakker worden.



Figuur 4: Verdelingen per nacht van de slaapduur, inslaaptijd en ontwaaktijd van deelnemers.

3.5 Onderzoeksonderwerpen

In het onderstaande schema zijn de te onderzoeken onderwerpen gerangschikt naar tijdschaal en hoofdstuk waarin het onderwerp in dit rapport behandeld wordt.

<p>Op momentaan niveau (hoofdstuk 4):</p> <ul style="list-style-type: none">• Relaties tussen toename van de kans op motiliteit en het geluid van een vliegtuig-passage;• Duur van de toename van de kans op motiliteit;• Gevoelige groepen en speciale omstandigheden;• Effect van tijdstip van de nacht op toename van de kans op motiliteit;• Relatie tussen kans op gedragsmatig ontwaken (indrukken marker) en het geluid van vliegtuigpassages. <p>Op 24 uurs niveau (hoofdstuk 5):</p> <ul style="list-style-type: none">• Relaties tussen gemiddelde motiliteit tijdens de slaap en vliegtuiggeluid;• Relaties tussen kans dat men zich herinnert wakker te zijn geworden en vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Relaties tussen kans dat men zich herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid en vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Relaties tussen kans op gebruik van slaapmiddelen en vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Relaties tussen de duur van de inslaaptijd en vliegtuiggeluid tijdens de inslaaptijd;• Relaties tussen moeite met inslapen en vliegtuiggeluid tijdens de inslaaptijd;• Relaties tussen slaperigheid overdag en vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Relaties tussen resultaten van de reactietijdstest en vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Gevoelige groepen en speciale omstandigheden;• Effect van randen van de nacht;• Associatie tussen effectvariabelen. <p>Op langere termijn (hoofdstuk 6):</p> <ul style="list-style-type: none">• Relaties tussen gemiddelde motiliteit tijdens de slaap en vliegtuiggeluid;• Relatie tussen gemiddelde motiliteit en momentane toename motiliteit;• Relaties van aantal gezondheidsklachten en zelfgerapporteerde gezondheid met vliegtuiggeluid tijdens de slaap;• Relaties tussen waarneming van nachtelijk vliegtuiggeluid, hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid, ontwaken door nachtelijk vliegtuiggeluid, aantal maal per week een negatief effect op de slaap door nachtelijk vliegtuiggeluid, met nachtelijk vliegtuiggeluid;• Gevoelige groepen en speciale omstandigheden;• Associatie tussen effectvariabelen.

4 Momentane effecten van geluid tijdens een vliegtuigpassage

4.1 Inleiding

In sectie 4.2 tot 4.4 wordt ingegaan op de resultaten die betrekking hebben op de motiliteit en in sectie 4.5 op het indrukken van de marker in de slaaperperiode. Hieronder staan de effectvariabelen en de factoren waarvan is nagegaan of ze invloed hebben op de effectvariabelen of de blootstelling-effectrelaties.

Effectvariabelen

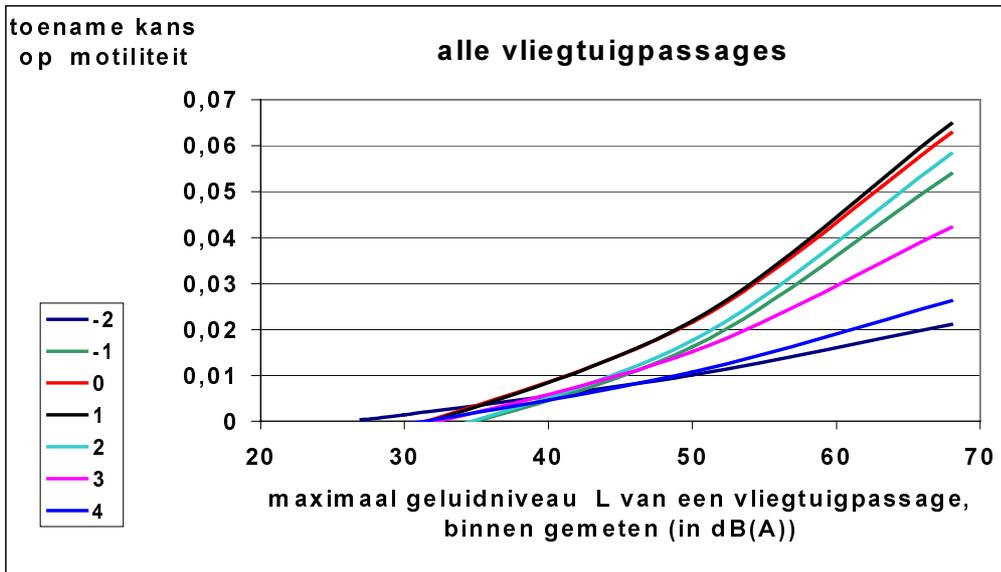
- Toename door een vliegtuigpassage van de kans op motiliteit
- Toename door een vliegtuigpassage van de kans op begin van motiliteit
- Toename door een vliegtuigpassage van de kans op het drukken op de marker

Factoren

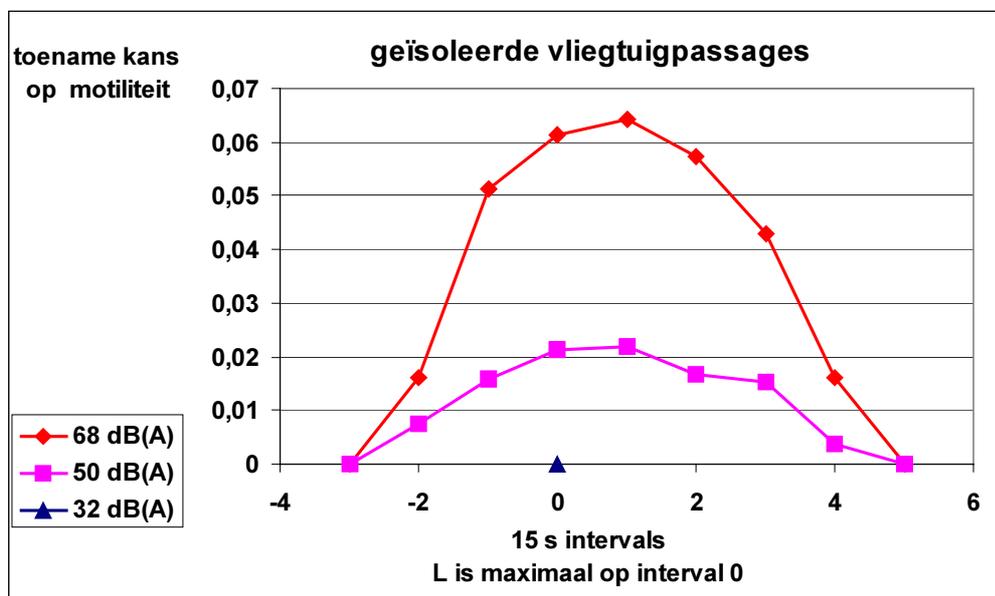
- Geluidmaten L_i , $L_{bi23-07h}$, L_{50}
- Dubbele beglazing slaapkamerraam
- Soort vliegtuigpassage (opstijgend, landend)
- Tijdstip van de nacht
- Tijd na inslapen
- Demografische gegevens, waaronder leeftijd
- Andere variabelen uit de vragenlijst, zoals houding ten opzichte van Schiphol, angst voor geluid van vliegtuigen, ervaren gezondheid, frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid

4.2 Blootstelling-effectrelaties

Als in een slaapkamer geen vliegtuiggeluid hoorbaar is en er geen andere harde geluiden aanwezig zijn, dan is de kans op motiliteit in een 15-s interval bij de slapende deelnemers in de orde van 0,03. Dat betekent dat dan in 3% van de 15-s intervallen door een actimeter een beweging geregistreerd wordt. Het geluid tijdens een vliegtuigpassage verhoogt de kans op motiliteit. Dat is weergegeven in figuur 5. De toename in de kans op motiliteit door het geluid van de vliegtuigpassage is voor 7 15-s intervallen (genummerd van -2 tot en met 4) uitgezet als functie van L_{max_i} van de passage. Tijdens interval 0 treedt het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage op. De toename van de kans op motiliteit is het grootst in de 15-s intervallen 0 en 1 en neemt af naarmate het 15-s interval verder van deze intervallen aflight. Figuur 5 berust op een analyse van alle in de slaapkamers geregistreerde vliegtuigpassages tijdens de slaaptijden van de deelnemers.



Figuur 5: De door vliegtuiggeluid veroorzaakte gemiddelde toename van de kans op motiliteit tijdens een vliegtuigpassage als functie van het maximale geluidniveau (L_{max_i}) van de vliegtuigpassage, voor de 15-s intervallen -2 tot en met 4 . Het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage ligt in interval 0 .



Figuur 6: De door vliegtuiggeluid veroorzaakte gemiddelde toename van de motiliteit tijdens een vliegtuigpassage als functie van de 15-s intervallen van de passage. Vanaf een waarde van L_{max_i} van 32 dB(A) beginnen effecten op te treden.

Figuur 6 laat op een andere manier een resultaat zien. Voor vliegtuigpassages met L_{max_i} waarden van 32, 50 en 68 dB(A) is de gemiddelde toename in de motiliteit door vliegtuiggeluid uitgezet als functie van de 15-s intervallen. Het betreft in figuur 6 geïsoleerde vliegtuigpassages. We beschouwen een vliegtuigpassage als geïsoleerd wanneer geen van de 15-s intervallen -2 tot en met 5 een overlap heeft met een interval -2 tot en met 5 van een andere vliegtuigpassage. Het gaat om ruim 55000 geïsoleerde vliegtuigpassages. De punten voor de 15-s intervallen -3 en +5 zijn toegevoegd om te laten zien dat het aannemelijk is dat tijdens deze intervallen de motiliteit door vliegtuiggeluid niet meer verhoogd is.

Omdat er geen verschil in toename door vliegtuiggeluid van de kans op motiliteit bij de intervallen 0 en 1 is tussen alle vliegtuigpassages en de geïsoleerde vliegtuigpassages, is in de verdere analyses gebruik gemaakt van alle vliegtuigpassages. Omdat de relatie tussen toename in kans op motiliteit en L_{max_i} iets sterker is dan die tussen toename in kans op motiliteit en SEL_{10_i} worden in dit rapport verder de resultaten met L_{max_i} gepresenteerd. Uit figuur 6 blijkt dat de duur van de verhoging van de motiliteit door vliegtuiggeluid, ook bij de hoogste waarden van L_{max_i} , beperkt is tot in totaal twee minuten (8 15-s intervallen).

Uit figuur 5 en 6 blijkt dat gemiddeld de kans op motiliteit door vliegtuiggeluid in het 15-s interval waarin L_{max_i} ligt, toeneemt vanaf L_{max_i} waarden van 32 dB(A). Deze waarde wordt de 'drempelwaarde voor het betrokken effect' genoemd. Bij de hoogste niveaus is de gemiddelde toename door vliegtuiggeluid van de motiliteit ruim 0,06. Dat impliceert dat de kans op motiliteit van gemiddeld 0,03 bij afwezigheid van vliegtuiggeluid en andere harde geluiden, bij 68 dB(A) is toegenomen tot gemiddeld 0,09.

4.3 Factoren die van invloed zijn op de momentane effecten

Vier variabelen modificeren de relatie tussen kans op motiliteit en L_{max_i} . Het betreft L_i , tijd van de nacht, tijd na inslapen, en leeftijd.

De *individuele geluidbelasting gedurende de slaap* L_i heeft naast L_{max_i} grote invloed op de toename van de kans op motiliteit (zie figuur 7). Van deelnemers met een relatief lage L_i -waarde (10 dB(A), overeenkomend met bijna één vliegtuigpassage van gemiddelde geluidsterkte per slaaptijd) is de toename van de kans op motiliteit door een vliegtuigpassage ongeveer drie maal zo groot als bij deelnemers met een hoge L_i -waarde (35 dB(A), overeenkomend met bijvoorbeeld 50 vliegtuigpassages die 7 dB(A) luider zijn dan gemiddeld). Deelnemers met een doorlopend hoge nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting reageren dus motorisch minder dan deelnemers die meer incidenteel aan nachtelijk vliegtuiggeluid blootstaan.

De *tijd na inslapen en de kloktijd* zijn ook factoren die de toename door vliegtuigpassages van de kans op motiliteit beïnvloeden. Deze kans neemt toe met de tijd na inslapen en met het vorderen van de nacht. Dat laatste is geïllustreerd in figuur 8. In het laatste uur met registraties op de binnenmeter (van 8 tot 9 uur) is de toename van de kans op motiliteit bij de hogere waarden van L_{max_i} 13% hoger dan in het eerste uur met registraties (22 tot 23 uur). De toename van de kans op motiliteit in het uur van 6 tot 7 is 10% hoger en in het uur van 23 tot 24 uur 10% lager dan die van 24 tot 6 uur.

Leeftijd heeft een klein effect op de toename van de kans op motiliteit door vliegtuiggeluid. De toename is maximaal bij deelnemers van ongeveer 46 jaar en tot een paar procent kleiner bij jongere en oudere deelnemers.

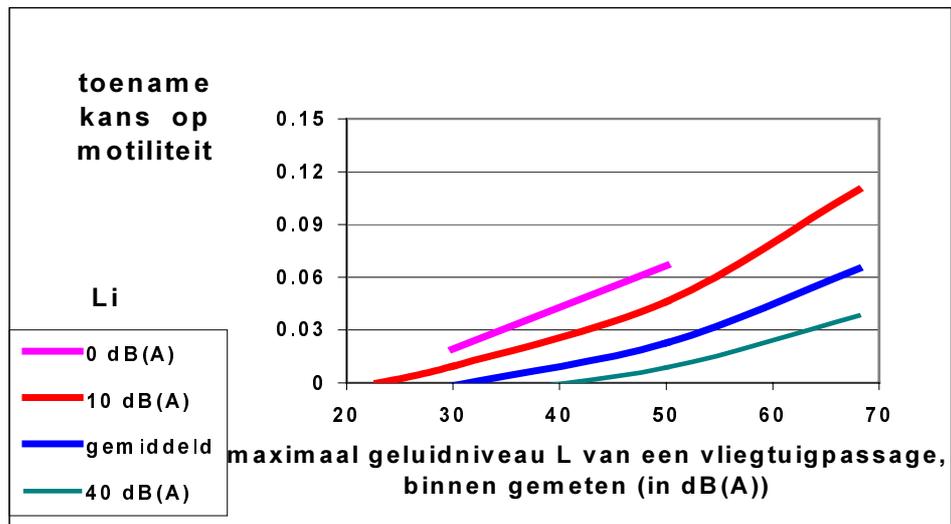
Lbi23-07h is geen effectmodificerende variabele. Kennelijk wordt in deze geluidmaat te weinig meegenomen van de factoren die bij een deelnemer de geluidbelasting tijdens de slaap bepalen, zoals begin en eind van de slaaptijd, de isolatie van de slaapkamer, inclusief het raamgebruik van de slaapkamer.

L50 (het mediane geluidniveau tijdens een slaaperiode in de slaapkamer bij afwezigheid van vliegtuiggeluid) is ook geen effectmodificerende variabele.

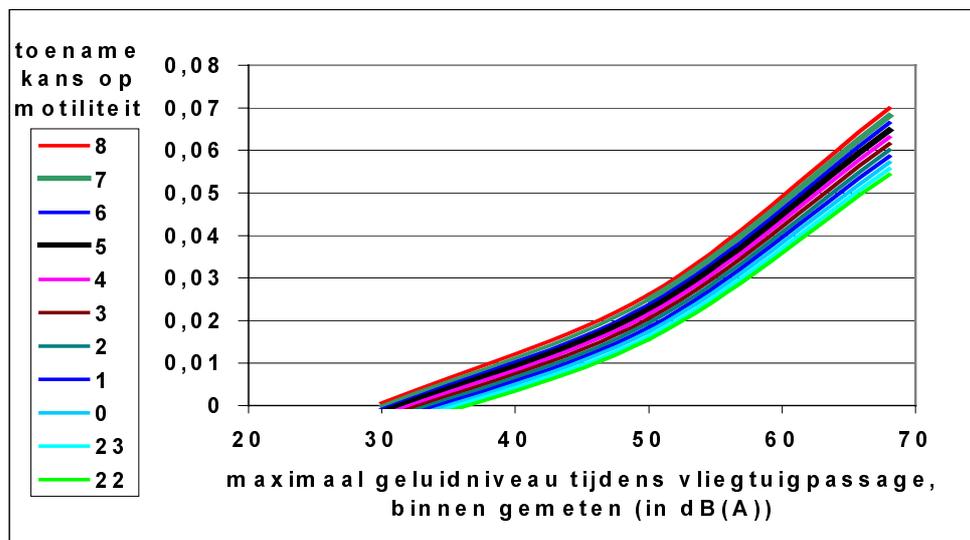
Nagegaan is ook of het *soort vliegtuigpassage* (startend of landend) van invloed is op de relatie. Dit bleek niet het geval te zijn: startende en landende vliegtuigen met dezelfde L_{max_i} waarde hebben gelijk effect. Kennelijk hangt het effect niet af van de karakteristieken van het vliegtuiggeluid. Daaruit volgt dat als starten of landen op een bepaalde locatie de hogere L_{max} veroorzaakt, daarvan het grootste effect op de kans op motiliteit te verwachten is.

Ook bleek er geen effect op de relatie van *variabelen uit de vragenlijst*. Bijvoorbeeld, houding ten aanzien van de luchtvaart of ten aanzien van de groei van Schiphol heeft geen effect op de relatie tussen kans op motiliteit en L_{max_i}

In onder meer figuur 5 is de toename door een vliegtuigpassage van de kans op motiliteit als functie van L_{max_i} gegeven. Het betreft daarbij gemiddelde toenames. In TNO rapport 2002.027 zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen gegeven. De 95% tolerantiegrenzen, dat wil zeggen de curven waarbinnen 95% van de afzonderlijke waarnemingen liggen, zijn iets ruimer dan de in figuur 7 gegeven curven voor 10 en 40 dB(A).



Figuur 7: Toename door een vliegtuigpassage van de kans op motiliteit als functie van L_{max_i} van de passage, voor vier waarden van L_i . Het gedeelte van de curve met $L_i = 0$ dB(A) is tot L_{max_i} gelijk aan 50 dB(A) aangegeven, omdat het daarboven om niet realistische situaties gaat.



Figuur 8: Toename door een vliegtuigpassage van de kans op motiliteit als functie van L_{max_i} van de passage, voor de uren in de nacht vanaf 22 uur (aangegeven met 22 enz.).

4.4 Randen van de nacht

De verdeling van de ruim 63000 vliegtuigpassages die op de binnenmeters gedurende de slaaptijd van de deelnemers zijn geregistreerd, is als volgt:

vóór 23 uur	1,1%		
23 – 24 uur	4,0%	23 – 6 uur	41,8% (6,0% per uur)
24 – 6 uur	37,8%	per uur	6,3%
6 – 7 uur	26,6%		
na 7 uur	30,5%		

Zowel Lmax_i als SEL10_i van de vliegtuigpassages zijn onafhankelijk van het tijdstip van de nacht. Hiervoor is reeds aangegeven dat de kans op motiliteit door vliegtuiggeluid toeneemt met het tijdstip van de nacht. Houden we daarmee rekening, dan is de verdeling van de bijdrage aan de totale toename van de kans op motiliteit door vliegtuigpassages als volgt:

vóór 23 uur	1,0%		
23 – 24 uur	3,5%	23 – 6 uur	39,6% (5,7% per uur)
24 – 6 uur	36,1%	per uur	6,0%
6 – 7 uur	27,6%		
na 7 uur	32,0%		

Naar schatting valt dus voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers ongeveer 28% van de door vliegtuiggeluid veroorzaakte toename in kans op motiliteit in de periode van 6 tot 7 uur.

4.5 Vergelijking met uitkomsten ander onderzoek

De gemiddelde drempel van Lmax_i voor de kans op motiliteit is 32 dB(A) en ligt ongeveer 15 dB(A) lager dan gevonden in het CAA onderzoek uit 1992, dat is uitgevoerd in de omgeving van Britse vliegvelden (Ollerhead et al., 1992; Horne et al., 1994). Deze discrepantie heeft ons inziens de volgende voornaamste oorzaken:

- In het Britse onderzoek zijn om vliegtuiggeluid in kaart te brengen alleen *buitenmetingen* verricht. In het huidige onderzoek en ook in dat van Fidell et al., 1995, kon zelfs geen verband tussen de buitenwaarden van Lmax (en SEL10) en kans op motiliteit worden aangetoond;
- In het Britse onderzoek is alleen van geluidgebeurtenissen met een geluidniveau dat minstens 2 s boven 60 dB(A) uitkomt nagegaan of het een vliegtuigpassage is. De perioden gedurende de stillere vliegtuigpassages zijn tot de ‘stille’ referentieperiode gerekend. Effecten van deze stillere passages verhogen de kans op motiliteit, waardoor de toename door vliegtuiggeluid wordt onderschat;
- In het Britse onderzoek is alleen gekeken naar het begin van motiliteit in het 30-s interval waarin Lmax optreedt. Echter, uit het huidige onderzoek blijkt dat de kans op het begin van motiliteit groter is in de 15-s periode vóór het 15-s interval met het *maximale geluidniveau*;

- In het Britse onderzoek zijn vliegtuigpassages die binnen vijf minuten na een eerdere passage optreden niet als vliegtuigpassages meegenomen;
- Door de beperkingen in computerfaciliteiten in 1992 konden niet alle data worden geanalyseerd. Dat heeft tot gevolg gehad dat alleen gekeken is naar de periode tussen 23.30 en 5.30 uur. Het huidige onderzoek, evenals het Britse onderzoek, heeft uitgewezen dat naarmate de slaaptijd en de kloktijd vordert, de toename door vliegtuigpassages van de kans op motiliteit toeneemt.

In de studie door Fidell et al., 1995, is alleen gekeken naar deelnemers met hoge vliegtuiggeluidbelastingen. Zij vinden een gemiddelde drempel van 45 dB(A). Deze gemiddelde drempel komt ongeveer overeen met die van 42 dB(A) uit het huidige onderzoek voor deelnemers met een Li-waarde van 40 dB(A).

4.6 Tijdens de slaap indrukken van de marker

Aan de deelnemers is gevraagd om op de marker te drukken als ze tussentijds wakker werden. Dit is in totaal 5951 maal gebeurd. Er is nagegaan of deelnemers vaker op de marker drukken in de 5-minuten periodes rond vliegtuigpassages (vanaf 5 15-s intervallen voor het interval met L_{max_i} tot 14 15-s intervallen na het interval met L_{max_i}) dan buiten die periodes. Dit blijkt het geval te zijn. Gedurende alle vijf minuten waarin vliegtuigpassages optreden, wordt 763 keer (dat wil zeggen in 0,0807% van de 15-s intervallen van die periodes) op de marker gedrukt en daarbuiten 5188 keer (0,0750% van de 15-s intervallen). Het aantal maal op de marker drukken in de vijf minuten rond een vliegtuigpassage is daarmee 7,6% hoger dan erbuiten. Als de vijf minuten rond een vliegtuigpassage worden ingeperkt tot 2,5 (vanaf 2 15-s intervallen voor het interval met L_{max_i} tot 7 15-s intervallen na het interval met L_{max_i}), dan neemt het aantal maal dat op de marker wordt gedrukt in die 2,5 minuut relatief nog iets toe, en wel tot 8,2%. Er is ook nagegaan of de kans op de marker drukken tijdens vliegtuigpassages afhangt van L_{max_i} of $SEL10_i$ van de passage. Dat kon niet worden aangetoond.

5 Effecten van vliegtuiggeluid op etmaalniveau

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is het effect van vliegtuiggeluid op etmaalniveau nagegaan. Het betreft effecten gedurende de inslaaptijd en de slaaptijd (sectie 5.2), en de tijd na het slapen (sectie 5.3). Hieronder zijn opgenomen de effectvariabelen en de factoren waarvan is nagegaan of ze effect hebben op de effectvariabelen of de blootstelling-effectrelaties.

Effectvariabelen

- Duur van de inslaaptijd
- Moeite met inslapen
- Gemiddelde motiliteit (motorische onrust) tijdens de slaaptijd
- Fragmentatie-index (verbrokkeldheid van de slaap)
- Aantal maal op marker drukken tijdens de slaap
- Slaapkwaliteit uit ochtendlogboekje
- Aantal herinnerde ontwaken
- Aantal maal herinnerd ontwaakt te zijn door vliegtuiggeluid
- Resultaten reactietijdtest
- Slaperigheid overdag
- Kans op gebruik van slaapmiddelen

Factoren

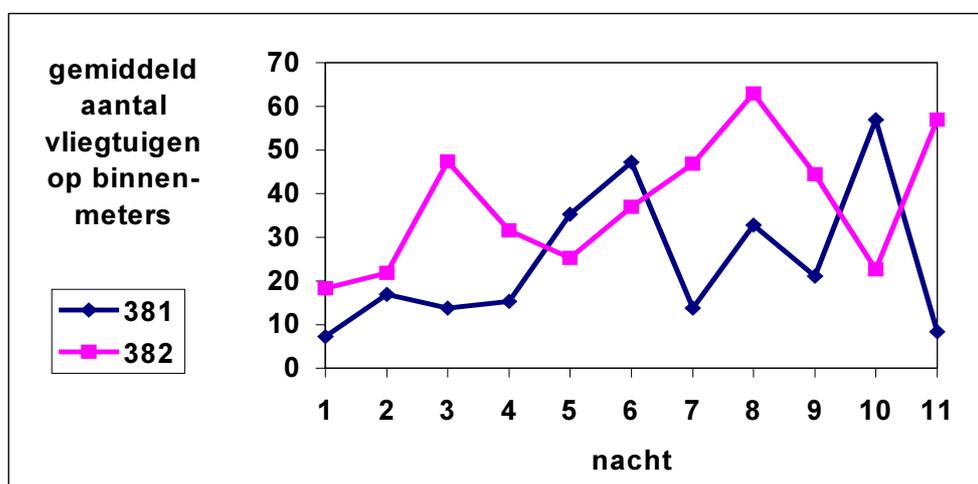
- Geluidmaten L_0 - L_i , L_{50}
- Tijdstip van de nacht
- Factoren uit logboekjes: aantal koppen koffie 's avonds, aantal alcoholische consumpties 's avonds, aantal dutjes gedurende de dag, zorgen vóór het slapen gaan, ziekte
- Demografische gegevens, waaronder leeftijd
- 21 andere variabelen uit de vragenlijst, zoals angst voor geluid van vliegtuigen, geluidhinder, nachtelijk vliegtuiggeluid, wonen bij groot vliegveld, wonen onder aanvliegroete

In bijlage B zijn schattingen gegeven van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de bevolking in de wijde omgeving van Schiphol. Voor zover het effecten op het niveau van een nacht betreft zijn de resultaten gegeven in sectie 5.4.

5.2 Slaaptijd en inslaaptijd

5.2.1 Blootstelling-effectrelaties

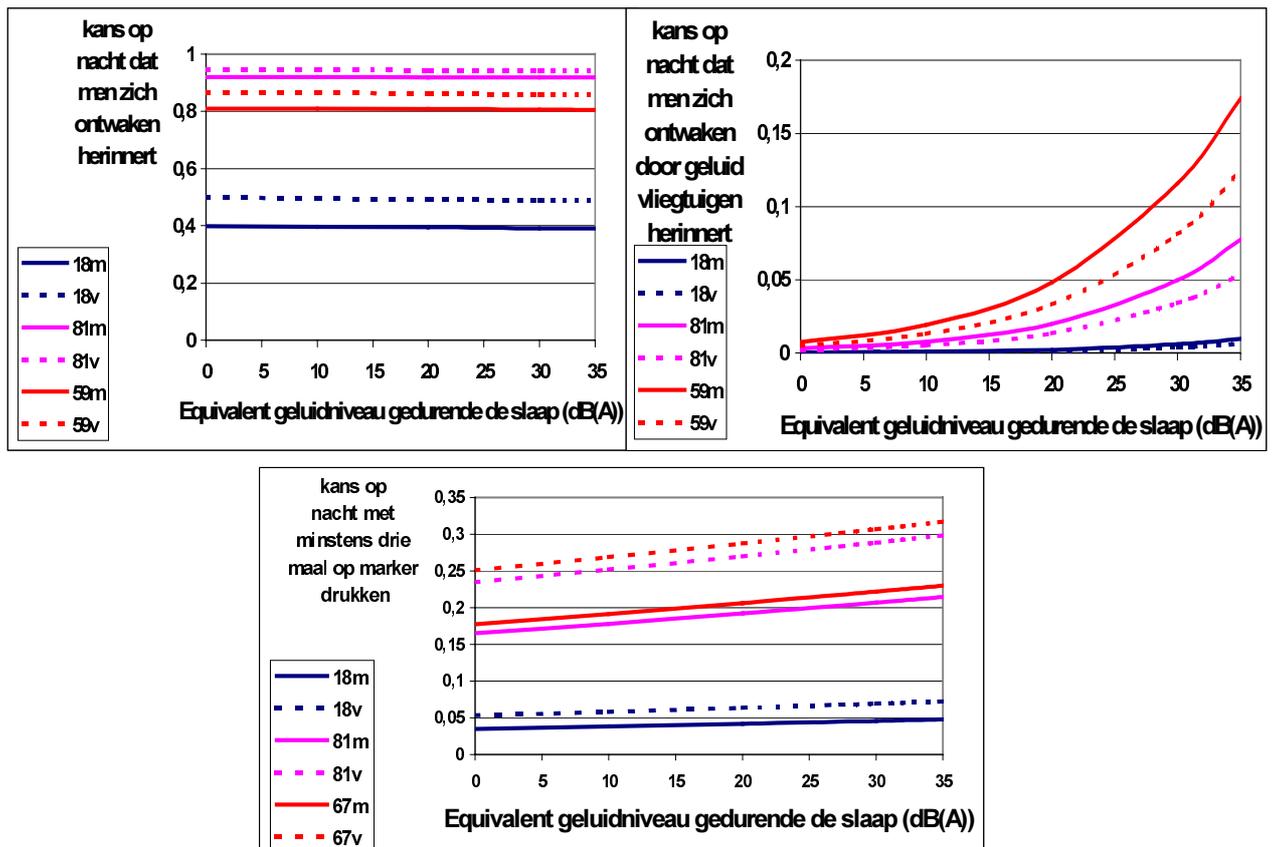
Op de meeste locaties varieert de vliegtuiggeluidbelasting van de deelnemers van nacht tot nacht. Dat is te zien in figuur 9, waarin het gemiddeld aantal vliegtuigen over de individuele slaaptijd van de deelnemers is uitgezet tegen de nacht van onderzoek. Het betreft locatie 38, de locatie met de hoogste nachtelijke geluidbelasting in het onderzoek. In figuur 9 is het gemiddeld aantal vliegtuigen per interval voor beide perioden van 11 nachten gegeven.



Figuur 9: Het gemiddeld aantal vliegtuigen op de binnenmeters van de deelnemers gedurende de slaaptijd van de deelnemers op locatie 38, voor het eerste (interval 381) en tweede interval (interval 382) apart. Nacht 1 en 8 betreffen een maandagnacht, nacht 2 en 9 een dinsdagnacht, etc.

Er is een verband tussen het equivalente geluidniveau gedurende de slaaptijd (Liaspt), het aantal vliegtuigpassages op de binnenmeter (niaspt) gedurende de slaaptijd en bijna alle onderzochte indicatoren voor slaapverstoring (effectvariabelen), zoals de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd, de fragmentatie-index (die aangeeft hoe verbrosseld de slaap is), het aantal maal dat deelnemers op de marker gedrukt hebben, en het aantal maal dat deelnemers zich herinneren ten minste éénmaal gedurende de nacht door vliegtuiggeluid wakker te zijn geworden. Drie resultaten zijn uitgezet in figuur 10. De linker figuur boven laat de kans zien dat men zich de volgende ochtend herinnert tenminste éénmaal wakker te zijn geweest. Deze kans hangt niet af van het geluid van vliegtuigen; bij vrouwen is de kans groter dan bij mannen en de kans neemt toe met de leeftijd. De rechter figuur boven brengt de kans dat men zich herinnert tenminste éénmaal door vliegtuiggeluid wakker te zijn geworden in beeld. Jongeren herinneren zich vrijwel niet in de nacht wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid. Op ongeveer 59-jarige leeftijd is de kans dat

men zich de volgende ochtend herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid het hoogst. Bij mannen is de kans groter dan bij vrouwen. Bij een equivalent geluidniveau van 35 dB(A) is de kans dat men zich ontwaken door vliegtuiggeluid herinnert op ongeveer 59-jarige leeftijd voor mannen 0,17 en voor vrouwen gemiddeld 0,12, hetgeen ongeveer 62, respectievelijk 44 herinnerde ontwakingen door vliegtuiggeluid per jaar impliceert.

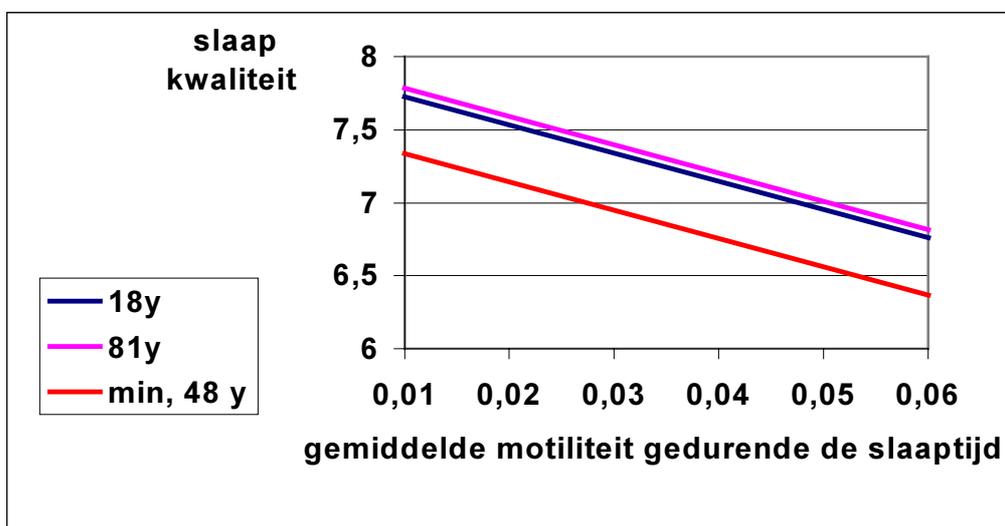


Figuur 10: De kans op een nacht dat men zich de volgende morgen herinnert tussentijds ontwaakt te zijn (linker figuur boven), de kans op een nacht dat men zich de volgende morgen herinnert tussentijds ontwaakt te zijn door vliegtuiggeluid (rechter figuur boven), en de kans dat men minstens drie maal op de marker drukt (onderste figuur), als functie van het equivalente vliegtuiggeluidniveau gedurende de slaaptijd (L_{iaspt}), voor mannen en vrouwen afzonderlijk en voor drie leeftijden: 18, 81 en 59 of 67 jaar (de leeftijd waarop respectievelijk de kans op herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid en het meer dan tweemaal op de marker drukken het grootst is; de kans op herinnerd ontwaken neemt toe met de leeftijd, voor dit verschijnsel is er geen maximum tussen 18 en 81 jaar).

Het onderste deel van figuur 10 laat zien dat geslacht ook van invloed is op het aantal maal dat men op de marker drukt. In dit geval betreft het de kans op ten minste drie maal op de marker

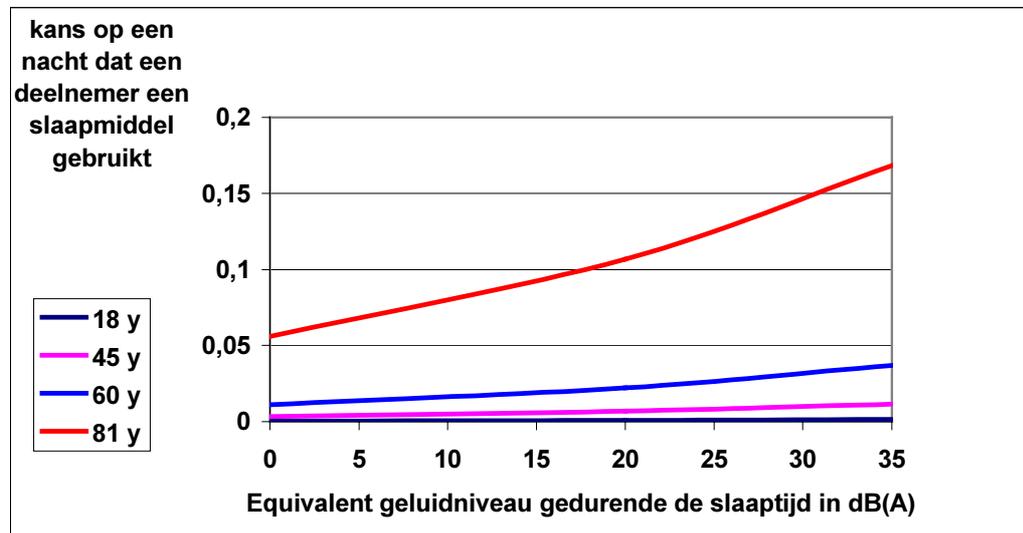
drukken gedurende de slaaptijd (in bijna 10% van de ruim 4500 deelnemers nachten drukken deelnemers meer dan twee maal op de marker). Oudere vrouwen behoren veel vaker tot de categorie die meer dan twee maal op de marker drukt dan oudere mannen. Bij jongere mensen komt het minstens drie maal op de marker drukken aanzienlijk minder vaak voor.

Deelnemers geven in het ochtendlogboekje twee maal aan hoe goed ze geslapen hebben, éénmaal op een 11-puntsschaal (van 0 zeer slecht geslapen tot 10 uitstekend geslapen) en éénmaal op een 5-puntsschaal (1 zeer goed geslapen, 5 zeer slecht geslapen). In beide gevallen is er geen verband tussen slaapkwaliteit en de vliegtuigeluidbelasting gedurende de slaaptijd. Wel blijkt de slaapkwaliteit samen te hangen met de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd. Dit verband is te zien in figuur 11. De deelnemers die in een bepaalde nacht een hogere motiliteit hebben, vinden 's morgens dat ze slechter geslapen hebben.



Figuur 11: Slaapkwaliteit (11-puntsschaal, van 0 zeer slecht geslapen tot 10 zeer goed geslapen) als functie van de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd.

De kans op een nacht dat slaapmiddelen en/of medicijnen met een slaperigheid of slaapdiepte verhogende werking worden gebruikt neemt vooral bij oudere deelnemers sterk toe met de vliegtuigeluidbelasting tijdens de slaap. Voor de jongere deelnemers (tot 45 jaar) is de kans niet meer dan 0,02; bij 80-jarigen neemt de kans toe van 0,06 bij afwezigheid van vliegtuigeluid tijdens de slaap tot 0,17 bij een equivalent geluidniveau van 35 dB(A) (zie figuur 12).



Figuur 12: Kans op een nacht dat een deelnemer een slaapmiddel gebruikt als functie van de vliegtuiggeluidbelasting gedurende de slaap (Liaspt).

In 85% van de *inslaaptijden* is geen vliegtuiggeluid op de binnenmeters geregistreerd. Ondanks het geringe aantal inslaaptijden met vliegtuiggeluid bleek dat het equivalente geluidniveau van de vliegtuigpassages tijdens de inslaaptijd de inslaaptijd verlengt met 6 minuten en de moeite met inslapen vergroot met 0,5 (op een 11-puntsschaal) als het equivalente geluidniveau tijdens de inslaaptijd toeneemt van 0 tot 30 dB(A). Als vliegtuiggeluid als factor genoemd wordt waardoor men moeite heeft met inslapen, is de inslaaptijd 13 minuten langer en de moeite met inslapen met bijna 5 punten verhoogd.

Diverse analyses zijn uitgevoerd naar de mogelijke extra of geringere invloed van geluid in de randen van de nacht (van 23 tot 24 uur en van 6 tot 7 uur) op de blootstelling-effectrelaties op etmaalniveau. Om diverse redenen konden geen krachtige analyses worden uitgevoerd.

Ten eerste slaapt slechts een deel van de deelnemers voor 23 uur (35% van de deelnemersnachten), zodat er over de periode van 23 tot 24 uur minder gegevens zijn dan over de gehele slaaperiodes. Het gemiddelde equivalente geluidniveau door vliegtuigpassages van 23 tot 24 uur op de deelnemersnachten dat de deelnemer om 23 uur sliep is vrijwel gelijk aan het gemiddelde geluidniveau door vliegtuigpassages op die nachten over de gehele slaaptijd (het verschil is slechts 0,3 dB(A)). Op basis van de gegevens over de nachten dat deelnemers om 23 uur sliepen is in het huidige onderzoek vastgesteld dat het equivalente geluidniveau van vliegtuigpassages tussen 23 en 24 uur geen invloed heeft op de relaties tussen de motorische onrust, aantal maal indrukken van de marker, aantal maal herinnerd tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid en Liaspt.

Ten tweede bleek dat het niet mogelijk was om op basis van de vliegtuiggeluidbelasting van 6 tot 7 uur locaties in te delen naar relatief veel en relatief weinig vliegtuiggeluidbelasting in dat uur ten opzichte van eerdere uren. Het verschil tussen het equivalent geluidniveau van 6 tot 7 uur en

dat van 23 tot 6 uur, gemiddeld over de 15 locaties, is 7,8 dB(A) met een standaarddeviatie van 2 dB(A). Een vergelijking tussen deelnemers met een gewoonlijk relatief ten opzichte van andere uren hoge vliegtuiggeluidbelasting tussen 6 en 7 uur was ook niet mogelijk. Onderzocht is of deelnemersnachten met een relatief groot verschil tussen de vliegtuiggeluidbelasting van 6 tot 7 uur en die in eerdere uren verschillen opleveren in de gemiddelde motiliteit van 6 tot 7 uur, rekening houdend met factoren (leeftijd, L_i) die de motiliteit mede bepalen. We vonden geen invloed, dat wil zeggen dat de effecten op de motorische onrust bij gelijke vliegtuiggeluidbelasting (equivalent geluidniveau over een uur) in de perioden van 23 tot 24 uur en van 6 tot 7 uur niet groter of kleiner zijn dan van 24 tot 6 uur. Aangezien er over andere mogelijke effecten van vliegtuiggeluid, zoals indrukken marker, (veel) minder gegevens zijn dan over motorische onrust is het voor die effecten ook niet mogelijk om vast te stellen dat er een impact is op deze effecten van het tijdstip van de nacht.

In sectie 4.4 is aangegeven dat 26,6% van de vliegtuigpassages tijdens de slaap van deelnemers plaatsvinden tussen 6 en 7 uur. Omdat het tijdstip van de nacht geen verband houdt met L_{max_i} en SEL_{10_i} , impliceert dit dat naar verwachting in de groep deelnemers ruim 26% van de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid veroorzaakt wordt door vliegtuiggeluid in de periode van 6 tot 7 uur.

5.2.2 Andere factoren

L_{50} houdt ook verband met gemiddelde motiliteit en blijkt de relatie tussen gemiddelde motiliteit tijdens de slaap en L_{iaspt} enigszins te beïnvloeden: hoe hoger L_{50} bij een bepaalde waarde van L_{iaspt} , hoe hoger de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd. Kennelijk hebben geluiden die L_{50} verhogen invloed op de motiliteit. Het versturende effect van L_{50} wordt geschat als 7% van het effect van L_{iaspt} op de gemiddelde motiliteit als L_{iaspt} toeneemt van 0 tot 35 dB(A).

Frequentie van *ontwaken* uit de vragenlijst en gemiddelde motiliteit gedurende de slaap zijn geassocieerd. De gemiddelde motiliteit van deelnemers die aangeven (vrijwel) elke nacht wakker te worden van vliegtuiggeluid, is 15% hoger dan van deelnemers die aangeven nooit wakker te worden van vliegtuiggeluid.

Als deelnemers in het ochtendlogboekje aangeven dat ze door vliegtuiggeluid *moeite met inslapen* hebben, ligt de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd, en overigens ook de duur van de inslaaptijd, een factor twee (100%) hoger dan wanneer vliegtuiggeluid niet als reden wordt genoemd. Gebruikers (vrijwel steeds langer dan een jaar) van *slaappillen* of andere medicijnen gebruiken die mogelijk de slaperigheid en/of slaapdiepte verhogen, hebben een gemiddelde motiliteit die 7% hoger ligt dan bij deelnemers die deze middelen niet gebruiken. Deze associatie betekent overigens niet dat het gebruik van slaapmiddelen de motiliteit verhoogt; waarschijnlijk zijn er factoren die zowel tot het gebruik van deze middelen als tot meer motiliteit leiden.

De moeite met inslapen (volgens het ochtendlogboekje) is een belangrijke factor met betrekking tot diverse aspecten van de slaap. Vergeleken met de duur van de inslaaptijd en de gemiddelde motiliteit gedurende de slaaptijd heeft de moeite met inslapen tweemaal zoveel effect op slaapkwaliteit, slaperigheid overdag, aantal maal op de marker drukken, en het aantal maal dat men zich herinnert tussentijds ontwaakt te zijn.

5.3 Tijd na het slapen

Slaperigheid overdag

De deelnemers scoorden vijf maal gedurende de dag en avond hoe slaperig ze zich voelen. Er bleek vrijwel geen verband tussen slaperigheid overdag en blootstelling aan vliegtuiggeluid gedurende de er aan voorafgaande slaaptijd. Alleen bij de eerste meting om 10 uur 's morgens heeft de vliegtuiggeluidbelasting een klein effect. Slaperigheid overdag en 's avonds houdt wel verband met moeite met inslapen, lengte van de inslaaptijd, slaapkwaliteit, aantal maal dat men zich herinnert wakker te zijn geweest, aantal maal dat men op de marker heeft gedrukt, en gemiddelde motiliteit gedurende de slaap.

Reactietijdtest

De deelnemers voerden elke avond voor het naar bed gaan gedurende ongeveer tien minuten een test uit om met name het effect van slaaptkort op de reactietijd te meten (Broughton en Ogilvie, 1992). Geen van de testresultaten (snelheid van reactie en aantal fouten) wordt in dit onderzoek negatief beïnvloed door vliegtuiggeluid in de nacht vóór de test. Met de meeste andere effectvariabelen zoals slaapkwaliteit en motiliteit gedurende de slaaptijd, bleek ook geen verband te bestaan. De gemiddelde reactietijd (400 ms) neemt wel met 16 ms toe als de slaperigheid net voor het naar bed gaan (ongeveer de tijd waarop de test werd uitgevoerd) met 1 punt, op een 9-puntsschaal, toeneemt. Als de slaperigheid om 8 uur 's avonds met 1 punt (op dezelfde schaal) toeneemt, neemt de gemiddelde reactietijd met 6 ms toe.

5.4 Prevalentie van effecten bij bewoners in de omgeving van Schiphol

Met betrekking tot het optreden van effecten door vliegtuiggeluid tijdens één slaaperiode van bewoners in de omgeving van Schiphol zijn schattingen gemaakt voor (zie ook bijlage B):

- Het aantal volwassenen met een voor de leeftijd grote *motorische onrust* tijdens een slaaptijd (gemiddelde motiliteit gedurende een slaaptijd hoger dan het 95 percentiel van leeftijdgenoten bij afwezigheid van vliegtuiggeluid tijdens de slaap);
- Het aantal volwassenen dat tenminste drie maal tijdens een slaaperiode op de marker zou drukken;
- Het aantal volwassenen dat zich 's ochtends herinnert minstens éénmaal gedurende de slaaperiode wakker te zijn geworden van vliegtuiggeluid;
- Het aantal personen dat over één nacht slaapmiddelen gebruikt.

In tabel 1 is het resultaat weergegeven.

Tabel 1: Schatting van het optreden van een effect in een slaaptijd ten gevolge van nachtelijk vliegtuigeluid in het modelleringgebied van NLR en in het gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. Het aantal personen (n) waarop de schattingen betrekking hebben tussen haakjes.

Effect	Modelleringgebied NLR (55 bij 55 km) (n=2 166 139)				Gebied met straal van 25 km rondom Schiphol (n=1 811 719)	
	Fictief aantal bij afwezigheid nachtelijk vliegtuigeluid	Percentage	Aantal extra gevallen	Percentage extra	Aantal extra gevallen	Percentage extra
Hoge motiliteit	99 000	4,6	40 000	1,9	36 000	2,0
3x of vaker marker indruk- ken	239 000	11,0	45 000	2,1	40 000	2,2
Herinnerd ontwaken door vliegtuigeluid	3 300	0,2	8 300	0,4	7 800	0,4
Gebruik slaap- middelen	7 700	0,4	3 900	0,2	3 500	0,2

6 Effecten van nachtelijk vliegtuigeluid op langere termijn

6.1 Inleiding

Er zijn twee soorten lange termijneffecten bestudeerd. Ten eerste zijn effectvariabelen uit het de vorige hoofdstukken gemiddeld over alle slaaperperioden (geaggregeerde effectvariabelen) en gerelateerd aan Li. Ten tweede zijn lange termijneffecten uit de vragenlijst bestudeerd. Hieronder staan de effectvariabelen en de factoren waarvan is nagegaan of ze invloed hebben op de effectvariabelen of de blootstelling-effectrelaties.

Effectvariabelen

- Over 11 nachten gemiddelde effectvariabelen, zoals gemiddelde motiliteit (motorische onrust), aantal maal drukken op de marker, aantal maal herinnerd tussentijds wakker te zijn geworden (door vliegtuigeluid), slaperigheid overdag, resultaat van de reactietijdstesten, duur van inslapen, moeite met inslapen
- Effectvariabelen uit de vragenlijst, met name expliciet aan nachtelijk vliegtuigeluid gerelateerde variabelen, en aantal gezondheidsklachten

Factoren

- Variabelen uit de vragenlijst, zoals tevredenheid met het huis en de omgeving, houding ten aanzien van Schiphol, mogelijkheid van ventilatie woning
- Vliegtuigeluidbelasting over de dag en avond

In sectie 6.3 is een vergelijking gemaakt tussen resultaten uit sectie 6.2 en die uit de logboekjes.

In 1998 zijn de resultaten gerapporteerd van een in 1996/1997 uitgevoerd vragenlijstonderzoek dat eveneens heeft plaatsgevonden in het kader van het onderzoeksprogramma GES (TNO en RIVM, 1998). Het aantal respondenten betrof 11812. Aan het in 1997 uitgevoerde telefonische non-responsonderzoek hebben 271 personen deelgenomen. De in het huidige onderzoek gehanteerde vragenlijsten voor deelnemers en non-respondenten bevat een aanzienlijk aantal vragen die identiek zijn aan vragen in het GES vragenlijstonderzoek. In bijlage A zijn de resultaten uit het huidige onderzoek vergeleken met resultaten van het GES vragenlijst onderzoek. De conclusie van deze vergelijking is in sectie 6.4 weergegeven.

Op basis van de resultaten die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd, zijn prevalentieschattingen over het optreden van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid in bijlage B gegeven. Het resultaat van de schattingen is opgenomen in sectie 6.5.

6.2 Blootstelling-effectrelaties

6.2.1 Geaggregeerde variabelen

Per deelnemer zijn 17 variabelen over 11 nachten gemiddeld en in verband gebracht met Li. Deze 17 variabelen betreffen onder meer motorische onrust, aantal maal drukken op de marker, aantal maal herinnerd tussentijds wakker te zijn geworden (door vliegtuiggeluid), slaperigheid overdag, resultaat van de reactietijdtesten, duur van inslapen, en moeite met inslapen. Van deze 17 variabelen bleken er vier - gemiddelde motiliteit, gemiddeld motiliteitsniveau, gemiddeld aantal maal begin van motiliteit, gemiddelde duur inslaaptijd - gerelateerd te zijn aan Li.

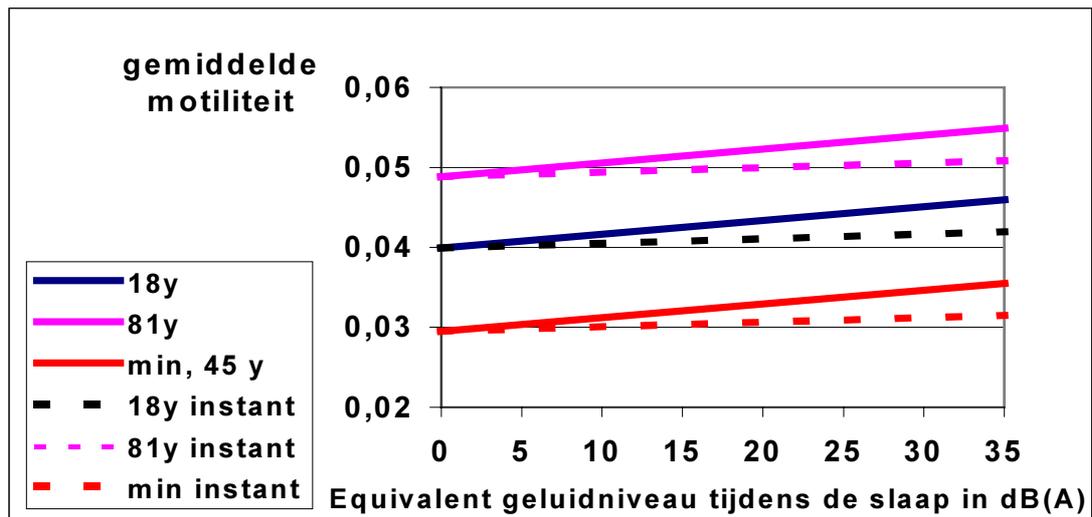
Vervolgens is nagegaan of andere factoren invloed hebben op de gemiddelde motiliteit of de relatie tussen gemiddelde motiliteit en Li. Leeftijd blijkt een determinant te zijn van de gemiddelde motiliteit. In figuur 12 is de gemiddelde motiliteit uitgezet als functie van Li (doorgetrokken lijnen).

Ook is vastgesteld dat de over 11 nachten gemiddelde waarde van L50 een confounder is van de relatie tussen gemiddelde motiliteit en Li. Het effect van de gemiddelde waarde van L50 op gemiddelde motiliteit wordt geschat op 7% van het effect van Li op gemiddelde motiliteit, als Li toeneemt van 0 tot 35 dB(A). Dat houdt in dat de totale toename in gemiddelde motiliteit voor 93% is toe te schrijven aan Li en voor 7% aan L50. In figuur 13 zou het verband tussen totale toename in gemiddelde motiliteit en 93% van de toename in gemiddelde motiliteit niet te onderscheiden zijn.

De toename in de motiliteit als Li toeneemt blijkt niet uitsluitend het gevolg te zijn van de toename in de kans op *momentane* motiliteit door de vliegtuigpassages gedurende de slaaptijden. De onderbroken lijnen geven de gemiddelde motiliteit, als de toename in de gemiddelde motiliteit alleen door de momentane toename door vliegtuigpassages veroorzaakt zou zijn. Er blijft een component in de gemiddelde motiliteit over die niet toe te schrijven is aan het momentane effect van vliegtuiggeluid. Ook niet als met L50 als confounder rekening wordt gehouden. Bij Li gelijk aan 35 dB(A) is deze component ongeveer 10% van de gemiddelde motiliteit bij Li = 0 dB(A) (geen vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaaptijd). Dit houdt in dat de gemiddelde motiliteit gedurende de slaap bij personen met Li gelijk aan 35 dB(A) tijdens afwezigheid van vliegtuiggeluid 10% hoger ligt dan bij mensen zonder geluidbelasting tijdens de slaap. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze component van de gemiddelde motiliteit een permanente verhoging van de motiliteit is, of een (gedeeltelijk) tijdelijke verhoging, die in de loop van de tijd verdwijnt nadat de blootstelling van een persoon is beëindigd.

De gemiddelde motiliteit heeft een sterke associatie met het aantal maal dat de deelnemer zich herinnert wakker te zijn geweest gedurende de slaaptijd, het aantal maal dat de deelnemer tijdens

de slaaptijd de marker heeft ingedrukt, en met de volgende variabelen uit de vragenlijst: aantal medicijnen dat de deelnemer gebruikt, slaapkwaliteit, aantal algemene slaapklasten, aantal maal ontwakken door vliegtuiggeluid, aantal maal per week een negatief effect van vliegtuiggeluid op de slaap, en aantal gezondheidsklachten



Figuur 13: De gemiddelde motiliteit over de slaaptijden van deelnemers als functie van het equivalente geluidniveau over de 11 slaaptijden (Li). De getrokken lijnen zijn de in het onderzoek vastgestelde relaties voor drie leeftijden: 18, 45 (motiliteit is op deze leeftijd het geringst) en 81 jaar. De onderbroken lijnen geven de som van de gemiddelde motiliteit zonder nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting plus de toename in gemiddelde motiliteit door de momentane toename door vliegtuigpassages van de kans op motiliteit.

6.2.2 Gegevens uit de vragenlijst als effectvariabelen

De gegevens uit de vragenlijst hebben betrekking op 418 deelnemers. Aangezien uit het non-responsonderzoek met 451 non-respondenten is gebleken dat er tussen de deelnemers en non-respondenten, nadat rekening gehouden is met verschillen in leeftijdsverdeling van beide groepen, verwaarloosbare verschillen in blootstelling-effectrelaties zijn, vertegenwoordigen de uitkomsten 869 personen. Over het algemeen is vragenlijstsonderzoek naar de effecten van geluid van veel grotere omvang. Het is dan ook niet de bedoeling van de analyses om relaties tussen locatie bepaalde blootstellingsmaten en effectvariabelen (zoals tussen geluidhinder L_{den}) op te stellen, die algemene geldigheid hebben. Het doel van de vragenlijst is voornamelijk om na te gaan of variabelen uit de vragenlijst impact hebben op de blootstelling-effectrelaties. De onderzochte effectvariabelen zijn b.v. de frequentie van tussentijds wakker worden door vliegtuiggeluid, hinder door vliegtuiggeluid, en slaapkwaliteit. Genoemde effectvariabelen zijn, respectievelijk, expliciet gerelateerd aan nachtelijk vliegtuiggeluid, aan vliegtuiggeluid, en niet expliciet in de vraag gerelateerd aan (vliegtuig)geluid. We achten het verantwoord om de verkregen relaties met effectvariabelen die expliciet gerelateerd zijn aan nachtelijk vliegtuiggeluid toe te passen bij het

schatten van de prevalenties van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid in de omgeving van Schiphol. Immers, de bestudeerde situaties zijn representatief voor de omgeving van Schiphol. De verzamelde gegevens bieden tevens de mogelijkheid om een beeld te krijgen van de samenhang tussen de diverse variabelen uit de vragenlijst.

Voor de meeste variabelen uit de vragenlijst is het verband met Lbi23-07h, maat voor nachtelijk vliegtuiggeluid op een locatie, sterker dan met andere maten voor nachtelijk vliegtuiggeluid. Voor de bij de analyses vastgestelde blootstelling-effectrelaties met Lbi23-07h als maat voor vliegtuiggeluid blijkt dat vliegtuiggeluid over de dag en avond (Ldag) een confounder is. Dit is begrijpelijk omdat de correlatie tussen nachtelijk vliegtuiggeluid (uitgedrukt in Lbi23-07h) en vliegtuiggeluid over de dag en avond (Ldag) zeer hoog is: de correlatiecoëfficiënt is 0,89.

Het aantal gezondheidsklachten heeft een relatie met Li, maar niet met Lbi23-07h. Kennelijk is Lbi23-07h voor deze factoren niet voldoende specifiek. In het onderstaande kader zijn de 13 vragen uit de verkorte voeglijst opgenomen.

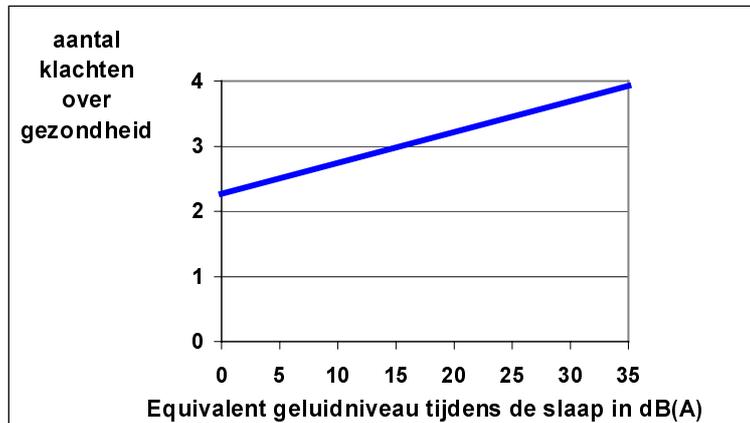
Vragen in de verkorte voeglijst

Het gaat om de volgende 13 vragen, waar de deelnemer met ja of nee op moet antwoorden.

- 1 Hebt u nogal eens pijn in uw borst of hartstreek?
- 2 Hebt u nogal eens een opgezet of drukkend gevoel in uw maagstreek?
- 3 Bent u gauw kortademig?
- 4 Is uw maag nogal eens van streek?
- 5 Hebt u klachten over pijn in botten en spieren?
- 6 Hebt u nogal eens last van rugpijnen?
- 7 Hebt u vaak een gevoel van moeheid?
- 8 Hebt u nogal eens last van hoofdpijn?
- 9 Bent u nogal eens duizelig?
- 10 Hebt u wel eens een verdoofd gevoel of tintelingen in uw ledematen?
- 11 Voelt u zich nogal eens lusteloos?
- 12 Staat u in de regel 's ochtends moe en niet uitgerust op?
- 13 Voelt u zich gauwer moe dan u normaal acht?

In figuur 14 is het resultaat gegeven. Het aantal gezondheidsklachten neemt op een schaal van 0 tot 13 met 1,6 toe als de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting Li toeneemt van 0 tot 35 dB(A). Hoewel het aantal gezondheidsklachten geen relatie heeft met Ldag, is het niet onwaarschijnlijk dat de *individuele* vliegtuiggeluidbelasting over de dag en avond wel een verstorende variabele is. Het gevonden verband mag dan ook niet worden toegepast op situaties met een geheel andere combinatie van vliegtuiggeluid 's nachts en vliegtuiggeluid over de dag en avond. In het huidige onderzoek varieert Ldag - Lbi23-07h van 4 tot 17 dB(A). Ons inziens mag niet verwacht worden dat in situaties met afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid of met een zeer lage waarde van Lbi23-07h en een (zeer) hoge waarde van de vliegtuiggeluidbelasting overdag (bijvoorbeeld in

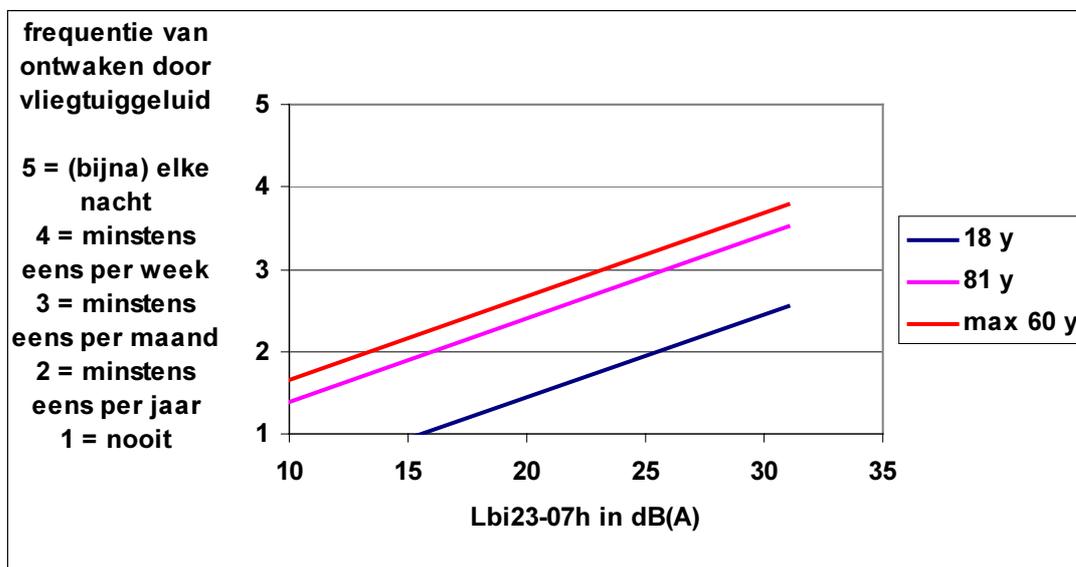
het geval dat $L_{\text{dag}} - L_{\text{bi23-07h}} = 40 \text{ dB(A)}$, er geen bijdrage van vliegtuiggeluid over de dag en avond aan het aantal gezondheidsklachten zou zijn.



Figuur 14: Aantal gezondheidsklachten als functie van het equivalente vliegtuiggeluidniveau (L_i). Het maximaal aantal klachten is 13.

Zeven van de acht onderzochte effectvariabelen die niet specifiek betrekking hebben op (nachtelijk) vliegtuiggeluid, hebben geen relatie met de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting. Alleen voor zelfgerapporteerde slaapkwaliteit is wel een, zij het zwak, verband.

Alle zeven effectvariabelen, die een evaluatie van vliegtuiggeluid overdag of over het etmaal vergen hebben een relatie met $L_{\text{bi23-07h}}$. Ook de vier effectvariabelen die expliciet te maken hebben met de blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid zijn alle gerelateerd aan $L_{\text{bi23-07h}}$. Het betreft de vier variabelen: waarneming van vliegtuiggeluid 's nachts, geluidhinder 's nachts, frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid, en aantal maal per week dat een negatief effect van vliegtuiggeluid op de slaap optreedt. In figuur 15 is de blootstelling-effectrelatie met de frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid gegeven.



Figuur 15: Frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid als functie van Lbi23-07h voor drie leeftijden: 18, 60 (waar het effect maximaal is) en 81 jaar. De lijnen zijn getrokken over de range van waarden van Lbi23-07h die in het onderzoek voorkomen.

Om een beeld van de samenhang tussen variabelen uit de vragenlijst te krijgen zijn door middel van een zogenoemde backward step regressie analyse de factoren bepaald die een relatie hebben met een expliciet aan nachtelijk vliegtuiggeluid gerelateerde vraag. In tabel 2 is een overzicht gegeven van het resultaat. In de eerste twee rijen zijn de vier effectvariabelen en hun bereik gegeven. In de eerste kolom zijn de factoren opgenomen met een relatie of associatie met tenminste één van de vier effectvariabelen. Vanaf rij 3 is de maximale verandering in de waarden van de effectvariabele gegeven als een factor in de eerste rij van de tabel maximaal verandert. Bijvoorbeeld, de derde rij geeft de verandering in de effectvariabelen als Lbi23-07h toeneemt van 10 tot 31 dB(A): zo neemt de hinderscore (van nachtelijk vliegtuiggeluid) toe met 2,8 als de nachtelijke geluidbelasting toeneemt van 10 tot 31 dB(A). Mensen die zich zeer geluidgevoelig vinden (laatste rij) hebben bijna 3,7 slaapklachten per week door vliegtuiggeluid (laatste kolom) meer dan mensen die zich helemaal niet geluidgevoelig vinden.

Tabel 2: Samenhang tussen achtergrondkenmerken en effectvariabelen uit de vragenlijst. Maximale veranderingen in effectvariabelen (waarneming, ontwaken, hinder en aantal slaapklasten door nachtelijk vliegtuiggeluid), als een variabele in de eerste rij van de tabel maximaal verandert. Waarden zijn alleen opgenomen als er een statistisch significant verband is.

	Waarneming nachtelijk vliegtuig- geluid (1 – 5)	Ontwaken door vliegtuiggeluid (1 – 5)	Hinder van nachte- lijk vliegtuiggeluid (0 – 10)	Aantal slaapklasten door vliegtuiggeluid per week (0 – 56)
Lbi23-07h (10 – 31 dB(A))	1,2	1,3	2,8	4,6
Leeftijd (maximaal - minimaal effect)		1,3	2,1	4,8
Geslacht (man=0, vrouw=1)			-1,0	
Ergernis aan geluiden in dagelijkse omgeving (thuis, op het werk, elders) (0=niet, 10=zeer vaak)			2,2	
Aantal jaren wonen in huidige woonomgeving		-1,0		-1,9
Tevredenheid over de woning (1=niet, 5=zeer tevreden)			1,8	3,5
Huis gehuurd of gekocht (0 gehuurd, 1=gekocht)	0,3		1,2	
Dubbele beglazing slaapkamer (0=niet, 1=wel)			-0,9	
Tevredenheid met woonomge- ving (1=niet, 5=zeer tevreden)			-3,8	-5,6
Tevredenheid met geluidsiso- latie voor geluiden van buiten (0=ontevreden, 10=zeer tevreden)	-0,7	-1,1	-1,9	-2,2
Mogelijkheid om huis te ventileren (1=zeer ontevreden, 5=zeer tevreden)	-0,5	-1,4	-3,1	-5,2
Houding ten opzichte van groei Schiphol (0=positief, 10=negatief)			1,3	2,4
Aantal acties tegen Schiphol (0 tot 4)			1,7	
Gebruik gehoorbeschermers (0=niet, 1=wel)				1,6
Zelf-gerapporteerde geluidge- voeligheid (0=ongevoelig, 10=zeer gevoelig)		1,1	1,9	3,7

In een aantal gevallen is er een associatie tussen de achtergrondkenmerken en de effectvariabelen uit tabel 2, maar is het oorzakelijk verband onduidelijk. Dit is bijvoorbeeld het geval voor geluidshinder en houding ten opzichte van de groei van Schiphol.

Opvallend is dat de mate waarin men zich door vliegtuiggeluid belemmerd voelt om het huis te ventileren geassocieerd is met alle vier effectvariabelen en een grotere impact heeft op deze variabelen dan bijvoorbeeld Lbi23-07h.

De waarden in een kolom mogen ook opgeteld worden. Bijvoorbeeld, mensen die zich zeer geluidgevoelig vinden en zeer negatief staan tegenover de groei van Schiphol hebben ruim 6 (3,7 + 2,4) slaapkachten per week door vliegtuiggeluid meer dan mensen die zich helemaal niet geluidgevoelig vinden en zeer positief staan tegenover de groei van Schiphol.

Omdat er tussen de factoren ook associaties zijn, zullen de waarden in een kolom kunnen veranderen als één van de andere factoren met een waarde in die kolom wordt weggelaten.

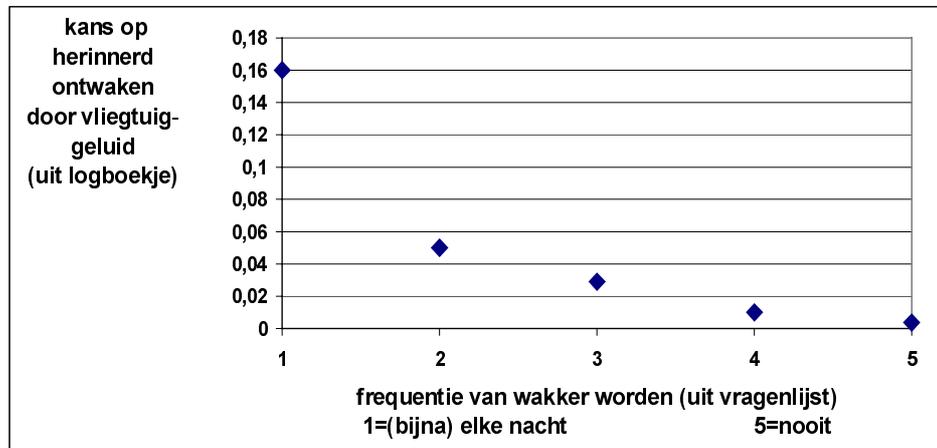
6.3 Vergelijking uitkomsten op verschillende tijdschalen

De evaluatie van vliegtuiggeluid door de deelnemers in de vragenlijst is anders dan die van dag tot dag in de logboekjes. De dagelijkse hinder door vliegtuiggeluid en de dagelijkse frequentie van wakker worden door vliegtuiggeluid is minder dan naar voren komt uit de vragenlijst. Hetzelfde geldt voor slaapkwaliteit. Vliegtuiggeluid is als bron van moeite met inslapen, als bron van tussentijds wakker worden, en als bron van voortijdig wakker worden, genoemd in respectievelijk 0,3%, 3,5%, en 0,5% van de deelnemersnachten. Uit de vragenlijst blijkt dat 25% van de deelnemers ernstig gehinderd, 42% ten minste gehinderd, en 58% ten minste enigszins gehinderd is door nachtelijk vliegtuiggeluid.

Ook is de waargenomen frequentie van ontwaken door vliegtuiggeluid bij de deelnemers waarbij dit relatief vaak voorkomt, een factor 3 lager dan die door deelnemers in de vragenlijst wordt vermeld. Dat is weergegeven in figuur 16. Daarbij kunnen de frequenties uit de vragenlijst op de horizontale as als volgt geïnterpreteerd worden:

1. (bijna) elke nacht: kans op ontwaken door vliegtuiggeluid per nacht (bijna) 1;
2. ten minste eens per week: kans per nacht tenminste 0,14;
3. ten minste eens per maand: kans tenminste 0,03;
4. ten minste éénmaal afgelopen jaar: kans tenminste 0,003;
5. nooit: kans gelijk aan 0.

Door dit verschil in beoordeling is het niet verwonderlijk dat de resultaten uit de vragenlijst een negatiever beeld van het effect van nachtelijk vliegtuiggeluid opleveren dan de resultaten uit de logboekjes.



Figuur 16: Kans op een nacht waarover men zich herinnert wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid (uit logboekje) als functie de frequentie van wakker worden uit de vragenlijst.

6.4 Vergelijking huidig onderzoek en GES vragenlijstonderzoek uit 1996

In bijlage A zijn op basis van een vergelijking van uitkomsten uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek de volgende conclusies getrokken:

- de leeftijden van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten uit het vragenlijstonderzoek komen voldoende goed overeen komen om uit te sluiten dat het kleine verschil in leeftijdsopbouw van beide groepen relevante verschillen in blootstelling-effectrelaties en verdelingen van andere variabelen tot gevolg kan hebben;
- tussen de tijden van slapen gaan en opstaan van de deelnemers aan het huidige onderzoek en de respondenten van het vragenlijstonderzoek zijn geen systematische verschillen. De inslaap- en ontwaaktijden verkregen met behulp van de actigrammen sporen met de tijden van gaan slapen en opstaan uit de vragenlijst: men slaapt later in dan men gaat slapen en wordt eerder wakker dan men opstaat;
- tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid door deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek, en door respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek bestaan geen relevante verschillen;
- uit de vergelijking van de verdelingen van drie effectvariabelen (hinder door vliegtuiggeluid, de houding ten opzichte van de groei van Schiphol, bezorgdheid over het wonen bij een groot vliegveld) uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek blijkt dat de resultaten van het huidige onderzoek liggen tussen die van respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek of met één van de beide resultaten zeer goed overeenkomen;

- de vergelijking tussen de uitkomsten van het huidige onderzoek en het vragenlijstonderzoek met betrekking tot de drie effectvariabelen ervaren gezondheid, aantal gezondheidsklachten, en aantal slaapkklachten laat een goede overeenkomst zien;
- omdat de drie hiervoor genoemde variabelen slechts een zeer flauw verband vertonen met de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting en omdat in het huidige onderzoek en in het vragenlijst-onderzoek geen identieke effectvariabelen met betrekking tot slaapverstoring zijn gebruikt, is vergelijking van blootstelling-effectrelaties niet mogelijk.

Op grond van deze conclusies achten we het verantwoord om op basis van de uitkomsten uit het huidige onderzoek voor bepaalde effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid prevalentieschattingen voor de studiepopulatie rond Schiphol uit te voeren.

6.5 Prevalentie van effecten bij bewoners in de omgeving van Schiphol

Met betrekking tot het optreden van effecten door vliegtuiggeluid op langere termijn bij bewoners in de omgeving van Schiphol zijn schattingen gemaakt voor (zie ook bijlage B):

- Het aantal volwassenen dat tenminste eens per week wakker wordt door vliegtuiggeluid;
- Het aantal volwassenen met ernstige hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Het aantal volwassenen met tenminste 11 effecten op de slaap per week door nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Het aantal volwassenen met tenminste 5 (van de 13 mogelijke) gezondheidsklachten;
- Het aantal voor de leeftijd zeer onrustig slapende personen;
- Het aantal volwassenen met een zeer verbrokkelde slaap;
- Het aantal volwassenen met relatief veel herinnering aan wakker worden door vliegtuiggeluid.

De resultaten zijn in tabel 3 weergegeven.

Uit tabel 3 blijkt dat de som van alle extra personen met een effect door vliegtuiggeluid 400 000 is. Dat impliceert niet dat 400 000 personen in het modelleringgebied een effect hebben van nachtelijk vliegtuiggeluid, want de effecten hebben een onderling verband. Uit de gegevens over de *deelnemers* is afgeleid dat 45% van de deelnemers heeft geen enkel en 31% één effect van vliegtuiggeluid heeft dat in de tabel staat vermeld. Geen van de deelnemers scoort op alle zeven effecten. Dat 23% van de deelnemers twee of meer effecten heeft, geeft aan dat de afzonderlijke resultaten met elkaar in verband staan.

Voor populaties met een andere samenstelling dan de deelnemers wat betreft blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid, geldt een andere verdeling van clustering van effecten. Zo is de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting van de deelnemers aanmerkelijk hoger dan die van de bewoners van het modelleringgebied. Voor de populatie in het modelleringgebied zal het percentage met twee of meer effecten veel geringer zijn.

Tabel 3: Schatting van de prevalentie van lange termijneffecten door nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelleringgebied van NLR en in het gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. Het aantal personen (n) waarop de schattingen betrekking hebben tussen haakjes.

Effect	Modelleringgebied NLR (55 bij 55 km) (n=2 166 139)		Gebied met straal van 25 km rondom Schiphol (n=1 811 719)			
	Fictief aantal bij afwezigheid nachtelijk vliegtuiggeluid	Percentage	Aantal extra gevallen	Percentage extra	Aantal extra gevallen	Percentage extra
Uit vragenlijst						
Tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid ((bijna) elke nacht)	18 800	0,9	38 700	1,8	35 800	2,0
Ernstige hinder nachtelijk vliegtuiggeluid	77 300	3,6	91 100	4,2	83 100	4,6
Tenminste elf effecten per week op de slaap door nachtelijk vliegtuiggeluid	40 200	1,9	57 500	2,7	52 700	2,9
Tenminste vijf gezondheidsklachten	274 900	12,7	110 000	5,1	98 800	5,5
Uit actigrammen, drukken op marker, en uit ochtendlogboekje						
Voor de leeftijd onrustige slapers	71 800	3,3	71 700	3,3	65 300	3,6
Personen met sterk verbrokkelde slaap	172 600	8,0	18 600	0,9	16 600	0,9
Personen die vaak wakker worden van vliegtuiggeluid	3 700	0,2	18 400	0,8	17 600	1,0

7 Discussie en conclusie

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de kwaliteit van het onderzoek. Vervolgens worden de antwoorden gegeven op de onderzoeksvragen. Tenslotte worden de conclusies gepresenteerd.

7.2 Validiteit en generaliseerbaarheid

Vertekening door selectie

Om de volgende redenen is het niet aannemelijk dat de blootstelling-effectrelaties vertekend zijn door selectie of selectieve respons van de deelnemers:

- Uitnodigingen om deel te nemen aan alle adressen op een locatie zijn gezonden. Afgezien van uitsluiting op grond van praktische overwegingen zijn door TNO slechts mogelijke kandidaten afgewezen als ze korte tijd vóór het onderzoek gestart waren met het gebruik van sterke slaapmiddelen of medicijnen die de slaperigheid en/of slaapdiepte bevorderen. Aan het onderzoek namen wel personen deel die langere tijd van deze middelen gebruik maakten. Er zijn op grond van houding ten opzichte van vliegtuiggeluid en de groei van Schiphol geen kandidaten afgewezen;
- Geen van de deelnemers heeft tussentijds deelname aan het onderzoek beëindigd;
- Uit het non-responsonderzoek gebleken is dat er slechts zeer geringe verschillen waren tussen deelnemers en non-respondenten.

Informatie bias

Hoewel de deelnemers wel wisten dat het in het onderzoek ging om vliegtuiggeluid en slaap, is ons inziens informatie bias onwaarschijnlijk om de volgende redenen:

- Bij de uitvoering van het onderzoek is geen nadruk gelegd op vliegtuiggeluid. Zo is in de logboekjes nooit rechtstreeks gevraagd naar gevolgen van vliegtuiggeluid;
- De belangrijkste effectvariabelen zijn verkregen uit de actigrammen van deelnemers. Uit de analyses is gebleken dat de meetresultaten niet samenhangen met de houding van deelnemers ten opzichte van vliegtuiggeluid of houding ten opzichte van de groei van Schiphol
- De geluidmetingen binnen en buiten zijn op identieke wijze op elke locatie uitgevoerd. Ook in de analyses van de uitkomsten van de geluidmetingen zijn voor elke locatie en voor elke deelnemer identieke procedures gevolgd.

Confounding

In de opzet van het onderzoek en in de analyses van de data is veel aandacht besteed aan mogelijke versturende variabelen. Met betrekking tot de momentane blootstelling-effectrelaties bleken geen van de vele onderzochte factoren confounders te zijn.

Een geringe vertekening van de relaties tussen motiliteit, gemiddeld over de slaaptijd, en het

niveau van vliegtuiggeluid tijdens de slaap treedt op door L50 (mediaan geluidniveau in de slaapkamer bij afwezigheid van vliegtuiggeluid).

Ldag is een confounder van de relaties tussen variabelen uit de vragenlijst en Lbi23-07h. Deze relaties kunnen niet zonder meer toegepast worden in situaties met een verschil tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en vliegtuiggeluid over de dag en avond, die sterk afwijkt van de in het onderzoek aangetroffen verschillen, die variëren van 4 tot 17 dB(A).

Generaliseerbaarheid

Omdat aan het onderzoek geen kinderen en personen met nachtdiensten deelnamen, zijn de resultaten van het onderzoek niet toepasbaar op deze mensen.

Er zijn ook geen ernstig zieke mensen onderzocht. Wel hebben mensen aan het onderzoek deelgenomen die tijdens het onderzoek medicijnen gebruikten. Van de deelnemers gebruikte 43% één of meer medicijnen of preparaten (o.a. voor hart en bloedvaten, voor astma, of de anticonceptiepil) die op recept zijn verkregen, 53% gebruikte medicijnen of preparaten die niet op recept verkregen zijn (aspirine, hoestdrank, vitaminepreparaat etc.), terwijl 30% geen medicijnen of preparaten gebruikte. Het gebruik van medicijnen of preparaten bleek bij geen enkele blootstellings-effect relatie van belang te zijn, nadat andere mogelijk met het gebruik van medicijnen samenhangende factoren (zoals leeftijd) bij de relaties waren betrokken.

Er zijn ongeveer 20 kandidaten afgewezen door TNO omdat ze vlak voor eventuele deelname sterke slaapmiddelen en/of medicijnen met een slaapverwekkende en/of slaapdiepte bevorderende werking zijn gaan gebruiken. Kandidaten zijn niet afgewezen als ze reeds gedurende langere tijd deze middelen gebruikten. Het langere tijd gebruiken van deze middelen bleek geassocieerd te zijn met ervaren slaapkwaliteit en gemiddelde motiliteit: deelnemers die deze middelen gebruiken vinden dat ze slechter slapen en hebben een hogere gemiddelde motiliteit dan deelnemers die deze middelen niet gebruiken.

Dertien deelnemers zijn buiten Nederland geboren, waaronder 11 personen in Indonesië. Waarschijnlijk is er een ondervertegenwoordiging in het onderzoek van buiten Nederland geboren personen vanwege problemen met de communicatie in het Nederlands, en vanwege verschillen in privacyoverwegingen. Het al dan niet in Nederland geboren zijn bleek geen effect te hebben op de blootstelling-effectrelaties. Het is niet uit te sluiten dat nachtelijk vliegtuiggeluid op populaties met leefomstandigheden die sterk afwijken van die in Nederland een wat sterker of zwakker effect zou hebben dan in het onderzoek is gevonden.

Conclusie met betrekking tot validiteit en generaliseerbaarheid

De resultaten van het onderzoek zijn algemeen toepasbaar, behalve voor kinderen, personen met nachtdiensten, ernstig zieke mensen, personen die sinds kort sterke slaapmiddelen zijn gaan gebruiken. Toepasbaarheid voor bevolking elders met sterk van de Nederlandse situatie afwijkende leefomstandigheden is op voorhand niet zeker. Omdat Ldag een versturende variabele is van de relaties tussen variabelen uit de vragenlijst en Lbi23-07h, kunnen deze relaties niet zonder meer toegepast worden in situaties met een verschil tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en vliegtuiggeluid over de dag en avond, die sterk afwijkt van de in het onderzoek aangetroffen verschillen, die variëren van 4 tot 17 dB(A).

7.3 Doelstellingen van het onderzoek

Zoals beschreven in hoofdstuk 1 zijn de doelstellingen van het onderzoek:

- a. Het bepalen van relaties tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en slaapverstoring, gezondheid, en dagelijks functioneren. Het effect op de relaties van het tijdstip van de nacht, speciaal de randen van de nacht (van 23 tot 24 uur in de avond en van 6 tot 7 uur in de morgen), is eveneens van belang;
- b. Het leveren van informatie met het doel om de prevalentie te kunnen schatten van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de bevolking in het zogenoemde studiegebied van Schiphol, waarin ruim 2 miljoen volwassenen wonen.

In sectie 7.3.1 wordt op blootstelling-effectrelaties ingegaan. De randen van de nacht (23-24 uur en 6-7 uur) worden besproken in sectie 7.3.2. De prevalenties van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid in het studiegebied rond Schiphol komt in sectie 7.3.3 aan de orde.

7.3.1 Blootstelling-effectrelaties

Een groot aantal blootstelling-effectrelaties is bepaald, waarvan een aantal in dit rapport zijn weergegeven. Meer figuren en de formules van de relaties zijn in TNO rapport 2002.027 opgenomen.

Tabel 4 (aan het eind van dit hoofdstuk) geeft een overzicht. De tabel geeft voor drie leeftijden (20, 50, en 80 jaar) en voor zes waarden van nachtelijk vliegtuiggeluid de gemiddelde waarde van effecten. Als er een relatief maximum of minimum in een effect is, treedt dat veelal rond 50 jaar op: dit maximum of minimum effect is dan bij die leeftijd aangegeven. Indien de waarde van de effectvariabele bij afwezigheid van vliegtuiggeluid ongelijk is aan nul, is deze waarde opgenomen bij 0 dB(A). Bijvoorbeeld, het aantal gezondheidsklachten is bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid gelijk aan 2,3.

Er zijn vier categorieën effecten onderscheiden: resultaten uit de vragenlijst, resultaten verkregen met logboekjes en het indrukken van de marker, resultaten met betrekking tot de inslaaptijd (verkregen uit combinatie van actigram, indrukken marker, logboekje), en resultaten verkregen middels actimetrie. De geluidmaten zijn L_i , $L_{bi23-07h}$, L_{iaspt} , en equivalent geluidniveau tijdens de inslaaptijd. Het verband tussen L_i , $L_{bi23-07h}$, en L_{iaspt} is aan het eind van de tabel opgenomen.

7.3.2 Randen van de nacht

23 tot 24 uur

Op ongeveer éénderde van de deelnemersnachten slapen deelnemers om 23 uur. Voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers geldt dat naar schatting 3,5 tot 4% van een totaal effect van nachtelijk vliegtuiggeluid (zoals toename motiliteit, toename kans op marker drukken, toename kans dat men zich tussentijds wakker worden door vliegtuiggeluid herinnert) wordt veroorzaakt door vliegtuigpassages tussen 23 en 24 uur. Voor een uur tussen 24 en 6 uur is het percentage 6 tot 6,3%.

Hoewel de inslaaptijd ook buiten 23 tot 24 uur valt, ligt het in de rede om hier op te merken dat vliegtuiggeluid tijdens het inslapen de inslaaptijd verlengt en als vliegtuiggeluid als oorzaak genoemd wordt van moeite met inslapen, de inslaaptijd langer en de moeite met inslapen groter is.

6 tot 7 uur

In de onderzochte situaties ligt de vliegtuiggeluidbelasting van 6 tot 7 uur aanmerkelijk hoger dan in de uren eerder in de nacht, terwijl op bijna de helft van de deelnemersnachten deelnemers tot na 7 uur slapen. Daardoor is de bijdrage van vliegtuiggeluid van 6 tot 7 uur op effecten relatief groot. Voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers geldt dat naar schatting 27 tot 28% van een totaal effect van nachtelijk vliegtuiggeluid wordt veroorzaakt door vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur. Deze schatting is onder meer afhankelijk van de verdeling van vliegtuigpassages over de nacht, van de slaaptijden, van de omvang van het vliegverkeer, en mogelijkerwijs ook van de wijze van opstijgen en dalen van de vliegtuigen. De schatting geldt dan ook alleen voor de gezamenlijke situatie van de deelnemers. Andere slaaptijden en situaties met een ander aanbod van vliegtuigen leiden tot een andere schatting van de toename in een effect van vliegtuiggeluid gedurende de periode van 6 tot 7 uur. Uitgaande van de slaaptijden en vliegtuiggeluidbelastingen van de deelnemers, zou als het vliegverkeer van 6 tot 7 uur gelijk gekozen zou worden aan het vliegverkeer gedurende één uur in de periode van 24 tot 6 uur, de bijdrage aan het totale effect afnemen van 27-28% tot 6-6,3%, hetgeen een vermindering in een totaal effect van 20-21% is. Daarbij is aangenomen dat de vliegtuigpassages die eerst tussen 6 en 7 uur vielen pas optreden als alle deelnemers ontwaakt zijn. Deze vermindering in effect wordt bereikt door een vermindering van vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur met een factor 4. Worden de vliegtuigpassages tussen 6 en 7 uur één uur verlaat, dan neemt het totale effect af met 10%.

Voor andere populaties dan de onderzochte groep deelnemers, met een ander aanbod van vliegtuigen tussen 6 en 7 uur in vergelijking tot eerder op de nacht, en met andere slaaptijden, gelden andere percentages. Naar verwachting zijn de percentages voor bewoners in de omgeving van Schiphol niet sterk afwijkend, omdat de slaaptijden waarschijnlijk goed overeenkomen en de in het onderzoek bestudeerde situaties een breed scala van verhoudingen tussen vliegtuiggeluid over verschillende delen van de nacht omvatten.

7.3.3 Schatting van de prevalentie van effecten in het studiegebied rond Schiphol

Op basis van deze schattingen zijn de volgende conclusies getrokken over de prevalentie van effecten van vliegtuiggeluid op volwassenen die in de wijde omtrek van Schiphol wonen:

- Het aantal personen met een voor de leeftijd grote motorische onrust gedurende *een nacht* is naar schatting bij bewoners (ruim 2 miljoen) in het modelleringsgebied rond Schiphol 40% hoger (van 100 000 tot 140 000 personen) dan bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid. Het aantal bewoners van het modelleringsgebied met een voor de leeftijd zeer onrustige slaap *over een langere tijd* is naar schatting door het nachtelijk vliegtuiggeluid verdubbeld (van 72 000 tot 144 000 personen). Deze schattingen berusten op metingen met actimeters;
- De toename door vliegtuiggeluid van het aantal bewoners uit het modelleringsgebied dat op een nacht tenminste drie maal op een marker zou drukken is naar schatting 45 000 (van

239 000 tot 284 000 personen). Het aantal personen dat zich 's morgens herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid ligt op 11 600. Het aantal volwassenen dat op een nacht sterke slaapmiddelen gebruikt is naar schatting bij bewoners in het modelleringsgebied rond Schiphol door vliegtuiggeluid een factor 1,5 hoger (van 7 700 tot 11 600) dan bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid;

- Over vier in de vragenlijst gerapporteerde effecten zijn prevalenties berekend. Het aantal personen in het modelleringsgebied dat (bijna) elke nacht wakker wordt van vliegtuiggeluid neemt door de blootstelling toe met 39 000, het aantal personen met ernstige hinder van nachtelijk vliegtuiggeluid met 91 000, het aantal personen met tenminste 11 (maximum mogelijke score 56) effecten op de slaap per week door vliegtuiggeluid met 57 500, en het aantal personen met tenminste vijf (maximum mogelijke score 13) gezondheidsklachten met 110 000;
- Het aantal volwassenen dat op langere termijn door vliegtuiggeluid een zeer verbrokkelde slaap heeft (ten minste 7 van de 11 nachten ten minste drie maal op de marker drukken) is ongeveer even groot als het aantal personen dat op veel nachten wakker wordt van vliegtuiggeluid, namelijk ongeveer 18 500;
- Er is ook nagegaan hoe zich het aantal extra gevallen in het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied verhoudt tot het extra aantal in het gehele modelleringgebied. In het gebied binnen de zogenoemde 49 dB(A) buitencontour (ongeveer overeenkomend met de rode contour in figuur 1 van sectie 2.2 van dit rapport) treden slechts ongeveer 2 tot 2,5% van de effecten op. De resterende 97,5 tot 98% van de effecten wordt waargenomen bij personen die verder van Schiphol wonen.

7.4 Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat nachtelijk vliegtuiggeluid negatieve effecten heeft op vele aspecten van de slaap. Hieronder zijn kort de belangrijkste bevindingen van het onderzoek samengevat:

- Nachtelijk vliegtuiggeluid veroorzaakt objectief meetbare effecten op de slaap van mensen;
- De toename in de kans op motiliteit begint bij veel lagere maximale geluidniveaus van vliegtuigpassages op te treden dan tot nu toe werd verondersteld;
- Mensen die tijdens de slaap veel aan het geluid van vliegtuigpassages blootstaan vertonen een kleinere toename in kans op motiliteit tijdens een passage, maar hebben wel een permanente toename van de motorische onrust tijdens de slaap opgebouwd;
- Mensen die tijdens de slaap aan veel vliegtuiggeluid blootstaan hebben een grotere kans op herinnerd tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid dan mensen met een lage nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting. Echter, omgerekend naar één vliegtuigpassage is deze kans bij mensen die tijdens de slaap aan veel vliegtuiggeluid blootstaan geringer;
- De kans op motiliteit door een vliegtuigpassage is tussen 6 en 7 uur 10% groter en tussen 23 en 24 10% kleiner dan die kans tussen 24 en 6 uur;
- Vliegtuiggeluid tijdens inslapen maakt inslapen moeilijker, verlengt de duur van de inslaaptijd en verhoogt de motorische onrust tijdens de slaap;

- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap verhoogt enigszins de slaperigheid in de morgen (gemeten om 10 uur), maar niet op latere tijdstippen;
- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap heeft geen effect op de reactiesnelheid of het aantal fouten gemaakt tijdens het uitvoeren van een 10 minuten durende test;
- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap heeft een zwak verband met zelfgerapporteerde slaapkwaliteit;
- Er is een sterk verband tussen motorische onrust tijdens de slaap en slaapkwaliteit;
- Bij toenemend vliegtuiggeluid tijdens de slaap neemt het aantal personen dat slaapmiddelen gebruikt toe. Dit geldt met name voor oudere personen;
- Er zijn vele associaties aan het licht gekomen tussen motorische onrust tijdens de slaap enerzijds en zelfgerapporteerde effectvariabelen, aantal maal indrukken van de marker, en aantal maal zich te herinneren tussentijds wakker te zijn geworden anderzijds;
- Er is een verband tussen de individuele blootstelling aan vliegtuiggeluid tijdens de slaap en het aantal gerapporteerde gezondheidsklachten. Wellicht is vliegtuiggeluid over de dag en de avonden een versturende variabele. Een dergelijk verband is er niet, als de jaargemiddelde nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting van 23 tot 7 uur op een locatie als geluidmaat genomen wordt;
- Op basis van de resultaten uit het huidige onderzoek zijn schattingen gemaakt van de *prevalentie* van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op bewoners in de (wijde) omgeving van Schiphol. Het gaat daarbij om de volgende vier effecten, die op een nacht optreden: een relatief voor de leeftijd grote motorische onrust, drie maal of vaker op de marker drukken, herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid, en gebruik slaapmiddelen.

Tevens zijn over de volgende zeven effecten die op langere termijn bij volwassenen voorkomen prevalentieschattingen uitgevoerd: tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid, ernstige hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid, effect op de slaap door vliegtuiggeluid, gezondheidsklachten, zeer onrustige slaap, verbrokkelde slaap, en vaak wakker worden door vliegtuiggeluid.

Deze effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid komen in een groot gebied rond Schiphol voor. Slechts 2 tot 2,5% van de effecten treedt op bij personen die wonen binnen het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied rond Schiphol (in het gebied dat omsloten wordt door de zogenoemde buitencontour van 49 dB(A)).

Tabel 4: *Samenvatting van effecten door nachtelijk vliegtuigeluid.*

effectvariabele	Leef- tijd in jaren	Maat van vliegtuigeluid					
		Li in dB(A)					
Vragenlijst		0	10	20	25	30	35
Aantal gezondheidsklachten <i>Schaal 0 - 13</i>		2,3	2,7	3,2	3,5	3,7	3,9
		Lbi23-07h in dB(A)					
		0	10	20	25	30	35
Frequentie tussentijds ontwaken door vliegtuigeluid: <i>1 nooit, 2 1x per jaar 3 1x per maand, 4 1x per week 5 (bijna) elke nacht</i>	20 50 80		1,0 1,7 1,0	1,5 2,7 2,4	2,0 3,2 2,9	2,5 3,7 3,4	3,0 4,2 3,9
Hinder nachtelijk vliegtuigeluid <i>Schaal 0 – 10</i>	20 50 80		1,7 3,1 1,0	3,5 4,8 2,7	4,3 5,7 3,6	5,2 6,6 4,5	6,1 7,4 5,4
Aantal slaapklachten vliegtuigeluid per week <i>Schaal 0 - 56</i>	20 50 80		0 0,8 3,2	1,2 3,6 6,0	2,6 5,0 7,4	3,9 6,3 8,8	5,3 7,7 10,1
Waarneming nachtelijk vliegtuigeluid <i>3 1x per maand, 4 1x per week 5 (bijna) elke nacht</i>			3,5	4,1	4,4	4,7	5,0
Logboekje en marker		Liaspt in dB(A)					
		0	10	20	25	30	35
Kans op nacht met herinnerd ontwaken door vliegtuigeluid	20 50 80	0,000 0,006 0,003	0,000 0,015 0,007	0,002 0,039 0,018	0,003 0,061 0,031	0,005 0,096 0,046	0,008 0,131 0,072
Kans op nacht met tenminste driemaal op marker drukken	20 50 80	0,05 0,21 0,19	0,05 0,22 0,20	0,05 0,24 0,22	0,06 0,25 0,22	0,06 0,26 0,23	0,06 0,27 0,24
Kans op nacht met gebruik slaapmiddel	20 50 80	0,000 0,005 0,056	0,001 0,007 0,078	0,001 0,010 0,107	0,001 0,012 0,125	0,001 0,014 0,145	0,001 0,017 0,168
Inslaaptijd	Leef- tijd in jaren	equivalent geluidniveau van vliegtuigeluid gedurende inslaaptijd in dB(A)					
		0	10	20	25	30	
Inslaaptijd in minuten	20 50 80	12,0 9,2 15,3	14,0 11,1 17,2	16,0 13,1 19,2	16,9 14,1 20,2	17,9 15,1 21,2	
Inslaaptijd in minuten, als vliegtuigeluid moeite met inslapen veroorzaakt	20 50		27,4 24,6	29,4 26,6	30,4 27,6	31,4 28,6	

	80		30,7	32,7	33,7	34,6	
Actimetrie		Li in dB(A)					
		0	10	20	25	30	35
Gemiddelde motiliteit tijdens de slaap	20	0,042	0,043	0,044	0,045	0,045	0,046
	50	0,030	0,031	0,033	0,033	0,033	0,035
	80	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052
Toename per slaaperiode van het aantal 15-s intervallen met motiliteit			0,1	0,9	2,2	4,9	10,4

Lbi23-07h - Li varieert van -2 dB(A) (bij Lbi23-07h = 0 dB(A)) tot $+3$ dB(A) (bij Lbi23-07h = 31 dB(A)).

Liaspt - Li varieert van -3 dB(A) (bij Li = 0 dB(A)) tot -4 dB(A) (bij Li = 35 dB(A)).

Literatuurlijst

Broughton RJ, Ogilvie RD, eds. Sleep, arousal and performance. *A tribute to Bob Wilkinson*. Birkhäuser Boston, 1992

Fidell S, Howe R, Tabachnick B et al. Noise-induced sleep disturbance in residences near two civil airports. Hampton VA: NASA Langley Research Center, 1995. NASA Contractor Report 198252.

Fidell S, Howe R, Tabachnick B, Pearsons K, Silvati L, Sneddon M, Fletcher E. Field studies of habituation to change in nighttime aircraft noise and of sleep motility measurement methods. BBN Technologies, report no. 8195, California, 1998.

Fidell S, Pearsons K, Howe B et al. Noise-induced sleep disturbance in residential settings. Canogan Park: BNN Systems and Technologies Corporation, 1994. BNN Report 7932.

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B Et Al. Field study of noise-induced sleep disturbance. *J Acoust Soc Am* 1995;98:(2:1)1025-33.

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B, Howe R. Effects of sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. *J Acoust Soc Am* 2000;107:(5:1) 2535-47.

Flindell IH, Bullmore AJ, Robertson KA et al. Aircraft Noise and Sleep. 1999 UK Trial Methodology Study. Southampton: ISVR, 2000. Report 6131 R01.

Franssen EAM, Staatsen BAM, Vrijkotte TGM, Lebret E, Passchier-Vermeer W. Noise and public health workshop report. Bilthoven: RIVM, 1995. Reportnr.: 441520004.

Horne JA. *Why we sleep*. Oxford University Press, 1988.

Horne JA; Pankhurst FL; Reyner LA; Hume K, Diamond ID. A field study of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5,742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample. *Sleep* 1994; 17(2): 146-59.

Ising H, Babisch W, Kruppa B. Acute and chronic noise stress as cardiovascular risk factors. Federal Environmental Agency, Berlin, 1998.

Jurriëns AA, Griefahn B, Kumar A, Vallet M, Wilkinson RT. An essay in European research collaboration: common results from the project on traffic noise and sleep in the home. *Proceedings Fourth International Congress on the Biological Effects of Noise*, 1983: 929-37.

Maschke C, Arndt D, Ising H et al. Nachtfluglarmwirkungen auf Anwohner. DFG-Forschungsbericht Gr. 452/8-2. Gustav Fischer Verlag, 1995.

Middelkoop HAM. Actigraphic assessment of sleep and sleep disorders. Thesis (139 pages), ISBN: 90-5166-387-0. Delft, The Netherlands: Eburon Publishers, 1994.

- Miedema HME, Oudshoorn K. Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 109, no 4, 409-416, April 2001
- Ollerhead JB, Jones CJ, Cadoux RE et al. Report of a field study on aircraft noise and sleep disturbance. London: Civil Aviation Authority, 1992.
- Passchier-Vermeer W, de Jong RG, Miedema HME. Geluid en gezondheid: schattingen gezondheidseffecten door vliegtuiglawaai rond Schiphol; tweede versie. Leiden, NIPG-TNO, 1993. Rapport 93.086.
- Passchier-Vermeer W, Vos H, Gils van K, Miedema HME, de Roo F, Verhoeff EJ, Middelkoop HAM. Aircraft noise and sleep disturbance. Pilot study. Leiden, TNO-PG, 1999. Report 99.040. Bilthoven, RIVM, 1999. Report 441520013.
- Patterson Passchier-Vermeer W, Steenbekkers JHM, Vos H. Sleep disturbance and aircraft noise; *questionnaire, locations and diaries*. Leiden, TNO-PG, 2001. Report 2001.205.
- Passchier-Vermeer W, Steenbekkers JHM, Waterreus MJAE, Dam PJCM. Sleep disturbance and aircraft noise; *tables, figures, pictures*. Leiden, TNO-PG, 2001. Report 2001.206.
- Passchier-Vermeer W, Vos H, van der Ploeg FD, Groothuis-Oudshoorn K. Sleep disturbance and aircraft noise; *exposure-effect relationships*. Leiden, TNO-PG, 2002. Report 2002.027.
- Passchier-Vermeer W, Miedema HME, Vos H, Steenbekkers HMJ, Houthuijs D, Reijneveld SA. Slaapverstoring en vliegtuigeluid. Delft, TNO Inro, 2002. Rapport 2002.028, RIVM rapport 441520019, 2002 (dit rapport).
- SM, Krantz DS, Montgomery LC, Deuster PA, Hedges SM, & Nebel LE. Automated physical activity monitoring: validation and comparison with physiological and self-report measures. *Psychophysiology* 1993; 30: 296-305.
- Reyner LA. Sleep, sleep disturbance and daytime sleepiness in normal subjects. Thesis. Loughborough Loughborough University of Technology, 1995.
- Sadeh A, Sharkey KM, Carskadon MA. Activity-based sleep-wake identification: an empirical test of methodological issues. *Sleep*, 1994; 17(3): 201-207.
- Sadeh A. The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *An American Sleep Disorders Review*. *Sleep* 1995; 18: 288-302.
- Smith A, Nurr D, Wilson S et al. Noise and insomnia: a study of community noise, sleep disturbance, noise sensitivity and subjective reports of health. Cardiff, Centre for Occupational; and Health Psychology, Cardiff University, 2001.
- TNO-PG en RIVM. Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol, resultaten van een vragenlijstonderzoek. Publicatienummers: TNO-PG: 98.039; RIVM: 441520010. Leiden/Bilthoven, 1998.
- Tryon WW. Activity measurement in psychology and medicine. New York: Plenum Press, 1991.

Veerbeek HW. FANOMOS ondersteuning ten behoeve van het Slaapverstoringsonderzoek. Amsterdam, NLR, 2001. Publikatienummer NLR-CR-2001-218.

Weinstein ND. Individual differences in reactions to noise: a longitudinal study in the college dormitory. *J. Applied Psych* 1978;(63) 4:458-66.

Bijlage A Vergelijking huidig onderzoek met GES vragenlijstonderzoek uit 1996

A.1 Inleiding

In 1998 zijn de resultaten gerapporteerd van een in 1996/1997 uitgevoerd vragenlijstonderzoek in het kader van het onderzoeksprogramma Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) (TNO en RIVM, 1998). Aan een gestratificeerde steekproef, bestaande uit ongeveer 30 000 adressen binnen een straal van 25 km van Schiphol, is een vragenlijst gestuurd met het verzoek om deze in te vullen. Bewoners op 39% van de adressen hebben een ingevulde vragenlijst aan TNO geretourneerd. Het aantal geretourneerde bruikbare vragenlijsten is 11 812.

Er is in 1997 bij een steekproef van 500 kandidaten een telefonisch non-responsonderzoek uitgevoerd, waaraan 271 personen hebben deelgenomen. Bij dit onderzoek (verder GES non-responsonderzoek genoemd) zijn 8 vragen gesteld, over demografisch gegevens (leeftijd, geslacht, land van herkomst), de reden van non-respons, hinder door vliegtuiggeluid, bezorgdheid over veiligheid vanwege het wonen in de buurt van een groot vliegveld, en de houding ten opzichte van de groei van Schiphol.

De in het huidige onderzoek gehanteerde vragenlijsten voor deelnemers (418 personen) en non-respondenten (451 personen) bevat een aanzienlijk aantal vragen die identiek zijn aan vragen in het GES vragenlijstonderzoek. Dat zijn onder meer vragen naar tijdstip van slapen gaan en opstaan, en ook de laatstgenoemde drie vragen uit het GES non-responsonderzoek zijn in de vragenlijsten van het huidige onderzoek en het huidige non-responsonderzoek opgenomen.

In deze bijlage worden resultaten uit het huidige onderzoek vergeleken met resultaten van het GES vragenlijst onderzoek.

Allereerst worden in sectie A.2 de verdelingen van leeftijden en van slaaptijden behandeld.

In sectie A.3 worden de resultaten uit de vier onderzoeken (huidig onderzoek, huidig non-responsonderzoek, vragenlijstonderzoek, GES non-responsonderzoek) op de drie vragen naar hinder door vliegtuiggeluid, bezorgdheid over veiligheid vanwege het wonen in de buurt van een groot vliegveld, en de houding ten opzichte van de groei van Schiphol vergeleken.

In sectie A.4 worden de blootstelling-effectrelaties uit het huidige onderzoek vergeleken met die uit het vragenlijstonderzoek, voor zover mogelijk en voor zover de vragen expliciet gerelateerd zijn aan nachtelijk vliegtuiggeluid, in verband staan met aspecten van de slaap, of betrekking hebben op ervaren gezondheid.

In sectie A.5 is een conclusie gegeven.

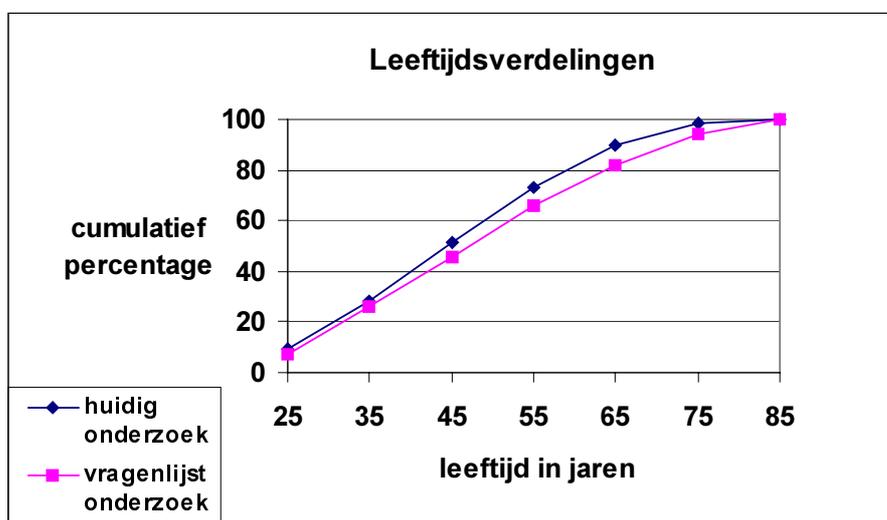
A.2 Vergelijking leeftijden en slaaptijden

A.2.1 Leeftijdsverdelingen

Omdat gebleken is dat leeftijd een belangrijke factor met betrekking tot diverse aspecten van de slaap is, zijn de leeftijdsverdelingen van de deelnemers aan het huidige onderzoek en die van de respondenten uit het vragenlijstonderzoek vergeleken. In figuur A.1 zijn de *cumulatieve verdelingen* van de leeftijden van deelnemers uit het huidige onderzoek en van respondenten uit het vragenlijstonderzoek gegeven. De resultaten zijn ook opgenomen in tabel A.1. De deelnemers aan het huidige onderzoek blijken iets jonger te zijn dan de respondenten uit het vragenlijstonderzoek. De verdeling van de leeftijden van de deelnemers uit het huidige onderzoek zijn iets meer in overeenstemming met die van de volwassenen in het studiegebied Schiphol (TNO en RIVM, 1998). Dat is niet verwonderlijk, omdat leeftijd immers als selectiecriterium voor kandidaten voor het huidige onderzoek is gebruikt en er geen selectie bij het vragenlijstonderzoek heeft plaatsgevonden.

Conclusie

De leeftijden van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten uit het vragenlijstonderzoek komen voldoende goed overeen om uit te sluiten dat het kleine verschil in leeftijdsopbouw van beide groepen verschillen in blootstelling-effectrelaties en verdelingen van andere variabelen tot gevolg kan hebben.



Figuur A.1: Cumulatieve verdelingen van de leeftijd van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten in het vragenlijstonderzoek.

Tabel A.1: Procentuele en cumulatieve verdelingen van de leeftijd van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

leeftijds klasse	Percentage		leeftijdsverdeling		
	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	leeftijds grens	Cumulatief percentage huidig onderzoek	vragenlijst- onderzoek
< 25 jaar	10	7	20 jaar	10	7
25-35 jaar	19	19	30 jaar	28	26
35-45 jaar	23	20	40 jaar	51	46
45-55 jaar	22	20	50 jaar	73	66
55-65 jaar	17	16	60 jaar	90	82
65-75 jaar	9	12	70 jaar	99	94
> 75 jaar	1	6	80 jaar	100	100

A.2.2 Vergelijking tijden van gaan slapen en van wakker worden

A.2.2.1 Inleiding

In beide vragenlijsten zijn vier identieke vragen gesteld over het *tijdstip van gaan slapen en opstaan* gedurende de weekdays en weekends. Alleen de indelingen van de klassen van de periodes van avond en nacht in beide vragenlijsten verschillen. Immers, in het huidige onderzoek kon op basis van de resultaten uit het vragenlijstonderzoek een klassenindeling gekozen worden met naar verwachting een gelijk aantal antwoorden per klasse. De resultaten zijn in tabel A.2 gegeven. Daarbij zijn enige klassen uit het huidige onderzoek en uit het vragenlijstonderzoek samengevoegd om vergelijking mogelijk te maken. In de laatste kolom is tevens de verdeling gegeven van de tijdstippen van inslapen en wakker worden volgens de metingen met actimeters. De tabel laat zien dat er een goede overeenkomst is tussen de resultaten van het vragenlijstonderzoek en het huidige onderzoek.

Te verwachten is dat de tijd van inslapen (uit het actigram) later ligt dan het tijdstip van gaan slapen en dat het tijdstip van wakker worden eerder ligt dan het tijdstip van opstaan. De gemiddelde slaaplatentietijd (dat is de periode vanaf het tijdstip waarop men tracht te gaan slapen tot het tijdstip dat motiliteit (vrijwel) afwezig is) van de deelnemers is 11 minuten (standaarddeviatie 11 minuten, maximum 163 minuten). De vraag naar 'gaan slapen' in de vragenlijsten is voor meerdere uitleg vatbaar: 'gaan slapen' kan begrepen worden als 'voorbereidingen treffen om naar bed te gaan' of als 'tijdstip waarop men tracht te gaan slapen'. Tussen de tijden die uit deze interpretaties volgen kan een aanzienlijk verschil liggen.

Ook kan er een aanzienlijk verschil liggen tussen tijdstip van wakker worden (uit het actigram) en tijdstip van opstaan. Een vergelijking van de verschillen tussen tijden van opstaan en wakker worden in de weekends met die van de weekdays maakt duidelijk dat deze verschillen groter

zijn in het weekend dan op werkdagen. Dit is begrijpelijk, omdat de meeste deelnemers op werkdagen tijdsgebonden verplichtingen hebben, zoals naar het werk gaan, en het opstaan voor de partner en/of kinderen.

Tabel A.2: Uitkomsten voor slapen gaan en opstaan uit vragenlijstonderzoek en huidig onderzoek, evenals inslaaptijd en ontwaaktijd uit het huidige onderzoek bepaald uit het actigram.

Periode van de nacht	Percentage volwassenen dat op werk- en weekenddagen in een bepaalde periode van de nacht gaat slapen, opstaat, en volgens het actigram is ingeslapen en wakker is geworden		
	slapen gaan op werkdagen		inslapen
	huidig onderzoek	vragenlijstonderzoek	actimetrie
voor 22 uur	2	4	2
tussen 22-23 uur	43	36	14
tussen 23-24 uur	41	47	42
na 24 uur	14	13	42
	opstaan op werkdagen		wakker
	huidig onderzoek	vragenlijstonderzoek	actimetrie
voor 6 uur	5	8	14
tussen 6-7 uur	41	28	43
tussen 7-8 uur	34	45	27
na 8 uur	19	19	15
	slapen gaan in weekend		inslapen
	huidig onderzoek	vragenlijstonderzoek	actimetrie
voor 22 uur	0	1	2
tussen 22-23 uur	12	13	8
tussen 23-24 uur	45	51	30
na 24 uur	43	35	61
	opstaan in weekend		wakker
	huidig onderzoek	vragenlijstonderzoek	actimetrie
voor 8 uur	14	20	46
tussen 8-9 uur	43	46	30
na 9 uur	43	35	24

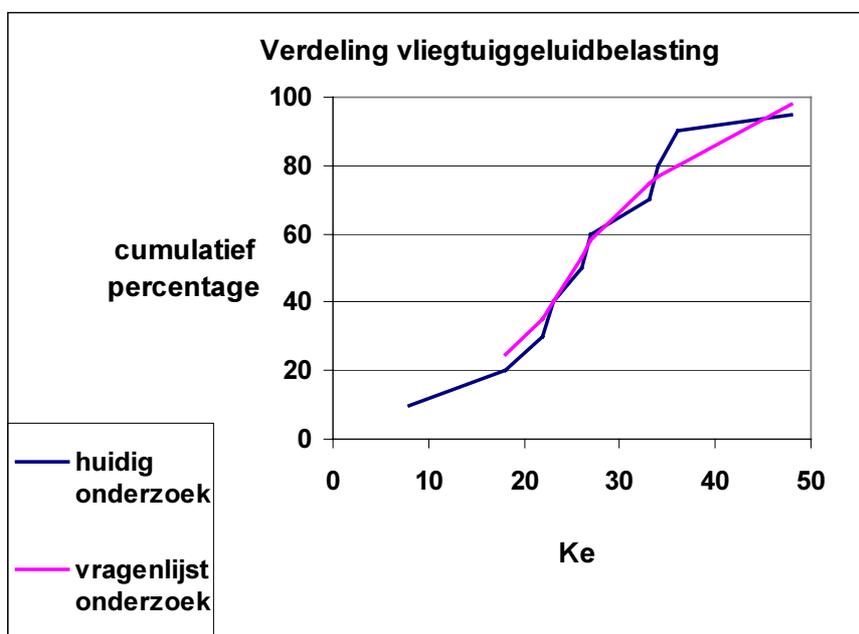
Conclusie

Tussen de slaaptijden van de deelnemers aan het huidige onderzoek en de respondenten van het vragenlijstonderzoek zijn geen systematische verschillen. De inslaap- en ontwaaktijden verkregen met behulp van de actigrammen sporen met de tijden van gaan slapen en opstaan: men slaapt later in dan men gaat slapen, en men ontwaakt eerder dan men opstaat. Dit laatste verschil is in de weekeinden groter dan doordeweeks.

A.3 Vergelijking uitkomsten deelnemers, respondenten en non-respondenten

A.3.1 Inleiding

In deze sectie worden de verdelingen van de uitkomsten van drie vragen vergeleken. Het betreft hinder door vliegtuiggeluid, bezorgdheid over veiligheid vanwege het wonen in de buurt van een groot vliegveld, en de houding ten opzichte van de groei van Schiphol. Alle drie variabelen hangen samen met de vliegtuiggeluidbelasting. Verschillen in verdelingen kunnen daarom (mede) het gevolg zijn van eventuele verschillen in vliegtuiggeluidbelasting van deelnemers en respondenten (en tussen non-respondenten in beide onderzoeken). Daarom zijn allereerst de verdelingen van de vliegtuiggeluidbelastingen van deelnemers en respondenten vergeleken. In figuur A.2 zijn de cumulatieve verdelingen van de vliegtuiggeluidbelastingen van deelnemers en respondenten gegeven. De vliegtuiggeluidbelasting is uitgedrukt in Ke, omdat voor deze geluidmaat de verdeling voor respondenten uit het vragenlijstonderzoek uit het rapport afgeleid kon worden (tabel 13 van TNO en RIVM rapport). De verdelingen zijn vrijwel identiek. De verdeling van de vliegtuiggeluidbelasting van de non-respondenten uit het huidige onderzoek is ook vrijwel identiek aan die van de deelnemers aan het huidige onderzoek. Dit geldt eveneens voor de non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek ten opzichte van de respondenten uit dat onderzoek (zie tabel 1 van bijlage 1 van TNO en RIVM rapport).



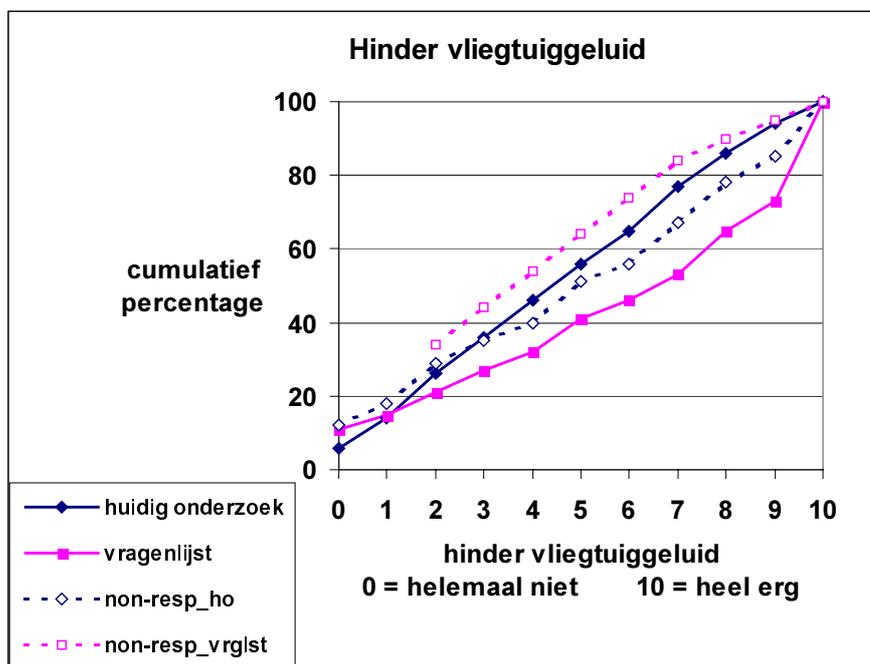
Figuur A.2: Cumulatieve verdelingen van de vliegtuiggeluidbelasting (in Ke) van deelnemers aan het huidige onderzoek en van respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

Conclusie

Op basis hiervan concluderen we dat er tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid door deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek, en door respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek geen relevante verschillen zijn.

A.3.2 Hinder door vliegtuiggeluid

In figuur A.3 zijn de cumulatieve verdelingen van hinder door vliegtuiggeluid voor de vier groepen uitgezet. Daaruit blijkt dat de geluidhinder bij de respondenten uit het vragenlijstonderzoek (veel) groter is dan de geluidhinder bij de non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek. Het verschil tussen de resultaten van deelnemers en non-respondenten in het huidige onderzoek is niet statistisch significant (zie TNO rapport 2002.027). Tussen de uitkomsten van respondenten en non-respondenten van het vragenlijstonderzoek bestaan wel statistisch significante verschillen (tabel 6 van bijlage 6 van TNO en RIVM rapport). De onzekerheidsmarges van de verdeling van de non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek zijn niet in het TNO en RIVM rapport opgenomen, dus kon in deze bijlage niet worden nagegaan of er een verschil is in de hinder van deze groep en die van (de combinatie van) deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek. De conclusie is wel dat de verdelingen uit het huidige onderzoek liggen tussen de beide verdelingen uit het vragenlijstonderzoek. In tabel A.3 zijn de resultaten in getalvorm opgenomen.



Figuur A.3: Cumulatieve verdelingen van de hinder door vliegtuiggeluid bij deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en bij respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

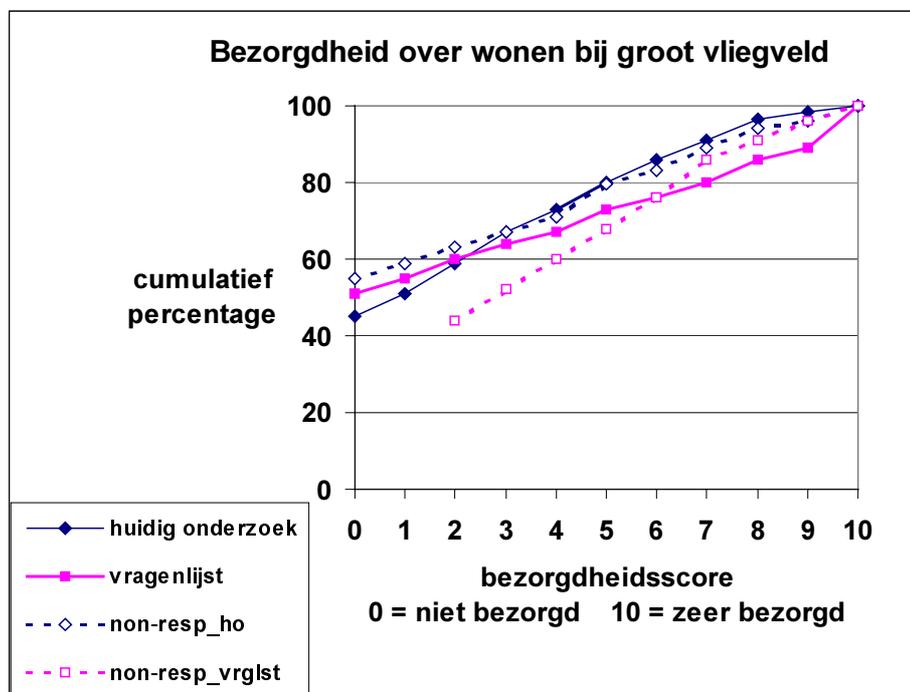
Tabel A.3: Procentuele en cumulatieve verdelingen van de hinder door vliegtuiggeluid van deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

Hinder score	Geluidhinder					
	Procentuele verdelingen		Cumulatieve verdelingen			
	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	non-respons huidig onderzoek	non-respons vragenlijst* onderzoek
0	6	11	6	11	12	
1	8	4	14	15	18	
2	12	6	26	21	29	34
3	10	6	36	27	35	(44)
4	10	5	46	32	40	(54)
5	10	9	56	41	51	(64)
6	9	5	65	46	56	(74)
7	12	7	77	53	67	84
8	9	8	86	65	78	(90)
9	8	8	94	73	85	(95)
10	6	27	100	100	100	100

* Waarden tussen haakjes zijn interpolaties.

A.3.4 Bezorgdheid over wonen bij groot vliegveld

In figuur A.4 zijn de cumulatieve verdelingen van bezorgdheid over wonen bij een groot vliegveld voor de vier groepen uitgezet. Het verschil tussen de resultaten van deelnemers en non-respondenten in het huidige onderzoek is niet statistisch significant (zie rapport 2002.027). Tussen de uitkomsten van respondenten en non-respondenten van het vragenlijstonderzoek bestaan wel statistisch significante verschillen (tabel 8 van bijlage 6). In tabel A.4 zijn de resultaten in getalvorm opgenomen.



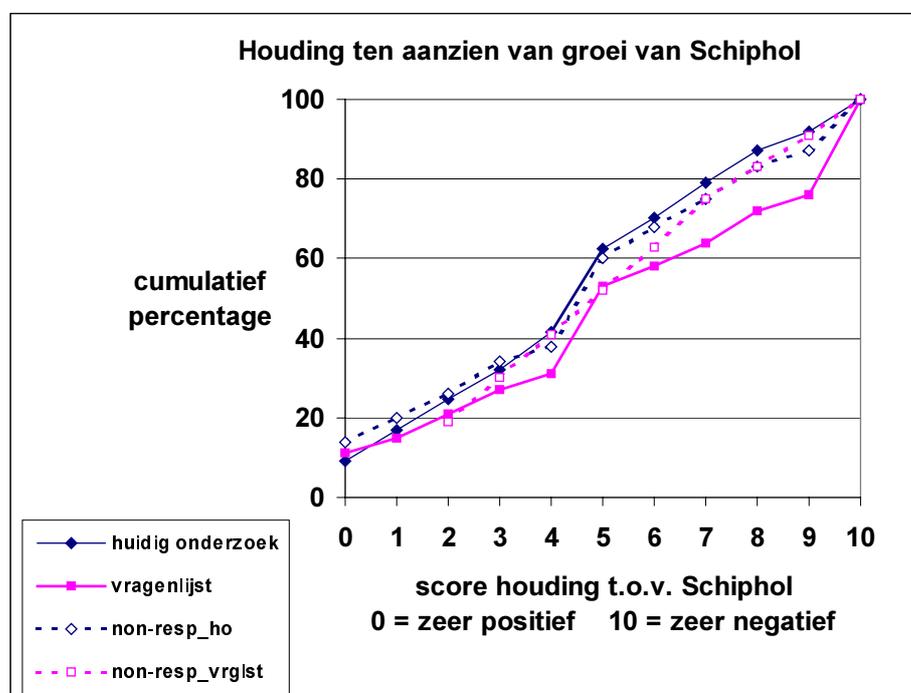
Figuur A.4: Cumulatieve verdelingen van bezorgdheid over wonen in de buurt van een groot vliegveld bij deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en bij respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

Tabel A.4: Procentuele en cumulatieve verdelingen van de bezorgdheid over het wonen bij een groot vliegveld bij deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en bij respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

score	Procentuele verdelingen		Cumulatieve verdelingen			
	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	non-respons huidig onderzoek	non-respons vragenlijst onderzoek
0	45	51	45	51	55	
1	6	4	51	55	59	
2	8	5	59	60	63	44
3	8	4	67	64	67	(52)
4	6	3	73	67	71	(60)
5	7	6	80	73	80	(68)
6	6	3	86	76	83	(76)
7	5	4	91	80	89	86
8	6	6	97	85	94	(91)
9	2	3	99	88	96	(96)
10	1	12	100	100	100	100

A.3.5 Houding ten aanzien van groei van Schiphol

In figuur A.5 zijn de cumulatieve verdelingen van de houding ten aanzien van de groei voor de vier groepen uitgezet. Daaruit blijkt dat de houding ten aanzien van de groei van Schiphol bij de respondenten uit het vragenlijstonderzoek meer negatief is dan die van de andere drie groepen. Het verschil tussen de resultaten van deelnemers en non-respondenten in het huidige onderzoek is niet statistisch significant (zie rapport 2002.027). Tussen de uitkomsten van respondenten en non-respondenten van het vragenlijstonderzoek bestaan wel statistisch significante verschillen (tabel 9 van bijlage 6). In tabel A.6 zijn de resultaten in getalvorm weergegeven. Kennelijk zijn er meer respondenten uit het vragenlijstonderzoek met een negatieve houding ten aanzien van de groei van Schiphol dan in de overige drie onderzoeksgroepen. In tabel A.5 zijn de getallen opgenomen.



Figuur A.5: *Cumulatieve verdelingen van de houding ten opzichte van de groei van Schiphol bij deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en bij respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.*

Tabel A.5: Cumulatieve verdelingen van houding ten aanzien van de groei van Schiphol bij deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek en bij respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek.

Houding ten aanzien van groei Schiphol						
score	Procentuele verdelingen		Cumulatieve verdelingen			
	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	huidig onderzoek	vragenlijst onderzoek	non-respons huidig onderzoek	non-respons vragenlijst* onderzoek
0	9	11	9	11	14	
1	8	4	17	15	20	
2	8	6	25	21	26	19
3	7	6	32	27	34	(30)
4	9	4	41	31	38	(41)
5	21	22	63	53	60	(52)
6	8	5	70	58	68	(63)
7	9	6	79	64	75	75
8	8	8	87	72	83	(83)
9	5	4	92	76	87	(91)
10	8	24	100	100	100	100

* Waarden tussen haakjes zijn interpolaties.

A.3.5 Conclusie

In het huidige onderzoek zijn er geen statistisch significante verschillen in de drie variabelen tussen deelnemers en non-respondenten zijn, terwijl dergelijke verschillen in het vragenlijstonderzoek wel bestonden. In het geval van geluidhinder liggen de verdelingen uit het huidige onderzoek tussen die van respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek, bij de houding ten opzichte van Schiphol sporen de uitkomsten van het huidige onderzoek goed met die van de non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek, en met betrekking tot de bezorgdheid over het wonen bij een groot vliegveld is de overeenkomst van de resultaten van het huidige onderzoek met die van de respondenten uit het vragenlijstonderzoek goed. Overigens, als de uitkomsten van het vragenlijstonderzoek onderling worden vergeleken is opvallend dat bij twee van de drie effecten, geluidhinder en houding ten opzichte van de groei van Schiphol, de respondenten een negatievere respons geven dan de non-respondenten, terwijl bij het derde effect de non-respondenten bij de lagere scores een negatievere respons hebben.

De conclusie is dat de uitkomsten van het huidige onderzoek liggen tussen die van respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek of met één van de beide resultaten zeer goed overeenkomen.

A.4 Vergelijking relaties en effectvariabelen

In deze sectie zijn blootstelling-effectrelaties uit het huidige onderzoek vergeleken met die uit het vragenlijstonderzoek. Het betreft de volgende effectvariabelen uit de vragenlijst van het huidige onderzoek:

- Waarnemen van nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Wakker worden door nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Aantal maal per week dat een negatief effect van vliegtuiggeluid op de slaap wordt ervaren;
- Slaapkwaliteit;
- Aantal slaapproblemen (Groninger slaapschaal);
- Ervaren gezondheid;
- Aantal gezondheidsklachten.

In het huidige onderzoek zijn effectvariabelen uit de vragenlijst gerelateerd aan Lbi23-07h. In het vragenlijstonderzoek zijn effectvariabelen gerelateerd aan Lbu22-07h en Lbi23-06h. In het huidige onderzoek is de correlatiecoëfficiënt tussen Lbi23-07h en Lbi23-06h 0,97 en het gemiddelde verschil is 3,0 dB(A). Als we aannemen dat $Lbu22-23h = Ldag$, dan kan Lbu22-07h uit Ldag en Lbu23-07h berekend worden. Door Lbu22-07h met 21 dB(A) te verminderen verkrijgen we Lbi22-07h. De correlatiecoëfficiënt tussen Lbi23-07h en Lbi22-07h is 0,98 en het gemiddelde verschil is -3,0 dB(A). De samenhang tussen de drie uit opgaven van NLR berekende geluidmaten is derhalve:

$$Lbi22-07h = Lbi23-07h + 3 = Lbi23-06h + 6 \quad (\text{dB(A)})$$

Met betrekking tot de vergelijking van blootstelling-effectrelaties uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek zijn er de volgende problemen:

- Ervaren gezondheid en aantal gezondheidsklachten zijn in het vragenlijstonderzoek gerelateerd aan Ke en niet aan maten van nachtelijk vliegtuiggeluid;
- De eerste drie bovengenoemde effectvariabelen zijn niet in de vragenlijst van het vragenlijstonderzoek opgenomen. De twee vragen naar effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid in het vragenlijstonderzoek zijn geformuleerd in termen van slaapverstoring (hoe vaak wordt u in uw slaap verstoord, en in welke mate wordt u in uw slaap verstoord). In de vragenlijst uit het huidige onderzoek is apart naar de drie genoemde aspecten van slaapverstoring door vliegtuiggeluid gevraagd;
- In de vragenlijst is niet een enkelvoudige vraag naar een beoordeling van de slaapkwaliteit gesteld, maar is de Groninger slaapschaal met 10 mogelijke slaapproblemen gehanteerd. Deze schaal is, naast een enkelvoudige vraag, ook in het huidige onderzoek gebruikt.

De resultaten die afgeleid konden worden zijn gegeven in de figuren A.6 tot en met A.9. In het TNO en RIVM rapport is een model gebruikt waarmee blootstelling-effectrelaties gecorrigeerd worden voor de selectieve respons van de respondenten. In de figuren A.8 en A.9 zijn de ongecorrigeerde blootstelling-effectrelaties gegeven en de blootstelling-effectrelaties als rekening gehou-

den is met selectieve respons van respondenten (vrglst_corr). In de figuren A.6 en A.7 zijn de ongecorrigeerde blootstelling-effectrelaties gegeven en de blootstelling-effectrelaties als rekening gehouden is met determinanten van de effectvariabelen (vrglst_corr).

Opmerkingen met betrekking tot de vier figuren:

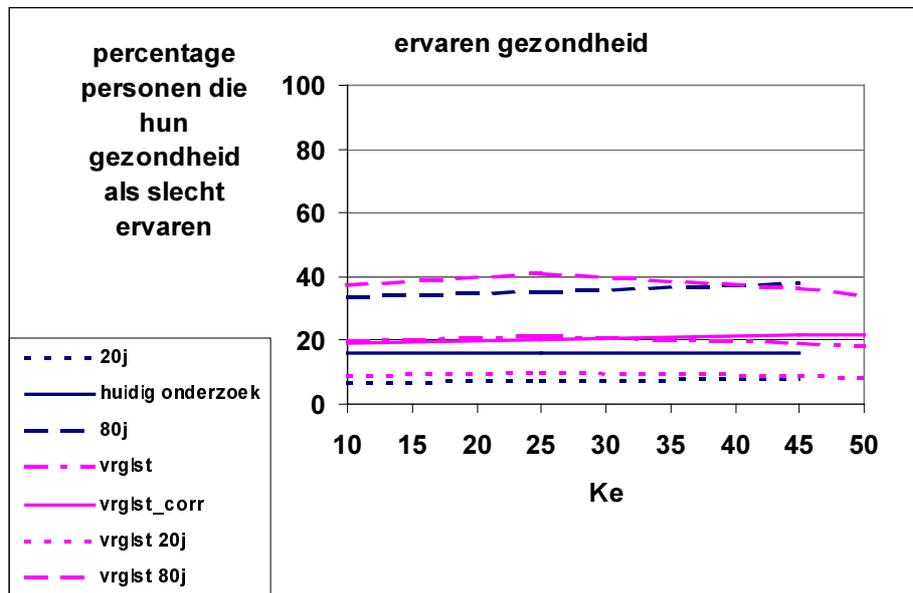
- In figuur A.6 zijn de twee categorieën ‘slecht’ en ‘soms goed en soms slecht’ uit de vragenlijsten samengenomen tot ‘slecht’;
- Ten behoeve van de figuren A.6 en A.7 is door middel van een regressieberekening met gegevens uit het huidige onderzoek het verband bepaald tussen de effectvariabele en Ke, aanzien in het huidige onderzoek Lbi23-07h als geluidmaat is gebruikt. De gegevens uit het vragenlijstonderzoek zijn overgenomen uit de figuren 13 en 14 (pagina 113);
- Ten behoeve van figuur A.8 is door middel van een regressieberekening met gegevens uit het verband bepaald tussen de effectvariabele en Lbi22-07h. De effectvariabelen frequentie van waarnemen en frequentie van wakker worden (beide op een 5-puntsschaal van (bijna) elke nacht = 1 tot nooit = 5) zijn daartoe omgepoold en overgebracht op een 11-puntsschaal (nooit = 0 tot (bijna) elke nacht = 10). De gegevens uit het vragenlijstonderzoek zijn overgenomen uit figuur 10 (pagina 102).

Uit de eerste drie figuren blijkt dat er een goede overeenstemming is tussen de resultaten uit het huidige onderzoek en het vragenlijstonderzoek. In TNO en RIVM rapport is over het vragenlijstonderzoek gesteld dat de geluidbelasting statistisch significant geassocieerd is met een als slecht ervaren gezondheid, het aantal gezondheidsklachten en het aantal slaapklachten. Dat geldt eveneens voor het huidige onderzoek. In beide gevallen is echter de toename van het percentage personen die hun gezondheid als slecht ervaren en de toename van het aantal gezondheidsklachten met de vliegtuiggeluidbelasting gering.

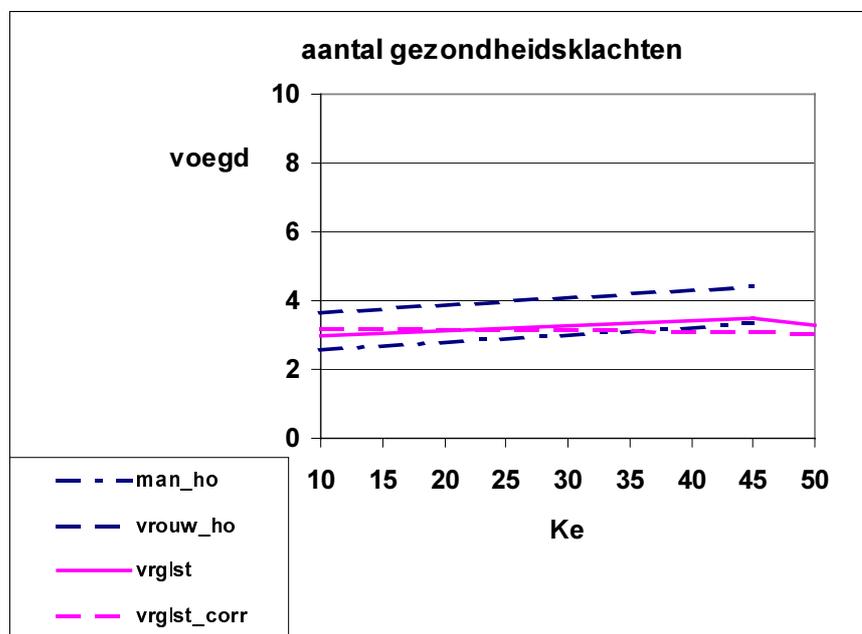
Met betrekking tot de effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid die in figuur A.9 gegeven zijn, is nagegaan of hinder en wakker worden in het huidige onderzoek bij hogere vliegtuiggeluidbelasting net als in het vragenlijstonderzoek een afvlakking vertoont. Dit bleek niet het geval te zijn. Noch het toevoegen van een kwadratische term aan het regressiemodel, noch het indelen van de gegevens in vliegtuiggeluidbelastingsklassen liet een dergelijke afvlakking zien. In het huidige onderzoek is het maximum van Lbi22-07h gelijk aan 33 dB(A). Het aantal waarnemingen uit het vragenlijstonderzoek waarop de afvlakking van de curven boven 35 dB(A) berust bleek bij inspectie van het databestand zeer gering (77 cases) te zijn.

Het is niet verwonderlijk dat de score uit het huidige onderzoek van het waarnemen van nachtelijk vliegtuiggeluid hoger ligt dan die van hinder en wakker worden, omdat immers waarnemen niet automatisch tot hinder of wakker worden leidt.

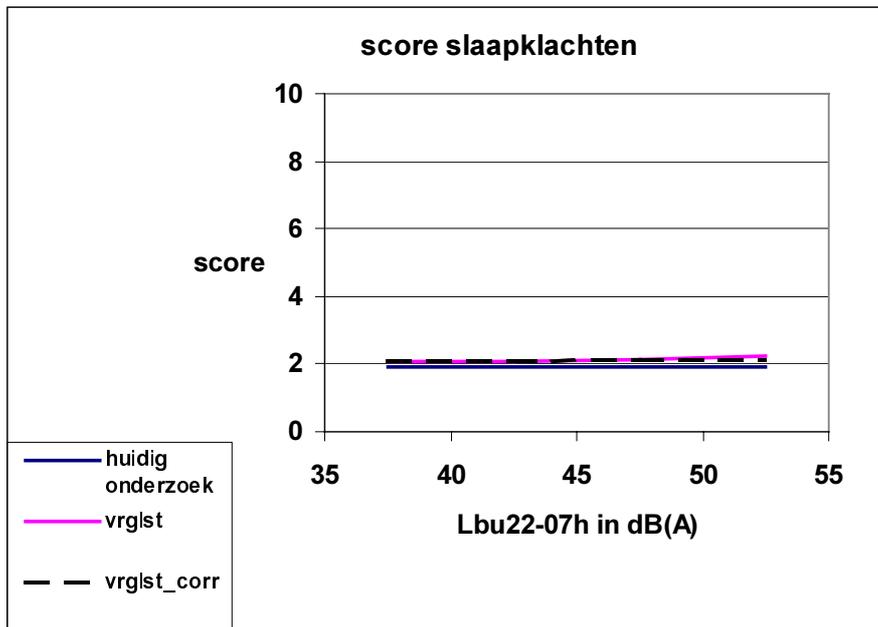
Extrapolatie van de rechten voor nachtelijke geluidhinder en wakker worden van vliegtuiggeluid geeft ‘drempels’ van respectievelijk Lbi22-07 gelijk aan 10 en 14 dB(A): buitenwaarden van 31 en 35 dB(A). Een werkelijke vergelijking van de resultaten uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek is niet mogelijk, omdat het niet om dezelfde effectvariabelen gaat.



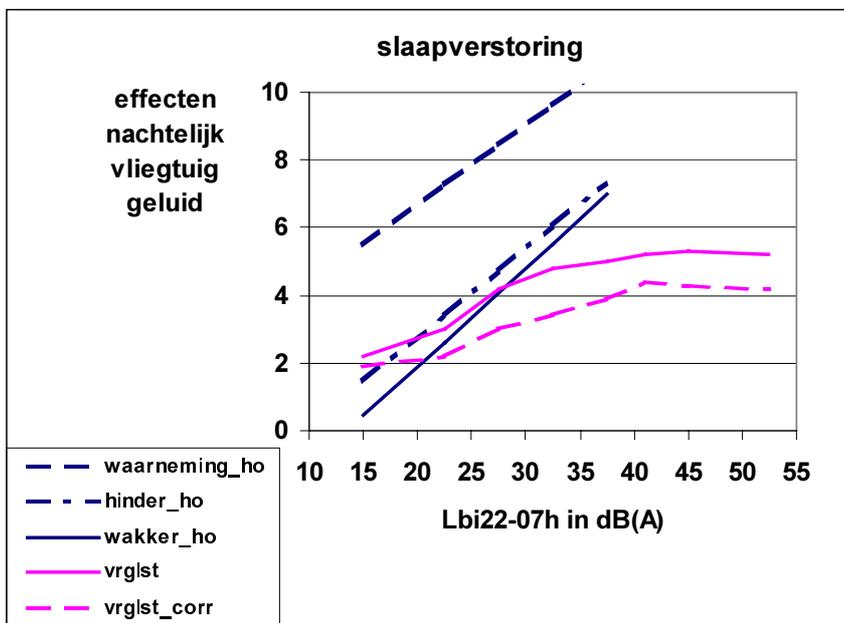
Figuur A.6: Percentage mensen die hun gezondheid als slecht beschouwen als functie van de jaargemiddelde Ke, voor 20- en 80-jarigen en de totale steekproef, uit het huidige onderzoek en uit het vragenlijstonderzoek. De correctie op de vragenlijstgegevens heeft betrekking op determinanten.



Figuur A.7: Aantal gezondheidsklachten (maximaal 13 klachten mogelijk) als functie van de jaargemiddelde Ke, voor mannen en vrouwen uit het huidige onderzoek en voor de totale steekproef uit het vragenlijstonderzoek. De correctie op de vragenlijstgegevens heeft betrekking op determinanten.



Figuur A.8: Score van slaapklachten (11-puntsschaal) als functie van het jaargemiddelde equivalente geluidniveau buiten van vliegtuigeluid tussen 22 en 7 uur. Gegevens uit huidig onderzoek en vragenlijstonderzoek. Bij het vragenlijstonderzoek heeft correctie betrekking op selectieve respons van respondenten.



Figuur A.9: Effecten van nachtelijk vliegtuigeluid als functie van het jaargemiddelde equivalente geluidniveau binnen van vliegtuigeluid tussen 22 en 7 uur. Gegevens uit huidig onderzoek en vragenlijstonderzoek. Bij het vragenlijstonderzoek heeft correctiebetrekking op selectieve respons van respondenten.

Conclusie

De vergelijking tussen de uitkomsten van het huidige onderzoek en het vragenlijstonderzoek over de drie effectvariabelen ervaren gezondheid, aantal gezondheidsklachten, en aantal slaapklachten laat een goede overeenkomst zien. Omdat deze drie variabelen slechts een zwak verband vertonen met de nachtelijke geluidbelasting, is vergelijking van blootstelling-effectrelaties niet aan de orde. Aangezien in het huidige onderzoek en in het vragenlijstonderzoek geen identieke effectvariabelen met betrekking tot slaapverstoring zijn gebruikt, is ook de vergelijking van blootstelling-effectrelaties met deze effectvariabelen niet mogelijk.

A.5 Conclusie

In deze bijlage zijn op basis van een vergelijking van uitkomsten uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek de volgende conclusies getrokken:

- de leeftijden van deelnemers aan het huidige onderzoek en respondenten uit het vragenlijstonderzoek komen voldoende goed overeen om uit te sluiten dat het kleine verschil in leeftijdsopbouw van beide groepen relevante verschillen in blootstelling-effectrelaties en verdelingen van andere variabelen tot gevolg kan hebben;
- de tijden van slapen gaan en opstaan van de deelnemers aan het huidige onderzoek en de respondenten van het vragenlijstonderzoek verschillen niet zijn systematisch. De inslaap- en ontwaaktijden verkregen met behulp van de actigrammen sporen met de tijden van gaan slapen en opstaan uit de vragenlijst: men slaapt later in dan men gaat slapen en wordt eerder wakker dan men opstaat;
- tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid door deelnemers en non-respondenten uit het huidige onderzoek, en door respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek bestaan geen relevante verschillen;
- uit de vergelijking van de verdelingen van drie effectvariabelen (hinder door vliegtuiggeluid, de houding ten opzichte van de groei van Schiphol, bezorgdheid over het wonen bij een groot vliegveld) uit het huidige onderzoek met die uit het vragenlijstonderzoek komt naar voren dat de resultaten uit het huidige onderzoek liggen tussen die van respondenten en non-respondenten uit het vragenlijstonderzoek of met één van de beide resultaten zeer goed overeenkomen;
- de vergelijking tussen de uitkomsten van het huidige onderzoek en het vragenlijstonderzoek met betrekking tot de drie effectvariabelen ervaren gezondheid, aantal gezondheidsklachten, en aantal slaapklachten laat een goede overeenkomst zien;
- omdat de drie hiervoor genoemde variabelen vrijwel niet afhangen van de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting en omdat in het huidige onderzoek en in het vragenlijstonderzoek geen identieke effectvariabelen met betrekking tot slaapverstoring zijn gebruikt, is vergelijking van blootstelling-effectrelaties niet mogelijk.

Deze conclusies versterken de basis om met de uitkomsten uit het huidige onderzoek schattingen van de prevalentie van bepaalde effecten bij de studiepopulatie rond Schiphol uit te voeren.

Bijlage B Prevalentieschattingen

B.1 Inleiding

In deze bijlage zijn schattingen gegeven van de prevalenties van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid op de studiebevolking in de omgeving van Schiphol. In deze inleiding wordt allereerst kort de methode behandeld. In sectie B.2 zijn de resultaten gegeven, in sectie B.3 een bespreking van de resultaten en in sectie B.4 een conclusie. In sectie B.5 zijn de tabellen opgenomen.

Gehanteerde methode

Bij de schattingen is uitgegaan van gegevens over vliegtuiggeluid op het niveau van de 6 cijferige postcode. Het model waarop de prevalentieschattingen berusten die in deze bijlage zijn gepresenteerd gaat uit van de relatie tussen L_i en een effect, zoals uit dit onderzoek is afgeleid, en van de verdeling van L_i in de studiebevolking. Om een schatting te maken van de verdeling van L_i in de studiebevolking, is de volgende procedure gevolgd:

- Op basis van de slaaptijden van de deelnemers en de NLR gegevens over vliegtuiggeluid (equivalente geluidniveaus voor de perioden van 7 tot 23 uur, van 23 tot 6 uur, van 6 tot 7 uur), is voor de deelnemers het equivalente geluidniveau buiten door vliegtuiggeluid tijdens de slaaptijd bepaald (Lout);
- Vervolgens is op basis van de gegevens van de deelnemers het verband tussen L_i en Lout bepaald, inclusief de 95% betrouwbaarheidsintervallen (de range waarbinnen 95% van de individuele L_i waarden liggen);
- Nagegaan is van welke factoren de slaaptijden van de deelnemers afhangen. Dit zijn leeftijd en soort nacht (week- of weekendnacht (zie figuur 4)). De verdeling van de leeftijden van de bewoners van het studiegebied is ook bekend. Op basis van de verdeling van de slaaptijden van de deelnemers, en rekening houdend met de factoren die deze slaaptijd bepalen, zijn de slaaptijden van de volwassenen in het studiegebied rond Schiphol geschat. Daarbij is er van uitgegaan dat de ruim 4500 slaaptijden van de 418 deelnemers representatief zijn voor alle volwassenen in het studiegebied;
- Op basis van de NLR gegevens over vliegtuiggeluid in het studiegebied is met behulp van de slaaptijden van de volwassenen in het studiegebied voor elke volwassene Lout geschat;
- Vervolgens is met behulp van het verband tussen L_i en Lout de bijbehorende waarde van L_i geschat;
- Door het toepassen van de blootstelling-effectrelaties uit het onderzoek wordt op basis van de verdeling van L_i bij de volwassenen in het studiegebied het totale effect bepaald.

Effectvariabelen en afkappunten

Voor het schatten van de prevalentie van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid bij de studiebevolking van Schiphol zijn de effectvariabelen gebruikt die worden weergegeven in tabel B.1 van deze bijlage. Het betreft één variabele die met behulp van actimetrie is verkregen, één effectvariabele uit het indrukken van de marker tijdens de slaaperiode, één variabele uit het ochtendlog-

boekje, vier variabelen uit de vragenlijst, en drie geaggregeerde variabelen, die zijn verkregen uit de resultaten over de 11 nachten van deelnemers..

Allereerst is voor elke variabele een afkappunt gekozen. Vervolgens zijn er in de databestanden gedichotomiseerde variabelen aangemaakt door voor elke deelnemer of elke deelnemernacht te bepalen of het afkappunt is overschreden. Vervolgens zijn met behulp van logistische regressie-modellen blootstelling-effectrelaties afgeleid, waarbij de gedichotomiseerde variabele als effectvariabele is genomen, en waarbij tevens is nagegaan of leeftijd en kwadraat van de leeftijd samenhangen met de effectvariabelen. Het resultaat met betrekking tot leeftijd is eveneens in tabel B.1 opgenomen.

De keuze van de afkappunten wordt kort belicht in het onderstaande. Voor de meeste variabelen geldt dat niet uit ander onderzoek voor de hand liggende gebruikelijke afkappunten gekozen kunnen worden. Er is voor elk van de variabelen gezocht naar een afkappunt dat door 2,5 tot 12,5% van de waarden uit het deelnemersbestand niet wordt overschreden. In een aantal gevallen is er dan meer dan één afkappunt dat hieraan voldoet. In die gevallen is gekozen voor het afkappunt dat een relatie tussen de gedichotomiseerde variabele en vliegtuiggeluidbelasting oplevert met de kleinste deviance (-2loglikelihood).

Mspt (motorische onrust gedurende de slaaptijd) hangt samen met de leeftijd. Daarom is als functie van de leeftijd de waarde van *mspt* (gemiddeld over één slaaperperiode) bepaald, die wordt overschreden door 5% van niet aan vliegtuiggeluid blootgestelde personen. Voor elke deelnemer is vervolgens nagegaan of in een deelnemernacht de waarde van zijn/haar gemiddelde *mspt* hoger is dan het afkappunt behorend bij de leeftijd van de deelnemer. Verwacht moet dus worden dat per nacht ongeveer 5% van de personen uit een niet aan nachtelijk vliegtuiggeluid blootgestelde populatie het afkappunt overschrijden.

Nmark_3 is bepaald uit het aantal maal dat deelnemers de marker tijdens de slaaperperiode hebben ingedrukt als teken van tussentijds wakker zijn gedurende één slaaperperiode. *Nmark_3* is de kans dat een deelnemer per nacht tenminste drie maal op de marker drukt. Gemiddeld drukt de deelnemer 1,3 maal per nacht op de marker; in 9% van de nachten drukt de deelnemer tenminste drie maal per nacht op de marker

Wakvlieg is de kans dat een deelnemer zich 's ochtends herinnert minstens éénmaal gedurende de slaaperperiode wakker te zijn geworden van vliegtuiggeluid. (In 5% van de nachten rapporteert een deelnemer meer dan eens per nacht wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid.).

Voor *tussentijds ontwaken* uit de vragenlijst is als afkappunt genomen het al dan niet (bijna) elke nacht tussentijds wakker te worden door vliegtuiggeluid.

Met betrekking tot *hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid* is het gebruikelijke afkappunt voor ernstige hinder (tenminste een score 8 op een 11-puntsschaal van 0 - 10) gekozen.

Het afkappunt voor het *aantal effecten per week op de slaap door nachtelijk vliegtuiggeluid* (zoals *niet kunnen inslapen, tussentijds wakker worden, te vroeg wakker worden, niet goed uitgeslapen zijn*) (tenminste 11 effecten per week) is zo gekozen, dat er in een vrijwel niet aan nachtelijk vliegtuiggeluid blootgestelde populatie niet meer dan 2,5% van de personen is met het gekozen aantal effecten per week.

Het afkappunt voor het aantal gezondheidsklachten is gelegd bij tenminste 5 (van de 13 mogelijk-

ke) gezondheidsklachten.

Bij de eerste drie effecten gaat het om de uitkomsten over één nacht en bij de laatste vier effecten over personen. De eerste drie effecten zijn ook verder uitgewerkt naar personen. Dat is als volgt gedaan. Allereerst is voor elke deelnemer de som over 11 nachten bepaald van de gedichotomiseerde variabele, zoals n_{mark3} . Uit de verdeling van deze sommen is nagegaan welke waarde door ongeveer 10% van de deelnemers wordt overschreden. Dat ligt voor n_{mark3} bij een som van 7, dat wil zeggen ongeveer 10% van de deelnemers heeft meer dan 7 van de 11 nachten ten minste 3 maal op de marker gedrukt. Deze mensen zijn te omschrijven als personen met een zeer verbrokkelde slaap. Voor n_{mark3} is ten minste 7 maal op de marker drukken als afkappunt gekozen. Analoge procedures zijn gevolgd voor wakvlieg en mspt. Voor wakvlieg is het afkappunt 3 of meer nachten waarin de deelnemer zich herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid en voor mspt is het afkappunt 4 of meer nachten met een voor de leeftijd hoge motiliteit tijdens de slaap. De personen die boven het afkappunt scoren worden omschreven als respectievelijk personen met relatief veel herinnering aan wakker worden door vliegtuiggeluid en voor de leeftijd zeer onrustig slapende personen.

B.2 Resultaten

In de tabellen B.2 en B.3 zijn de resultaten met betrekking tot de prevalenties van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid gegeven.

Tabel B.2 geeft de prevalentie van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid bij twee populaties volwassenen: de volwassenen in het zogenoemde modelleringgebied van NLR rond de luchthaven Schiphol (van 55 bij 55 km), en de volwassenen in het gebied met een straal van 25 km rondom Schiphol. Het aantal personen in het eerste gebied is ruim 2,16 miljoen en in het tweede gebied ruim 1,8 miljoen.

In de eerste kolom van tabel B.2 zijn de effecten gegeven en in de volgende kolommen de prevalentie van een effect bij personen in het modelleringgebied van NLR als $L_i = 0$ dB(A) in het gebied zou zijn. De laatste vier kolommen geven het aantal en het percentage extra personen of persoonnachten waarin het effect optreedt.

Het gaat bij de eerste drie effecten om de uitkomsten over één nacht en bij de laatste vijf effecten over personen. Bijvoorbeeld, in één nacht zou 4,6% van de volwassenen een voor de leeftijd hoge motiliteit hebben, als $L_i = 0$ dB(A) voor het gehele modelleringgebied zou gelden. Het zou dan gaan om 99 000 personen per nacht. Houden we rekening met het nachtelijk vliegtuiggeluid dan gaat het gemiddeld om een nacht waarin $4,6 + 1,9 = 6,5\%$ (139 000) van de volwassenen met een voor de leeftijd hoge motiliteit.

Een voorbeeld over personen is het aantal personen met ernstige geluidhinder door nachtelijk vliegverkeer. Als L_i in het modelleringgebied gelijk zou zijn aan 0 dB(A), dan zouden ruim 77 000 personen in het gebied aangeven dat ze ernstig gehinderd zijn door nachtelijk vliegtuiggeluid. Houden we rekening met het nachtelijk vliegtuiggeluid, dan gaat het om $3,6 + 4,2 = 7,8\%$ (ruim 168 000) volwassenen in het modelleringgebied.

Tabel B.3 heeft dezelfde structuur als tabel B.2. In tabel B.3 zijn resultaten gepresenteerd waarbij onderscheid is gemaakt naar vliegtuiggeluidbelasting met een equivalente geluidniveau buiten over de periode van 23 tot 7 uur (Lbu23-07h) van tenminste 49 dB(A) (wellicht in de toekomst de grenswaarde voor nachtelijk vliegtuiggeluid op jaarbasis) en minder dan 49 dB(A). Uit bijlage A blijkt dat in het geval van de in het huidige onderzoek onderzochte locaties Lbi23-06h gemiddeld gelijk is aan Lbu23-07h – 24 dB(A). Lbu23-07h van 49 dB(A) is dus ongeveer Lbi23-06h van 25 dB(A). Deze waarde van Lbi23-06h is dus ongeveer gelijk aan de thans in Nederland gehanteerde grenswaarde van Lbi23-06h van 26 dB(A) voor nachtelijk vliegtuiggeluid.

In tabel B.4 zijn de resultaten van een gevoeligheidsanalyse opgenomen. Er is nagegaan wat het effect op de prevalentie van een hoge motiliteit is als de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting in het gehele modelleringgebied NLR verandert. Daarbij zijn twee situaties bekeken: alle Lbu23-07h waarden nemen met 3 dB(A) toe en alle Lbu23-07h waarden nemen met 3 dB(A) af. Dit is een grote variatie, omdat een toename van een equivalent geluidniveau met 3 dB(A) globaal overeenkomt met een verdubbeling van het aantal vliegtuigpassages en een afname met 3 dB(A) met een halvering van het aantal vliegtuigpassages. Het aantal personen met een hoge motiliteit vanwege vliegtuiggeluid varieert daarbij met ongeveer 25%.

B.3 Bespreking

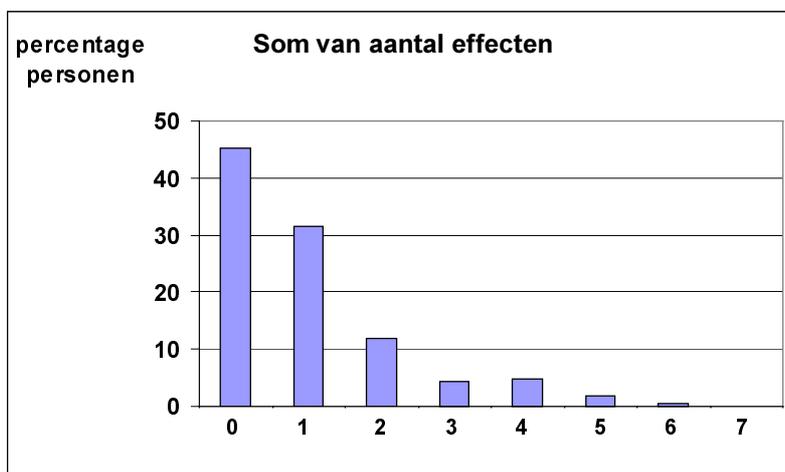
In de eerste twee kolommen van tabel B.2 zijn de prevalenties van een effect gegeven als Li gelijk aan 0 dB(A) wordt gekozen voor de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting in het modelleringgebied. Bij het bekijken van de resultaten moet er, afhankelijk van de keuze van een afkappunt, rekening mee worden gehouden dat ook bij populaties zonder nachtelijk vliegtuiggeluid elk van de genoemde uitkomsten vóórkomt (en de percentages dus hoger dan nul zijn). Zo is met betrekking tot hoge motiliteit het afkappunt zo gekozen, dat bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid de prevalentie van een voor de leeftijd hoge motiliteit ongeveer 5% is, hetgeen goed overeenkomt met het percentage van 4,6 in tabel B.2. Wat betreft de uitkomsten die betrekking hebben op een evaluatie van nachtelijk vliegtuiggeluid over langere termijn beperken mensen zich waarschijnlijk niet tot de slaaperperiode, maar speelt ook de geluidbelasting direct daarvoor en daarna een rol in de beoordeling van mensen. Verder is Li een gemiddelde over nachten. Daarom kan zelfs bij lage waarden van Li nog gedurende een aantal nachten in een jaar een relatief hoge vliegtuiggeluidbelasting tijdens de slaap optreden. Gaan we bijvoorbeeld uit van een vliegtuigpassage met (de in het onderzoek bepaalde gemiddelde) Lmax_i van 44 dB(A), dan zal als deze passage eens per week tijdens de slaaperperiode optreedt Li ongeveer 0 dB(A) zijn. Als gedurende een paar nachten per jaar er 10 van zulke passages zouden zijn en gedurende de rest van de slaaperperioden geen passages, dan is Li ook ongeveer 0 dB(A). Daarom kan bij een lage waarde van Li toch enig effect optreden dat samenhangt met vliegtuiggeluid.

Uit tabel B.3 blijkt dat het geschatte aantal personen en nachten met een effect door nachtelijk vliegtuiggeluid in het gebied met Lbu23-07h van ten minste 49 dB(A) slechts 2 tot 2,5% is van de aantallen met een Lbu23-07h lager dan 49 dB(A). Dat impliceert dat het grootste deel van de

effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid bij volwassenen in de wijde omtrek van Schiphol wordt aangetroffen. Ook betekent het dat geluidsisolerende maatregelen die getroffen worden om de mensen die in het gebied met de hoogste nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting wonen extra bescherming te bieden geen effect sorteert op 97 tot 98% van de bewoners van het studiegebied, die ook een bepaald effect door vliegtuiggeluid hebben.

Uit tabel B.2 blijkt dat de som van alle extra personen met een effect door vliegtuiggeluid 400 000 is. Dat impliceert niet dat 400 000 personen in het modelleringsgebied een effect hebben van nachtelijk vliegtuiggeluid, want de effecten hebben een onderling verband. In figuur B.1 is de associatie tussen de effecten voor de *deelnemers* aan het onderzoek in beeld gebracht. De figuur geeft het percentage deelnemers met een bepaald aantal effecten. De getallen zijn in de tabel naast de figuur opgenomen.

som van aantal effecten	percentage deelnemers
0	45,2
1	31,4
2	11,8
3	4,3
4	4,8
5	1,9
6	0,5
7	0,0



Figuur B1: Percentages deelnemers met een bepaald aantal effecten, die zijn genoemd in het onderste gedeelte van tabel B2. Het aantal is maximaal 7.

45% van de deelnemers heeft geen enkel en 31% één effect van vliegtuiggeluid dat boven het afkappunt uitkomt. Geen van de deelnemers scoort op alle zeven effecten. Dat 23% van de deelnemers twee of meer effecten heeft, geeft aan dat de afzonderlijke resultaten met elkaar in verband staan.

Voor populaties met een andere samenstelling wat betreft blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid geldt een andere verdeling van clustering van effecten. Zo is de nachtelijke vliegtuiggeluidbelasting van de deelnemers aanmerkelijk hoger dan die van de bewoners van het modelleringsgebied. Voor de populatie in het modelleringsgebied zou de verdeling uit figuur B1 sterk naar links verschoven zijn.

B.4 Conclusie

Op basis van deze schattingen zijn de volgende conclusies getrokken over de prevalentie van effecten van vliegtuiggeluid op volwassenen die in de wijde omtrek van Schiphol wonen:

- Het aantal personen met een voor de leeftijd grote motorische onrust gedurende *een nacht* is naar schatting bij bewoners (ruim 2 miljoen) in het modelleringsgebied rond Schiphol 40% hoger (van 100 000 tot 140 000 personen) dan bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid. Het aantal bewoners van het modelleringsgebied met een voor de leeftijd zeer onrustige slaap *over een langere tijd* is naar schatting door het nachtelijk vliegtuiggeluid verdubbeld (van 72 000 tot 144 000 personen). Deze schattingen berusten op metingen met actimeters;
- De toename door vliegtuiggeluid van het aantal bewoners uit het modelleringsgebied dat op een nacht tenminste drie maal op een marker zou drukken is naar schatting 45 000 (van 239 000 tot 284 000 personen). Het aantal personen dat zich 's morgens herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid ligt op 11 600. Het aantal volwassenen dat op een nacht sterke slaapmiddelen gebruikt is naar schatting bij bewoners in het modelleringsgebied rond Schiphol door vliegtuiggeluid een factor 1,5 hoger (van 7 700 tot 11 600) dan bij afwezigheid van nachtelijk vliegtuiggeluid;
- Over vier in de vragenlijst gerapporteerde effecten zijn prevalenties berekend. Het aantal personen in het modelleringsgebied dat (bijna) elke nacht wakker wordt van vliegtuiggeluid neemt door de blootstelling toe met 39 000, het aantal personen met ernstige hinder van nachtelijk vliegtuiggeluid met 91 000, het aantal personen met tenminste 11 (maximum mogelijke score 56) effecten op de slaap per week door vliegtuiggeluid met 57 500, en het aantal personen met tenminste vijf (maximum mogelijke score 13) gezondheidsklachten met 110 000;
- Het aantal volwassenen dat op langere termijn door vliegtuiggeluid een zeer verbrokkelde slaap heeft (ten minste 7 van de 11 nachten ten minste drie maal op de marker drukken) is ongeveer even groot als het aantal personen dat op veel nachten wakker wordt van vliegtuiggeluid, namelijk ongeveer 18 500;
- Uit tabel B.2 blijkt dat de som van alle extra personen met een effect door vliegtuiggeluid 400 000 is. Dat impliceert niet dat 400 000 personen in het modelleringsgebied een effect hebben van nachtelijk vliegtuiggeluid, want de effecten hebben een onderling verband;
- Er is ook nagegaan hoe zich het aantal extra gevallen in het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied verhoudt tot het extra aantal in het gehele modelleringsgebied. In het gebied binnen de zogenoemde 49 dB(A) buitencontour (ongeveer overeenkomend met de rode contour in figuur 1 van sectie 2.2 van dit rapport) treden slechts ongeveer 2 tot 2,5% van de effecten op. De resterende 97,5 tot 98% van de effecten wordt waargenomen bij personen die verder van Schiphol wonen.

B.5 Tabellen

Tabel B.1: Gegevens over de effecten

Effect	Afkomstig uit	Omschrijving	Leeftijd en leeftijd kwadraat een determinant in logistisch regressiemodel
Motiliteit (mspt)	Actigrammen	Kans op motiliteit hoger dan een leeftijdsafhankelijke grenswaarde. Deze grenswaarde wordt door 5% van niet aan vliegtuiggeluid blootgestelde personen juist niet overschreden	Leeftijd
Drie maal of vaker marker indrukken (nmark_3)	Indrukken marker tijdens slaap	Kans op een nacht met tenminste driemaal indrukken van de marker	Leeftijd en kwadraat leeftijd
Herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid (wakvlieg)	Ochtendlogboekje	Kans op een nacht dat men zich herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid	Leeftijd en kwadraat leeftijd
Gebruik slaapmiddelen	Logboekjes	Kans op een nacht dat men sterke slaapmiddelen gebruikt	Leeftijd
Tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid ((bijna) elke nacht) (d2b_1)	Vragenlijst	Kans op een deelnemer die tenminste éénmaal per week wakker wordt van vliegtuiggeluid	Leeftijd
Ernstige hinder nachtelijk vliegtuiggeluid (score ≥ 8) (d3b_8)	Vragenlijst	Kans op een deelnemer die ernstig gehinderd is door nachtelijk vliegtuiggeluid	Leeftijd
Tenminste elf effecten per week op de slaap door nachtelijk vliegtuiggeluid (vliegsom_11)	Vragenlijst	Kans op een deelnemer met tenminste 11 negatieve effecten op de slaap per week door vliegtuiggeluid heeft	Leeftijd
Tenminste vijf gezondheidsklachten, evaluatie over 24 uur (voeg_5)	Vragenlijst	Kans op een deelnemer die tenminste 6 gezondheidsklachten over de dagen en nachten heeft	Nee
mspt_3	Geaggregeerd	Kans op zeer onrustig slapende deelnemer	Nee
nmark3_7	Geaggregeerd	Kans op een deelnemer met zeer verbrokkelde slaap	Nee
wkvl_2	Geaggregeerd	Kans op een deelnemer met veel herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid	Nee

Tabel B.2: Schatting van de prevalentie van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelleringsgebied van NLR en in het gebied met een straal van 25 km rond Schiphol. Aantallen afgerond op honderdtallen. Het aantal personen (n) waarop de schattingen betrekking hebben tussen haakjes.

Effect	Modelleringsgebied NLR (55 bij 55 km) (n=2 166 139)				Gebied met straal van 25 km rondom Schiphol (n=1 811 719)	
	Fictief aantal als alle Li waarden op 0 dB(A) gezet worden	Percentage	Aantal extra gevallen	Percentage extra	Aantal extra gevallen	Percentage extra
	Personen per nacht		Personen per nacht		Personen per nacht	
Motiliteit (mspt)	99 000	4,6	40 000	1,9	36 000	2,0
3x of vaker marker indrukken (nmark_3)	239 000	11,0	45 000	2,1	40 000	2,2
Herinnerd ontwak en door vliegtuiggeluid (wakvlieg)	3 300	0,2	8 300	0,4	7 800	0,4
Kans op nacht met gebruik van slaap- middelen	7 700	0,4	3 900	0,2	3 500	0,2
	Personen		Personen		Personen	
Tussentijds ontwak en door vliegtuig- geluid ((bijna) elke nacht) (d2b_1)	18 800	0,9	38 700	1,8	35 800	2,0
Ernstige hinder nachtelijk vliegtuig- geluid (score \geq 8) (d3b_8)	77 300	3,6	91 100	4,2	83 100	4,6
Tenminste elf effecten per week op de slaap door nachtelijk vliegtuig- geluid (vliegsom_11)	40 200	1,9	57 500	2,7	52 700	2,9
Tenminste vijf gezondheidsklachten (voeg_5)	274 900	12,7	110 000	5,1	98 800	5,5
Voor de leeftijd zeer onrustige slapers (mspt_3)	71 800	3,3	71 740	3,3	65 300	3,6
Personen met zeer verbrokkelde slaap (nmark3_7)	172 600	8	18 590	0,9	16 600	0,9
Personen die vaak wakker worden van vliegtuiggeluid (wkv1_2)	3 700	0,2	18 400	0,8	17 600	1,0

*Tabel B.3: Schatting van de prevalentie van effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid in het modelle-
ringgebied rond Schiphol met een nachtelijke vliegtuiggeluid (Lbu23-07h) van tenminste
49 dB(A) en van minder dan 49 dB(A). Het aantal personen (n) waarop de schattingen
betrekking hebben tussen haakjes.*

Effect	Lbu23-07h \geq 49 dB(A) (n=13 084)		L2307 < 49 dB(A) (n=2 153 055)	
	Aantal extra geval- len	Extra percentage	Aantal extra gevallen	Extra percentage
	Personen per nacht		Personen per nacht	
Motiliteit (mspt)	740	5,7	40 000	1,8
Drie maal of vaker marker indrukken (nmark_3)	730	5,6	44 000	2,1
Herinnerd ontwaken door vliegtuiggeluid (wakvlieg)	390	3,0	8 200	0,4
Kans op nacht met gebruik van slaap- middelen	80	0,6	3 800	0,2
	Personen		Personen	
Tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid (bijna) elke nacht (d2b_1)	1 400	11,0	38 000	1,8
Ernstige hinder nachtelijk vliegtuig- geluid (score \geq 8) (d3b_8)	2 200	17,0	89 000	4,2
Tenminste elf effecten per week op de slaap door nachte- lijk vliegtuiggeluid (vliegsom_11)	1 650	12,6	56 000	2,6
Tenminste vijf gezondheidsklachten (voeg_5)	1 900	14,5	108 000	5
Voor de leeftijd zeer onrustige slapers (mspt_3)	1 700	12,8	71 000	3,3
Personen met zeer verbrokkelde slaap (nmark3_7)	290	2,2	18 000	0,9
Personen die vaak wakker worden van vliegtuiggeluid (wkv1_2)	1 400	10,6	18 000	0,8

Tabel B.4: Resultaten van de gevoeligheidsanalyse.

motiliteit	Extra aantal volwassenen in modelleringgebied NLR (55 bij 55 km) met hoge motiliteit	
	absoluut	verandering ten opzichte van tabel B.2
Schatting uit tabel B.2	40 500	
Lbu23-07h + 3 dB(A)	51 600	27,9%
Lbu23-07h - 3 dB(A)	30 700	-24,0%