

## Milieu en Leefomgeving

Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 15 269 68 02

F +31 15 276 36 21

[info-BenO@tno.nl](mailto:info-BenO@tno.nl)

## TNO-rapport

**TNO-034-DTM-2009-00871**

Ordering van alternatieven op basis van de mate van slaapverstoring door nachtelijk vliegtuiggeluid in de omgeving van Lelystad Airport, 2008

Datum	Maart 2009
Auteur(s)	H. Vos
Opdrachtgever	Adecs Airinfra bv
Projectnummer	84292

### Rubricering rapport

Titel

Samenvatting

Rapporttekst

Bijlagen

Aantal pagina's	17 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

## Samenvatting

Van vier verschillende alternatieven zijn voor drie alternatieven schattingen gemaakt van het aantal volwassenen met negatieve effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid rond Lelystad Airport. Bij één van de alternatieven was geen nachtverkeer en dit alternatief is in dit rapport buiten beschouwing gelaten. Onderzocht is wat de voorkeursvolgorde van deze alternatieven is, indien slaapverstoring het onderwerp van onderzoek is. Deze voorkeursvolgorde is voor alle onderzochte effecten van slaapverstoring dezelfde, namelijk alternatief 2, alternatief 4 en alternatief 3. Het effect dat ten gevolge van nachtelijk vliegtuiggeluid bij alle alternatieven het meest verwacht wordt is het (in een vragenlijst aangegeven) tenminste eens per week wakker worden door vliegtuiggeluid (*tussentijds ontwaken*), gevolgd door (in een vragenlijst aangegeven) erge hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid (*ernstige hinder*). De daarop volgende verwachte effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid zijn een toename van gezondheidsklachten (*gezondheid*) en zeer onrustig slapen (*onrustige slapers*). Dit laatste is bepaald met behulp van metingen met bewegingsmeters (actimetrie). Het effect dat het minst door nachtelijk vliegtuiggeluid verwacht wordt is een verhoogde kans op het gebruik van slaapmiddelen (*slaapmiddelen*). De schattingen voor de overige beschouwde effecten liggen hier tussenin. Deze volgorde is dezelfde binnen de meeste alternatieven. Alternatief 2 levert de laagste schattingen op voor volwassenen met een effect door nachtelijk vliegtuiggeluid en alternatief 3, het planalternatief, levert de hoogste schattingen op voor volwassenen met zo'n effect. Het meest milieuvriendelijke alternatief zorgt ten opzichte van het planalternatief voor een gemiddelde verwachte afname van 2% van de slaapgerelateerde klachten. De volgorde van de alternatieven verandert niet bij toepassing van hogere ondergrenzen dan 20 dB(A), noch bij toepassing van een andere dosis-effectrelatie. De schattingen van het aantal slaapverstoorde volwassenen bij de minimum variant van het planalternatief liggen gemiddeld 18% hoger dan het planalternatief, bij de maximum variant is dit 13% lager: variant 3a voor de ligging van de geluidcontouren is voor slaapverstoring het minst en variant 3b het meest gunstig.

## Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting .....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>4</b>
1.1	Leeswijzer .....	4
1.2	Achtergrond.....	4
1.3	Wat is slaap en hoe wordt slaapverstoring door geluid gemeten?.....	5
1.4	Gevolgen van slaapverstoring op de langere termijn .....	5
1.5	Effectmaten afgeleid uit het Schipholonderzoek.....	6
1.6	Geluidmaten .....	7
1.7	Toepasbaarheid van de relaties tussen blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid en effecten op bewoners rond Lelystad Airport.....	7
1.8	Leeftijdsverdeling.....	8
<b>2</b>	<b>Berekeningen .....</b>	<b>9</b>
2.1	Gegevens .....	9
2.2	Uitkomsten .....	9
2.3	Onzekerheden in de berekening van de geluidcontouren .....	9
2.4	Rangorde van de alternatieven bij verschillende ondergrenswaarden.....	10
2.5	Rangorde van de alternatieven bij gebruik andere dosis-effectrelatie.....	11
<b>3</b>	<b>Bespreking resultaten en conclusie .....</b>	<b>12</b>
3.1	Prevalenties van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid.....	12
3.2	Vergelijking van prevalenties tussen twee alternatieven.....	12
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A BIJLAGE	
A.1	Figuren .....	14
A.2	Tabellen.....	15
A.3	Gezondheidsvragenlijst .....	17

# 1 Inleiding

## 1.1 Leeswijzer

Dit rapport bevat de resultaten van schattingen van het aantal volwassenen met effecten door nachtelijk vliegtuigeluid rond de luchthaven Lelystad Airport volgens een aantal hieronder omschreven alternatieven. In paragraaf 1.2 worden de alternatieven beschreven, in paragrafen 1.3 t/m 1.5 wordt ingegaan op hoe slaapverstoring wordt gemeten en wat de effecten op de korte en langere termijn kunnen zijn, in paragraaf 1.6 wordt nader ingegaan op de geluidbelasting en de vraag in hoeverre de relaties van het eerder uitgevoerde onderzoek rond Schiphol Airport kunnen worden toegepast op de situatie rond Lelystad Airport en in paragraaf 1.7 wordt uitgelegd waarom de leeftijdsverdeling van belang is. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de berekeningen, worden gevoeligheidsanalyses met betrekking tot de afbakening van het onderzoeksgebied en de gehanteerde dosis-effectrelatie gepresenteerd. In hoofdstuk 3 tenslotte worden de resultaten besproken.

## 1.2 Achtergrond

ADECS Airinfra heeft TNO Bouw en Ondergrond opdracht verleend om op basis van de resultaten uit het slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol (Passchier-Vermeer et al. 2002b) de verandering van prevalentie van een aantal effecten door nachtelijk vliegtuigeluid te schatten. De alternatieven werden geleverd door Lelystad Airport. Als basis voor de berekeningen heeft ADECS Airinfra voor elk alternatief het aantal personen binnen de contour van  $L_{\text{night}} = 20$  dB(A) in stappen van 2,5 dB(A) geleverd. Omdat de dosis-effectrelaties rond Schiphol zijn afgeleid voor personen van 18 jaar en ouder moet het aantal personen worden omgerekend naar het aantal volwassenen. Het aantal volwassenen behorend bij de alternatieven is vermeld in tabel B2. Alternatief 1 heeft geen nachtelijk verkeer en zal in dit rapport verder buiten beschouwing worden gelaten. In totaal zijn er drie verschillende alternatieven in de analyse betrokken.

**Tabel 1:** De alternatieven

1	Het aanwijzingsalternatief van 1991 (dus alleen BKL verkeer en geen verkeer in de $L_{\text{night}}$ periode). Omdat er bij dit alternatief geen nachtverkeer is, is dit alternatief in dit rapport buiten beschouwing gebleven
2	De "huidige" situatie, komt overeen met aanwijzing 2001 (dus alternatief 1 + Ke verkeer)
3	Het planalternatief 2008, bevat andere aantallen bewegingen en iets gewijzigde routes ten opzichte van het planalternatief.
4	Het meest milieuvriendelijke alternatief (mma) 2008. In dit alternatief zijn er afwijkende routes (Ke: starts 05 richting Biddinghuizen draaien eerder af, BKL: de route voor klein verkeer in westelijke richting langs de A6 (Whisky route) is verdwenen). Tevens zijn de BKL aantallen verlaagd.

Een volledige beschrijving van de alternatieven kan gevonden worden in de richtlijnen voor het MER (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008).

### 1.3 Wat is slaap en hoe wordt slaapverstoring door geluid gemeten?

Slaap is een periodiek optredende toestand van schijnbare inactiviteit, waarbij het organisme een veranderde reactiviteit vertoont op prikkels uit de omgeving. De slaap moet niet gezien worden als louter de afwezigheid van de waaktoestand, maar als een cyclisch verlopend, actief neuro-fysiologisch proces. Door te slapen herstellen mensen lichamelijk en geestelijk van hun inspanningen. Ook verwerken we zo ongemerkt de informatie die ze gedurende de dag opgedaan hebben. Verder is slapen ook plezierig. 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 bloeddruk tijdelijk verhogen, het niveau van stresshormonen in het bloed verhogen, en de motorische onrust vergroten. Een meer extreme reactie op een geluid is ontwaken. De fysiologische reacties op een geluid tijdens de slaap kunnen op diverse manieren worden gemeten. De gangbare methoden om 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, 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. Actimetrie wordt uitgevoerd met een apparaatje dat er uitziet als een horloge zonder uurwerk, en dat meestal om de pols gedragen wordt. Een actimeter detecteert bewegingen (motorische activiteit, motiliteit) in kleine intervallen (bijvoorbeeld 15 seconden). Als er een vliegtuig of een voertuig passeert terwijl men slaapt neemt de kans op motiliteit toe. Ook neemt de gemiddelde motiliteit (motorische onrust) gedurende de slaap toe met het totaal aan geluiden afkomstig van een bepaalde geluidbron, zoals vliegverkeer gedurende de nacht. Naast het meten tijdens de slaap maakt men in onderzoek ook gebruik van logboekjes, waarin mensen 's morgens en 's avonds hun bevindingen noteren, zoals een beoordeling van de kwaliteit van hun slaap, de moeite met inslapen, vermoeidheid/ slaperigheid overdag. Om op langere termijn effecten van slaapverstoring te meten wordt gebruik gemaakt van vragenlijsten, die deelnemers aan een slaaponderzoek invullen. De gemiddelde motiliteit tijdens de slaap heeft een sterke samenhang met een aantal aspecten van de slaap waar in logboekjes en vragenlijsten naar gevraagd wordt, zoals het aantal maal dat men zich de volgende ochtend herinnert wakker te zijn geweest gedurende de slaaptijd, aantal maal ontwaken door geluid van een bepaalde bron, zoals passerende vliegtuigen, met medicijn- en slaapmiddelengebruik, slaapkwaliteit, aantal slaapklachten, en aantal gezondheidsklachten en met het aantal maal dat men door het indrukken van een knopje (marker) tijdens de slaaptijd registreert wakker te zijn.

### 1.4 Gevolgen van slaapverstoring op de langere termijn

Biologische reacties op nachtelijk geluid kunnen op de lange duur, na herhaalde blootstelling, en onder bepaalde omstandigheden, gevolgen hebben voor gezondheid en welbevinden. In het in 2004 door de Gezondheidsraad gepubliceerde rapport "Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid" (Gezondheidsraad, 2004) worden door de commissie vijf categorieën gevolgen onderscheiden:

- Verminderde slaapkwaliteit
- Verminderd algemeen welbevinden
- Invloed op sociaal gedrag en verminderde concentratie op de dag
- Bepaalde aandoeningen
- Verlies van levensjaren (voortijdige sterfte).

Verminderde slaapkwaliteit blijkt uit verminderde zelfgerapporteerde slaapkwaliteit, moeite met inslapen en doorslapen, vaker wakker worden, verkorte slaaptijd, en verhoogde motorische onrust tijdens de slaap. Dat het algemeen welbevinden door nachtelijk geluid vermindert, is afgeleid uit zelfgerapporteerde slaapverstoring en zelfgerapporteerde gezondheidsklachten, gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen, en verslechtering van de stemming overdag. Het gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen is vooral bij ouderen onder invloed van nachtelijk geluid verhoogd.

De aandoeningen die mogelijk met blootstelling aan nachtelijk geluid samenhangen, zijn slapeloosheid, hoge bloeddruk, hartziekten en depressies, laatstgenoemde vooral bij vrouwen. Voor slapeloosheid acht de commissie voldoende bewijs aanwezig, voor de drie laatstgenoemde aandoeningen beperkt indirect bewijs. Dat laatste geldt ook voor een verhoogde kans op fatale ongevallen tijdens het werk door slaapproblemen en slapeloosheid die het gevolg zijn van nachtelijk geluid.

### 1.5 Effectmaten afgeleid uit het Schipholonderzoek

Er zijn verschillende effecten die kunnen optreden. Zo zijn er effecten per nacht, die meestal geleidelijk zullen verdwijnen in de loop van de volgende dag, en er zijn effecten die bij langdurige verstoring van de slaap langere termijn gevolgen kunnen opleveren. De effectmaten die zijn bepaald in het Schipholonderzoek en die nu worden toegepast op Lelystad Airport zijn:

#### *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 de slaap (*motorische onrust*);
- Het aantal volwassenen dat tenminste drie maal tijdens hun slaaperiode tussentijds wakker is, waarbij het wakker zijn is aangegeven door op een knopje (marker) te drukken (*gedragmatig ontwaken*);
- Het aantal volwassenen dat zich 's ochtends herinnert minstens eenmaal gedurende de slaaperiode wakker te zijn geworden van vliegtuiggeluid (*herinnerd ontwaken*);
- Het aantal volwassenen dat een slaapmiddel gebruikt (*slaapmiddelen*).

#### *Effecten op langere termijn*

Met betrekking tot het optreden van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid op langere termijn zijn schattingen gemaakt voor:

- Het aantal volwassenen dat in een vragenlijst zou aangeven tenminste eens per week tussentijds te ontwaken door vliegtuiggeluid (*tussentijds ontwaken*);
- Het aantal volwassenen met ernstige hinder door vliegtuiggeluid in de slaapkamer (tenminste een score 8 op een 11-puntsschaal van 0 - 10) (*ernstige hinder*);
- Het aantal volwassenen met tenminste elf gerapporteerde gevolgen op de slaap per week door nachtelijk vliegtuiggeluid (zie bijlage, maximum score is 56) (*elf gevolgen*);
- Het aantal volwassenen dat in een vragenlijst zou aangeven tenminste vijf gezondheidsklachten te hebben (zie bijlage, maximum score is 13) (*gezondheid*);
- Het aantal volwassenen met een voor de leeftijd onrustige slaap (25% of meer van de nachten een voor de leeftijd grote motorische onrust) (*onrustige slaper*);
- Het aantal volwassenen met een sterk verbrokkelde slaap (twee derde of meer van de nachten tenminste drie maal op de marker drukken) (*verbrokkelde slaap*);
- Het aantal volwassenen dat zich vaak herinnert tussentijds wakker te zijn geworden door vliegtuiggeluid (25% of meer van de nachten een dergelijke herinnering) (*vaak wakker*).

## 1.6 Geluidmaten

De maat die voor de geluidbelasting in de woonomgeving veel gebruikt wordt is het zogenoemde equivalente geluidniveau over een bepaalde periode. Dit geluidniveau over een bepaalde periode  $T$  ( $L_{Aeq,T}$ ) is een soort gemiddeld niveau over die periode, waarbij hoge niveaus veel zwaarder meetellen dan de lagere niveaus<sup>1</sup>. Het equivalente geluidniveau is een zogenoemde logaritmische maat. Dat houdt bijvoorbeeld in dat als er ergens twee bronnen over een periode  $T$  een constant geluidniveau van elk -zeg 60 dB(A)- maken, het totale geluidniveau 63 dB(A) is en niet 120 dB(A). Ook is het zo, dat als de ene helft van een periode het geluidniveau 20 dB(A) is en de andere helft 60 dB(A), het equivalente geluidniveau over de hele periode 57 dB(A) is, en niet 40 dB(A). De maten die voor de geluidbelasting van een individuele overvlucht van een vliegtuig of een passage van een voertuig (auto, trein) vaak gebruikt worden zijn het maximum geluidniveau ( $L_{max}$ ) tijdens de passage en SEL (sound exposure level), een geluidmaat die volgens de rekenregels van het equivalente geluidniveau wordt berekend<sup>2</sup>. Twee gelijktijdige passages met elk een SEL van 60dB(A) geven een gezamenlijke SEL van 63 dB(A). Als er gedurende een tijd  $T$   $N$  passages met dezelfde SEL optreden is  $L_{Aeq,T}$  gelijk aan  $SEL + 10 \cdot \lg(N/T)$ . Voor de langtijdige nachtelijke geluidbelasting in de woonomgeving is  $L_{night}$  gekozen. Dat is het jaargemiddelde equivalente geluidniveau over de periode van 23:00 uur tot 07:00 uur.

## 1.7 Toepasbaarheid van de relaties tussen blootstelling aan nachtelijk vliegtuigeluid en effecten op bewoners rond Lelystad Airport

De gebruikte relaties tussen de nachtelijke geluidbelasting ( $L_{night}$ ) en een aan slaap gerelateerd effect zijn afgeleid in het slaapverstoringsonderzoek in de omgeving van Schiphol (zie onder meer Passchier-Vermeer et al., 2001,a,b,2002,a,b). Eerder werden de resultaten van dit onderzoek gebruikt voor het schatten van het optreden van effecten door nachtelijk vliegtuigeluid rond Rotterdam Airport en Eindhoven Airport. Deze schattingen, die betrekking hebben op elf effecten zijn uitvoerig behandeld in Passchier-Vermeer et al., 2002b en Vos en Passchier-Vermeer, 2006. Het betreft nadelige effecten op aspecten van de slaap die optreden bij een populatie die langere tijd aan vliegtuigeluid is blootgesteld. De effecten worden hieronder beschreven in de sectie 'effectmaten'. In de sectie 'geluidmaten' wordt een korte beschrijving gegeven van de maten die worden gebruikt om de geluidbelasting in de woonomgeving te karakteriseren. Voor de nachtelijke geluidbelasting aan vliegtuigeluid wordt de internationaal gestandaardiseerde  $L_{night}$  gebruikt. Dit is de jaargemiddelde geluidbelasting tussen 23:00 uur en 07:00 uur. Bij het gebruik van de relaties, zoals afgeleid in het onderzoek rond Schiphol Airport voor het schatten van effecten onder de bewoners uit de omgeving van Lelystad Airport met enige voorzichtigheid betracht worden. Het zou immers zo kunnen zijn dat bij dezelfde waarde van  $L_{night}$  de geluidbelastingen in de randen van de nacht (vóór 23:00 uur en na 07:00 uur, perioden die door een deel van de volwassenen ook gebruikt worden om te slapen) in de omgeving van Schiphol en van Lelystad Airport te veel van elkaar verschillen zodat de effecten meer of minder vaak zouden optreden. Een ander verschil is de samenstelling van het nachtelijk verkeer rond Schiphol en Lelystad Airport. Van Lelystad Airport kunnen gezien de baanlengte alleen vliegtuigen gebruik maken die kleiner of gelijk zijn aan een Boeing 737. Van Schiphol maken echter grotere en dus zwaardere vliegtuigen gebruik zoals de Boeing 747 en de DC10, die een andere geluidproductie hebben. Omdat de gegevens betreffende de randen van de nacht voor Lelystad Airport ontbreken, en het effect van de vlootsamenstelling niet in het Slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol is betrokken, kan dit in het onderhavige rapport niet onderzocht worden. Het toepassen van de relaties zoals die gevonden zijn in het onderzoek

<sup>1</sup> In formule:  $L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg[1/T \cdot \int (10^{L(t)/10}) dt]$

<sup>2</sup> In formule:  $SEL = 10 \cdot \lg(\int 10^{L(t)/10} dt)$

rond Schiphol zijn dus de best bruikbare methode voor het schatten van de effecten van nachtelijk vliegtuigeluid op de slaap rond Lelystad Airport.

### 1.8 Leeftijdsverdeling

Bij de in dit rapport gebruikte dosis-effectrelaties (Passchier-Vermeer et al., 2001,a,b,2002,a,b). zijn leeftijdseffecten betrokken. Bij de berekeningen in het onderhavige rapport is er van uitgegaan dat de leeftijdsverdeling van de bewoners in de omgeving van Lelystad Airport overeenkomt met het landelijk gemiddelde ten tijde van het slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol . Om dit na te gaan zijn de gegevens van de gemeenten Lelystad, Dronten en Zeewolde gebruikt. Per 01-01-2002 (landelijk) en 01-01-2007 (Flevoland) was de procentuele verdeling van het aantal volwassenen naar leeftijdsgroep als volgt (CBS, 2002, 2007):

**Tabel 2:** Verdeling van leeftijdsgroepen, volwassen 2002 en 2007

Leeftijdsklasse in jaren	Percentage landelijk 2002	Percentage Flevoland (Lelystad, Dronten, Zeewolde) 2007
< 25	12	12
25-34	19	16
35-44	20	22
45-54	18	20
55-64	13	16
65-74	10	8
>= 75	8	6

De verdeling van de leeftijdsgroepen week in Flevoland voor het jaar 2007 niet statistisch significant af van de landelijke verdeling in 2002 ( $\chi^2 = 1,28$ ,  $df=6$ ,  $p=0,973$ ). Uit de gegevens van het CBS over de leeftijdsopbouw in Flevoland is berekend dat het percentage volwassenen voor het totaal van de gemeenten Lelystad, Dronten en Zeewolde in 2007 75.5% bedroeg.



## 2 Berekeningen

### 2.1 Gegevens

Op basis van de door ADECS Airinfra geleverde tellingen van personen per nachtelijke geluidbelastingklasse en toepassing van de vermenigvuldigingsfactor 0,755 (van personen naar volwassenen) is een schatting gemaakt van het aantal volwassenen binnen elke belastingklasse voor elk genoemd alternatief. De resultaten zijn vermeld in tabel B1 en B2 (tabellen en figuren beginnend met de letter B staan in de bijlage). Uit tabel B2 kan worden afgeleid dat de alternatieven sterk verschillen met betrekking tot het aantal blootgestelde volwassenen. Alternatief 2 (Aanwijzing 2001) omvat veel minder blootgestelde volwassenen dan de twee overige alternatieven, die beide ongeveer 20000 blootgestelde volwassenen omvatten. Omdat het totaal aantal blootgestelde volwassenen per alternatief sterk verschilt is het niet zinvol om verschillen tussen enerzijds alternatief 2 en anderzijds alternatieven 3 en 4 in percentages van elkaar uit te drukken. Indien er in dit rapport relatieve verschillen worden gegeven, dan hebben die uitsluitend betrekking op alternatieven 3 (planalternatief) en 4 (meest milieuvriendelijke alternatief), waarbij het planalternatief de percenteerbasis is.

### 2.2 Uitkomsten

In tabel B3 is voor de elf effecten het verwachte aantal volwassenen met een effect door vliegtuiglawaaai gegeven. In deze tabel worden de resultaten weergegeven van de schattingen van de aantallen volwassenen met een effect, die op basis van  $L_{\text{night}}$  verwacht kunnen worden. In de kolommen staan de alternatieven, gesorteerd op de voor de meeste effecten vaakst voorkomende volgorde van aantal volwassenen per alternatief. Hoewel deze volgorde niet voor alle elf effecten dezelfde hoeft te zijn, geeft het sorteren een goed inzicht in de verschillen tussen de alternatieven. De effecten zijn op hun beurt gesorteerd naar de mate van voorkomen per effect. De alternatieven en de effecten staan ook hier gesorteerd op mate van voorkomen. De figuur gebaseerd op tabel B3 is opgenomen in de bijlage (figuur B1). De resultaten worden besproken in hoofdstuk 3.

### 2.3 Onzekerheden in de berekening van de geluidcontouren.

Omdat er onzekerheden bestaan in het vaststellen van de geluidcontouren is door ADECS berekend tussen welke grenzen de contour van alternatief 3 kan liggen. Zodoende zijn voor deze twee varianten opnieuw de schattingen voor de effecten op slaapverstoring berekend.

Voor de nauwkeurigheid van het rekenen met modellen voor het bepalen van de geluidcontouren zijn er grofweg twee “typen” aannamen, modelaannamen en scenario (of alternatief) aannamen van belang. De modelaannamen betreffen aannamen die nodig zijn om de werkelijkheid te vereenvoudigen. De scenarioaannamen betreffen getalsmatige aannamen, die de uitkomst van alternatiefberekeningen beïnvloeden. Met rekenmodellen wordt getracht de werkelijke situatie te simuleren. Omdat de werkelijkheid veelal te complex is om volledig na te kunnen bootsen met een model, is het nodig het een en ander te vereenvoudigen. Door de vereenvoudigingen ontstaan verschillen met de werkelijkheid, ofwel onnauwkeurigheden, deze zijn echter (zeker bij toekomstberekeningen) relatief klein ten opzichte van de scenario-aannamen. De scenario-aannamen voor luchtvaartgeluidberekeningen betreffen de getalsmatige inschattingen van het te berekenen alternatief met betrekking tot het verkeer (aantal bewegingen, vliegprocedures en afstandsklassen) en de verdeling van het verkeer (baangebruik, routegebruik, verdeling over typen, verdeling over het etmaal). Hoewel de parameters die invloed hebben op de verdeling van het verkeer wel invloed hebben op de uitkomst, zullen variaties niet eenduidig tot grotere of kleinere

contouren leiden, echter tot contouren met een andere vorm. De parameters die invloed op het verkeer hebben, leiden wel tot grotere of kleinere contouren. Met de rekenmodellen zijn aan de hand van inschattingen in de variatie in baan en routegebruik, variatie in de vlootsamenstelling en aantallen schattingen gemaakt van een maximum en een minimum variant van het planalternatief. Zo zijn voor alternatief twee varianten uitgerekend. De varianten worden door ADECS benoemd als 'best-case' (3a) en 'worst-case' (3b). De aantallen personen en volwassenen die binnen deze contouren vallen staan vermeld in respectievelijk tabel B1 en B2. Binnen de best-case variant vallen meer personen dan de worst case variant.

Voor alternatief 3, zijn voor de varianten 3a en 3b de effecten uitgerekend. Voor  $L_{\text{night}}$  leidt dit tot de volgende schattingen:

**Tabel 3:** Resultaten voor varianten 3a en 3b van alternatief 3:

	alternatief 3	3a	3b	3a%	3b%
vaak wakker	1028	1221	895	18.8	-12.9
herinnerd ontwaken	764	907	665	18.7	-13.0
elf gevolgen	579	689	503	19.0	-13.1
onrustige slapers	294	348	257	18.4	-12.6
ernstige hinder	218	260	190	19.3	-12.8
tussentijds ontwaken	179	209	158	16.8	-11.7
slaapmiddelen	147	173	129	17.7	-12.2
motorische onrust	115	136	100	18.3	-13.0
gedragmatig ontwaken	98	116	85	18.4	-13.3
gezondheid	80	95	70	18.8	-12.5
verbrokkelde slaap	52	62	45	19.2	-13.5

Variant 3a leidt globaal tot 18% meer en variant 3b tot globaal 13% minder gehinderden. Uit bovenstaande resultaten kan worden opgemaakt dat variant 3a voor de verwachte slaapverstoring minder gunstig is dan variant 3b. Naast onzekerheden in de contouren bestaan er ook nog onzekerheidsmarges op de dosis-effect relaties. Omdat deze onzekerheidsmarges bij het vaststellen van de dosis-effect relaties niet zijn bepaald kan in het onderhavige rapport geen inschatting van de betrouwbaarheidsintervallen van de dosis-effect relaties worden gegeven.

#### 2.4 Rangorde van de alternatieven bij verschillende ondergrenswaarden

Begin 2008 heeft het RIVM de bruikbaarheid van de door TNO gehanteerde methodiek beoordeeld (Houthuijs, 2008). Een aanbeveling van het RIVM was te onderzoeken hoe de volgorde van de alternatieven verandert indien andere (hogere) ondergrenswaarden dan 20 dB(A) gebruikt worden. Dit is onderzocht door de ondergrenswaarden van in het gebied van 20-30 dB(A) telkens met 2.5 dB(A) te verhogen en te onderzoeken of de volgorde van de alternatieven verandert indien de ondergrens verandert. Er zijn geen verschillen geconstateerd in de volgorde bij toepassing van verschillende grenswaarden. De tabel is in de bijlage opgenomen. In tabel 4 zijn de resultaten van deze berekeningen samengevat voor ondergrenswaarden van 20 t/m 30 dB(A). In de eerste kolom staan de ondergrenswaarden, in de volgende kolommen staan de alternatieven, gesorteerd op mate van slaapverstoring.

## 2.5 Rangorde van de alternatieven bij gebruik andere dosis-effectrelatie

Een ander punt aangevoerd door het RIVM was te onderzoeken in hoeverre de volgorde van de alternatieven verandert indien gebruik wordt gemaakt van een andere dosis-effectrelatie dan die op basis van de effecten bij het slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol. Hoewel het voor de hand had gelegen de relatie voor slaapverstoring zoals die wordt gehanteerd in de EU (Miedema et al., 2002) te gebruiken, is deze relatie niet bruikbaar indien  $L_{\text{night}}$  minder dan 40dB(A) bedraagt. Dit komt omdat de relatie bestaat uit een polynome benadering, die de eigenschap heeft buiten de gefitte range weer te stijgen. Een dosis-effectrelatie, die deze beperkingen niet heeft is de relatie zoals die door Breugelmans et al. is bepaald in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (beschreven in MNP, 2005). Dit onderzoek is gebaseerd op blootstellingsmaten tussen de 29 en 57 dB(A). De onderzoekers stellen dat extrapolatie naar hogere en lagere niveaus mogelijk is, maar merken op dat extrapolatie niet door de onderzoeksresultaten wordt ondersteund. In het onderhavige onderzoek is in overleg met de opdrachtgever gekozen voor het gebruik van laatstgenoemde dosis-effectrelatie. Wanneer deze relatie wordt toegepast op de situatie rond Lelystad en samen met de resultaten voor het effect 'ernstige hinder' uit het Slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol wordt samengevat ontstaat tabel B4 in de bijlage. Uit deze tabel kan worden opgemaakt dat de schattingen gebaseerd op de dosis-effectrelatie uit het MNP rapport lager uitvallen dan het geschatte aantal dat met de relatie van Passchier-Vermeer wordt gevonden. Het ligt niet voor de hand dat beide dosis-effectrelaties zonder meer vergelijkbaar zijn. Zo is er bijvoorbeeld sprake van een andere vraagstelling en een andere samenstelling van de steekproef. De rangorde van de alternatieven is dezelfde voor beide dosis-effectrelaties.

## 3 Bespreking resultaten en conclusie

### 3.1 Prevalenties van effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid

Voor het afwegen van de gevolgen van nachtelijk vliegtuiggeluid op bewoners in de omgeving van Lelystad Airport zijn de prevalenties weergegeven in figuur B1 en tabel B3. De voorkeursvolgorde is voor alle onderzochte effecten van slaapverstoring dezelfde, namelijk alternatief 2 (voor slaapverstoring het gunstigst), daarop volgend alternatief 4 en tenslotte alternatief 3 (voor slaapverstoring het ongunstigst). Uit figuur B1 blijkt dat het effect ten gevolge van nachtelijk vliegtuiggeluid dat bij alle alternatieven het meest wordt verwacht is (in een vragenlijst aangeven) tenminste eens per week wakker worden door vliegtuiggeluid (*tussentijds ontwaken*), gevolgd door erge hinder door nachtelijk vliegtuiggeluid (*ernstige hinder*). De daarop volgende effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid zijn aantal gezondheidsklachten (*gezondheid*) en zeer onrustig slapen (*onrustige slapers*). Dit laatste is bepaald met behulp van metingen met bewegingsmeters (actimetrie). Het effect dat het minst door nachtelijk vliegtuiggeluid voorkomt is het gebruik van slaapmiddelen (*slaapmiddelen*). De schattingen voor de overige effecten liggen hier tussenin. Deze volgorde is dezelfde binnen de meeste alternatieven.

### 3.2 Vergelijking van prevalenties tussen twee alternatieven

Uit tabel B3 kan worden opgemaakt dat bij het meest milieuvriendelijke alternatief gemiddeld over alle effecten 1,8% minder slaapverstoorde volwassenen verwacht worden dan bij het planalternatief.

## REFERENTIES

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). STATLINE 2009. Voorburg/Heerlen.

Gezondheidsraad (2004) Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid  
<http://www.gr.nl/pdf.php?ID=889&p=1>

Houthuijs D. (2008) Verificatie methodiek MER Rotterdam Airport. Bilthoven, RIVM.

Miedema HME, Passchier-Vermeer W, Vos H (2002). Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance, TNO-INRO. Delft.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008) Ontwikkeling Luchtvaartterrein Lelystad Richtlijnen voor het MER  
[http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Richtlijnen%20MER%20Ontwikkeling%20Luchtvaartterrein%20Lelystad\\_tcm281-239838\\_tcm195-240322.pdf](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Richtlijnen%20MER%20Ontwikkeling%20Luchtvaartterrein%20Lelystad_tcm281-239838_tcm195-240322.pdf)

MNP( 2005) Het milieu rond Schiphol, 1990-2010. Feiten & cijfers. Milieu en Natuurplanbureau. Bilthoven. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500047001.pdf>

Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM, Van der Ploeg FD, Groothuis-Oudshoorn K. (2002a). Sleep disturbance and aircraft noise; exposure-effect relationships. Leiden, TNO-PG. Rapport 2002.027.

Passchier-Vermeer W, Miedema HME, Vos H, Steenbekkers JHM, Houthuijs D, Reijneveld SA. (2002b). Slaapverstoring en vliegtuiggeluid. Delft, TNO Inro, Rapport 2002.028, Bilthoven, RIVM rapportnummer 441520019, 2002. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/441520019.pdf>

Passchier-Vermeer W (2003a). Schatting toename prevalentie van effecten door vliegtuiggeluid bij verruiming openingstijden Rotterdam Airport. TNO-INRO rapport 2003-39, Delft.

Passchier-Vermeer W (2003b). Night-time noise events and awakening. TNO-INRO. Delft  
Working Group on Health and Socio-Economic Aspects (2004) Position paper on dose-effect relationships for night-time noise. Brussel.

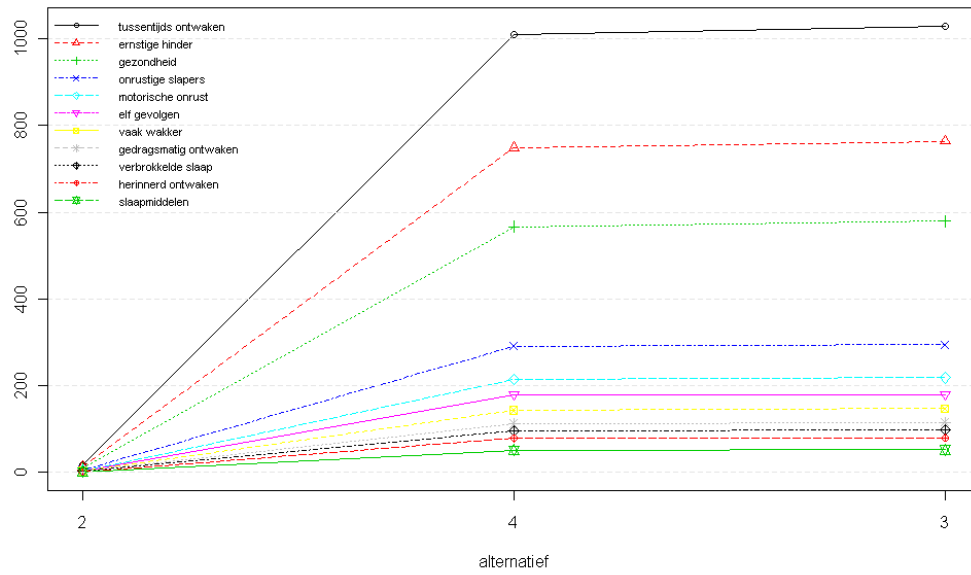
Vos H, Passchier-Vermeer W (2006). Schattingen van elf effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid in de omgeving van Rotterdam Airport voor negen alternatieve situaties. TNO-rapport 2006-L&G-N003-64151. Delft.

Vos H (2007). Schatting van elf effecten door nachtelijk vliegtuiggeluid op de bevolking in de omgeving van Lelystad Airport voor drie alternatieve situaties. Rapportnr TNO-034-DTM-2009-00871, D, TNO Delft

## A BIJLAGE

### A.1 Figuren

**Figuur B1:** Aantal volwassenen met een effect door nachtelijk vliegtuigeluid in het gebied binnen  $L_{\text{night}}=20\text{dB(A)}$  contour.



## A.2 Tabellen

**Tabel B1:** Aantal personen per nachtelijke geluidbelastingsschil voor drie alternatieven en minimum/maximum varianten van alternatief 3.

$L_{\text{night}}$ in dB(A)	alternatief				
	2	4	3	3a	3b
21.25	153	16202	18231	22166	15715
23.75	101	8051	7271	8461	6275
26.25	54	2451	2163	2715	1638
28.75	16	160	174	111	189
31.25	24	81	113	68	182
33.75	8	51	40	54	91
36.25	18	29	33	20	35
38.75	4	26	26	24	41
41.25	0	26	26	31	23
43.75	0	16	16	4	11
46.25	0	4	4	2	16
48.75	0	0	0	0	4
totaal	378	27097	28097	33656	24220

**Tabel B2:** Aantal volwassenen per nachtelijke geluidbelastingsschil voor drie alternatieven en minimum/maximum varianten van alternatief 3.

$L_{\text{night}}$ in dB(A)	alternatief				
	2	4	3	3a	3b
21.25	116	12239	13772	16744	11871
23.75	76	6082	5493	6391	4740
26.25	41	1851	1634	2051	1237
28.75	12	121	131	84	143
31.25	18	61	85	51	137
33.75	6	39	30	41	69
36.25	14	22	25	15	26
38.75	3	20	20	18	31
41.25	0	20	20	23	17
43.75	0	12	12	3	8
46.25	0	3	3	2	12
48.75	0	0	0	0	3
totaal	286	20470	21225	25423	18294

**Tabel B3:** Geschatte aantal volwassenen met een aspect van slaapverstoring door nachtelijk vliegtuigeluid in de omgeving van Lelystad Airport voor drie verschillende alternatieven

$L_{\text{nacht}}$ in dB(A)	alternatief		
	2	4	3
tussentijds ontwaken	18	1010	1028
ernstige hinder	13	749	764
gezondheid	10	567	579
onrustige slapers	6	291	294
elf gevolgen	4	214	218
motorische onrust	4	179	179
vaak wakker	3	143	147
gedragsmatig ontwaken	2	112	115
verbrokkelde slaap	2	96	98
herinnerd ontwaken	1	78	80
slaapmiddelen	1	51	52

**Tabel B4:** Verschillen tussen ernstige hinder (Slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol ) en ernstige slaapverstoring door vliegtuigeluid (MNP,2005).

<i>Effect</i>	alternatief		
	2	4	3
ernstige hinder	13	749	764
mnp	5	259	263

**Tabel B5:** Volgorde van de alternatieven bij verschillend waarden, van links naar rechts oplopend van minste naar meeste slaapverstoring.

ondergrens	alternatieven, van links naar rechts gesorteerd op mate van slaapverstoring		
20.0	alternatief 2	alternatief 4	alternatief 3
22.5	alternatief 2	alternatief 4	alternatief 3
25.0	alternatief 2	alternatief 4	alternatief 3
27.5	alternatief 2	alternatief 4	alternatief 3
30.0	alternatief 2	alternatief 4	alternatief 3



### A.3 GEZONDHEIDSVRAGENLIJST

#### *Gezondheidsklachten*

Het aantal gezondheidsklachten is in het Slaapverstoringsonderzoek rond Schiphol vastgesteld met de zogenoemde verkorte VOEGlijst. Hieronder zijn de 13 vragen opgenomen waar met ja of nee op moest worden geantwoord.

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

#### *Aantal effecten door vliegtuigeluid gedurende de slaap per week*

Het aantal effecten per week is vastgesteld met behulp van de volgende statements, waarvoor het aantal maal per week dat een effect optrad moest worden ingevuld.  
Het geluid van vliegtuigen maakt dat:

- a ik 's avonds moeilijk in slaap kan komen
- b ik midden in de nacht wakker word
- c ik 's ochtends te vroeg wakker word
- d ik me overdag niet goed uitgeslapen voel
- e ik me geïrriteerd voel
- f ik met de ramen dicht slaap
- g ik met oordopjes slaap
- h mijn slaap verstoord wordt