



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu

*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# Aanvullende indicatoren van geluid van civiele luchtvaart voor de voorspelling van **hinder** en slaapverstoring

Een verkenning van langdurige (1 jaar) blootstelling  
en ernstige hinder en slaapverstoring



## **Aanvullende indicatoren van geluid van civiele luchtvaart voor de voorspelling van hinder en slaapverstoring**

Een verkenning van langdurige (1 jaar) blootstelling en ernstige hinder en slaapverstoring

RIVM-rapport 2023-0332

## Colofon

© RIVM 2024

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2023-0332

J. Hoekstra (auteur), RIVM  
M. Reedijk (auteur), RIVM  
R. van Poll (auteur), RIVM

Contact:  
RIVM  
[info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, DGLM, directie Luchtvaart in het kader van Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV).

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Aanvullende geluidmaten van civiele luchtvaart om hinder en slaapverstoring te voorspellen**

Een verkenning van langdurige (1 jaar) blootstelling en hinder en slaapverstoring

Omwonenden van vliegvelden worden blootgesteld aan vliegtuiggeluid. Deze 'geluidbelasting' wordt berekend en gebruikt om te voorspellen hoeveel mensen hierdoor ernstig hinder of slaapverstoring ervaren. De geluidbelasting van overvliegende vliegtuigen wordt sinds 2004 aangegeven met twee Europese geluidmaten:  $L_{den}$  en  $L_{night}$ .

Omwonenden vragen zich af of deze geluidmaten goed aansluiten bij de manier waarop zij ernstige hinder en slaapverstoring door vliegtuiggeluid ervaren. Geluidpieken zien zij te weinig hierin terug. Het RIVM onderzocht daarom of drie extra geluidmaten de ervaren hinder en slaapverstoring van omwonenden beter kunnen weergeven.

Uit dit onderzoek blijkt dat een berekening met drie extra geluidmaten de geluidbelasting iets preciezer kan weergeven. Door  $L_{den}$  en  $L_{night}$  met deze geluidmaten te combineren, sluiten de resultaten iets beter aan bij de beleving (hinder, slaapverstoring) van omwonenden. Alleen zijn ze ingewikkeld en bewerkelijk om uit te voeren. Dat komt onder andere omdat moeilijke statistische vergelijkingen en meer geluidgegevens nodig zijn om de relatie met hinder en slaapverstoring weer te geven. Afgewogen moet worden of de preciezere weergave opweegt tegen de bewerkelijke uitvoering en interpretatie.

Om ernstige hinder en ernstige slaapverstoring van een *langdurige* (jaargemiddelde) blootstelling aan vliegtuiggeluid te voorspellen, lijkt de huidige werkwijze met *alleen*  $L_{den}$  en  $L_{night}$  de voorkeur te hebben.

$L_{den}$  geeft een gemiddelde waarde voor de geluidbelasting op een bepaald punt over 24 uur (overdag, 's avonds en 's nachts, gemiddeld over een jaar).  $L_{night}$  geeft de geluidbelasting tijdens de nacht aan (tussen 23.00 en 7.00 uur, gemiddeld over een jaar). Een van de extra indicatoren is het aantal overvliegende vliegtuigen dat meer geluid geeft dan een bepaalde hoeveelheid decibel, bijvoorbeeld 65, 75 of 80 ( $NA_x$ ). De tweede is hoe lang vliegtuigen boven een bepaald geluidniveau uitkomen ( $TA_x$ ). De derde is de oude Nederlandse 'maat', de kosteneenheid (Ke, vernoemd naar de bedenker Kosten).

Deze geluidgegevens zijn gekoppeld aan informatie van omwonenden uit de Gezondheidsmonitor 2020 over de beleving van hinder en slaapverstoring door vliegtuiggeluid. De verschillen tussen de geluidindicatoren zijn onderzocht voor vijf (vooral civiele) luchthavens in Nederland: Schiphol, Rotterdam, Maastricht/Geilenkirchen, Eindhoven en Groningen.

Dit onderzoek is uitgevoerd voor de Programmatistische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV). In dit kader wordt ook onderzoek gedaan om de kortetermijn-hinder beter weer te geven. In een apart project over 'Citizen Science' wordt onderzocht hoe dit voor vliegtuiggeluid kan. PAMV is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Kernwoorden: PAMV, vliegtuiggeluid,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ , blootstellingsresponsrelatie, geluidindicatoren, geluidmaten, luchtvaart, hinder, slaapverstoring

## Synopsis

### **Additional measures for assessing aircraft noise impact on civil aviation communities and sleep disturbance prediction**

Investigation into prolonged (one-year) exposure and resulting nuisance and sleep disturbance

Residents living near airports experience exposure to aircraft noise, and this 'noise exposure' is calculated to predict the extent of severe annoyance or sleep disturbance. Since 2004, the noise exposure from passing aircraft has been quantified using two European measures:  $L_{den}$  and  $L_{night}$ .

Residents question whether these measures truly capture their experiences of severe annoyance and sleep disturbance caused by aircraft noise, feeling that they do not adequately account for sound peaks. To address this concern, RIVM explored whether three additional sound measures could provide a more accurate representation of residents' perceived nuisance and sleep disturbance.

The research suggests that incorporating three additional sound measures into the calculation can slightly improve the precision of noise exposure representation. Combining  $L_{den}$  and  $L_{night}$  with these additional measures results in findings that align somewhat better with residents' reported experiences of nuisance and sleep disturbance. However, it is important to note that the execution of these calculations is intricate and labour-intensive. This complexity arises due to the need for challenging statistical comparisons and more extensive sound data to establish the relationship with nuisance and sleep disturbance. It needs to be weighed up whether the more precise representations outweigh those which are difficult to implement and interpret.

The current approach, utilising only  $L_{den}$  and  $L_{night}$ , appears to be preferable for predicting the effects of prolonged (annual average) exposure to aircraft noise.

$L_{den}$  provides an average value for sound exposure at a specific point over 24 hours (daytime, evening, and night, averaged over a year).  $L_{night}$  indicates the sound exposure during the night (between 23:00 and 7:00, averaged over a year). One of the additional indicators measures the number of aircraft flying overhead that produce sound exceeding specific decibel levels, such as 65, 75 or 80 (NAX). The second indicator measures how long aircraft exceed a certain sound level (TAX). The third is the traditional Dutch unit, the Kosten unit (Ke, named after its creator, Kosten).

These sound data are linked to information from residents obtained from the 2020 Health Monitor, detailing their experiences of annoyance and sleep disturbance due to aircraft noise. The study investigates differences between sound indicators for five primarily civil airports in

the Netherlands: Schiphol, Rotterdam, Maastricht/Geilenkirchen, Eindhoven and Groningen.

This study was carried out for the Programme-Based Approach to Measuring Aircraft Noise (*Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid*, PAMV). Within the PAMV framework daily experiences of annoyance is also studied. RIVM is exploring this through a separate Citizen Science project focused on aircraft noise.

The PAMV was carried out on behalf of the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management

Keywords: PAMV, aircraft noise,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ , exposure-response relationship, sound indicators, sound measures, aviation, nuisance, sleep disturbance



## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 8**

### **Inleiding — 12**

#### **1 Methoden — 14**

- 1.1 Geluidblootstelling — 14
- 1.2 Gezondheidsmonitor — 16
- 1.3 Analyses — 17

#### **2 Resultaten — 20**

- 2.1 Schiphol Airport — 20
  - 2.1.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Schiphol Airport — 20
  - 2.1.2 Samenhang (correlaties) indicatoren — 21
  - 2.1.3 Kwaliteit verschillende modellen — 22
- 2.2 Maastricht Aachen Airport — 26
  - 2.2.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Maastricht Aachen Airport — 26
  - 2.2.2 Samenhang (correlatie) indicatoren — 28
  - 2.2.3 Kwaliteit verschillende modellen — 29
- 2.3 Rotterdam The Hague Airport — 32
  - 2.3.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Rotterdam The Hague Airport — 32
  - 2.3.2 Samenhang (correlatie) indicatoren — 34
  - 2.3.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen — 35
- 2.4 Groningen Airport Eelde — 38
  - 2.4.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Groningen Airport Eelde — 38
  - 2.4.2 Samenhang (correlatie) indicatoren — 40
  - 2.4.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen — 40
- 2.5 Eindhoven Airport — 42
  - 2.5.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Eindhoven Airport — 42
  - 2.5.2 Samenhang (correlaties) indicatoren — 44
  - 2.5.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen — 45
- 2.6 Samenvattende resultaten — 48

#### **3 Conclusie en discussie — 52**

#### **Bijlage 1 Uitleg GM2020-onderzoek — 57**

#### **Bijlage 2 Analyses — 59**

#### **Bijlage 3 Extra resultaten<sup>63</sup>**

- B.1 Gecombineerde ernstige hinder en slaapverstoring — 63
- B.2 Correlatie — 63
- B.3 Voorbeeld voorspellingen ernstige hinder en slaapverstoring op basis van de gecombineerde modellen — 73

#### **Literatuur — 77**

## Samenvatting

### *Aanleiding*

In deze studie hebben we verkend welke aanvullende geluidindicatoren, naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , beter aansluiten bij de manier waarop omwonenden de effecten van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring van vliegtuiggeluid ervaren. Dit was onderdeel van de vijfde aanbeveling uit de verkenning van de programmatische aanpak meten vliegtuiggeluid (Smetser, 2019). Naast de aanvullende indicatoren betrof de aanbeveling het monitoren van hinder en slaapverstoring rondom luchthavens, uitgevoerd door GGD-GHOR Nederland (2022) en het beschrijven van de relatie tussen enerzijds blootstelling aan vliegtuiggeluid en anderzijds de effecten 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (Van Poll et al, 2022).

### *Werkwijze*

Voor deze studie zijn gegevens van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaart centrum (NLR) over geluidsindicatoren gekoppeld aan de gegevens uit de Gezondheidsmonitorvragenlijst. Er is in dit onderzoek gekeken naar de combinatie van enerzijds de dag-avond-nacht-geluidswaarde, de  $L_{den}$  en nachtwaarde, de  $L_{night}$  en anderzijds naar de aanvullende geluidindicatoren zoals Kosteneenheden, aantal vliegbewegingen boven een bepaalde decibelwaarde ( $NA_x$ ) en tijdsduur (in seconden) van vluchten boven een bepaald decibel ( $TA_x$ ). Dit is onderzocht voor zowel de dag-avond-nachtperiode als de nachtperiode. Gegevens over hinder en slaapverstoring door geluid van vliegverkeer werden verzameld met de Gezondheidsmonitor 2020.

In dit onderzoek maken we onderscheid tussen deelnemers die ernstig gehinderd/slaapverstoord zijn (een score van 8 of meer op een 11-puntschaal) door geluid van vliegverkeer en deelnemers die dat niet zijn.

### *Statistische analyse*

Voor  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zijn combinaties gemaakt met elke van de aanvullende geluidindicatoren ( $Ke$ ,  $NA_x$  en  $TA_x$ ). Per geluidindicator is met statistische analyses, logistische regressie modellen, gekeken naar de relatie tussen verschillende samengestelde indicatoren van vliegtuiggeluid en het effect (ernstige hinder of slaapverstoring). Deze verschillende modellen zijn met elkaar vergeleken met statistische maten (AIC, AUC) om te kijken welk samengesteld model het beste de ernstige hinder en slaapverstoring van omwonenden van luchthavens beschrijft. Hierbij is gekeken naar zowel de 'fit' (AIC) van het model op de onderliggende data en de nauwkeurigheid (AUC) van de voorspelling van ernstige hinder en slaapverstoring. De verschillen tussen de geluidindicatoren hebben we onderzocht voor vijf (grotendeels civiele) luchthavens in Nederland (Schiphol, Rotterdam, Maastricht/Geilenkirchen, Eindhoven en Groningen).

### *Resultaten*

In het algemeen laten de gecombineerde modellen een betere 'fit' en een grotere nauwkeurigheid zien dan de enkelvoudige modellen. Voor de dag-avond-nacht-resultaten, de  $L_{den}$ , van de verschillende luchthavens is er niet één eenduidige alternatieve geluidmaat zien die het afzonderlijk beter doet dan de  $L_{den}$  bij enkelvoudige vergelijking. Ook als aanvullende maat naast  $L_{den}$  laten de resultaten uit dit onderzoek niet één eenduidige gecombineerde maat zien waardoor de ernstige hinder of ernstige slaapverstoring beter verklaard wordt dan de  $L_{den}$  alleen. Voor de nachtperiode is het beeld eenduidiger. Daar komt de maat 'Kosteneenheid' naast  $L_{night}$  als beste aanvullende voorspeller naar voren voor vier van de vijf onderzochte luchthavens. In het algemeen verbetert de modelfit van de modellen waarin  $L_{den}/L_{night}$  gecombineerd wordt met een andere geluidindicator. De nauwkeurigheid (dat wil zeggen de voorspellende kracht, bepaald met de statistische maat AUC) van de modellen, blijft redelijk gelijk als er een combinatie wordt gemaakt tussen  $L_{den}/L_{night}$  en een andere geluidindicator.

### *Conclusie*

Alhoewel de modelfit dus verbetert met een aanvullende indicator, moet worden overwogen of deze verbetering opweegt tegen de toegenomen complexiteit van de relatie tussen geluidblootstelling van vliegverkeer en ernstige hinder of slaapverstoring. De complexiteit bestaat uit een 1) uitgebreidere formules, 2) meer benodigde geluiddata 3) specifiek per luchthaven. Het voorspellen van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring wordt wellicht iets nauwkeuriger, maar ook veel ingewikkelder. Dit houdt namelijk ook in dat bij gebruik van samengestelde indicatoren voor elke luchthaven maatwerk geleverd moet worden (eigen aanvullende geluidmaat), omdat voor verschillende luchthavens verschillende gecombineerde indicatoren van toepassing zijn.

### *Discussie*

Dit onderzoek is een vervolgonderzoek op "Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020" (van Poll, 2022) waarin dezelfde data gebruikt zijn als in dit onderzoek. Veel van dezelfde discussiepunten en aanbevelingen van dat onderzoek zijn daarom ook hier van toepassing. Het onderzoek is uitgevoerd in het najaar van 2020. Dit was tijdens de coronapandemie. De coronapandemie heeft invloed gehad op de blootstelling en er waren in 2020 zeker op civiele luchthavens aanzienlijk minder vliegbewegingen dan in 2019. Daardoor was de geluidblootstelling in dit onderzoek lager. Daarnaast kunnen de gerapporteerde effecten in de vragenlijst (hinder en slaapverstoring) beïnvloed zijn doordat bijvoorbeeld meer deelnemers thuiswerkten. Daarnaast is in dit onderzoek niet de invloed van andere factoren naast geluid, ook wel co-determinanten genoemd, onderzocht. Denk hierbij aan factoren zoals geluidgevoeligheid, isolatie van woningen en houding ten opzichte van de luchthaven.

### *Aanbevelingen*

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn ten eerste het onderzoeken van de hele blootstellingsrange. Dat wil zeggen van laagste tot hoogste blootstellingswaarde, waarbij het nodig is om meer omwonenden in

hoog belaste gebieden te benaderen dan in dit onderzoek is gedaan. Ten tweede het meenemen van andere factoren (co-determinanten) die waarschijnlijk een deel van de hinder en slaapverstoring kunnen voorspellen naast vliegtuiggeluid.

De geluidindicatoren  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zijn langetermijngemiddelden (één jaar) van geluidblootstelling. Voor dit onderzoek zijn hinder en slaapverstoring ook uitgevraagd over een langere periode (één jaar). Dit onderzoek laat zien dat voor langetermijnhinder en slaapverstoring er weinig verschil is tussen de onderzochte geluidindicatoren. Om ernstige hinder en ernstige slaapverstoring van een langdurige (jaargemiddelde) blootstelling aan vliegtuiggeluid te voorspellen, lijkt de huidige werkwijze met alleen  $L_{den}$  en  $L_{night}$  de voorkeur te hebben.



## Inleiding

### Introductie/Vraagstelling

De geluidindicatoren  $L_{den}$  en  $L_{night}$  worden veelvuldig gebruikt in (epidemiologisch) onderzoek en beleid om de relatie tussen vliegtuiggeluid en gezondheidseffecten, zoals hinder en slaapverstoring, te beschrijven. Daarnaast worden deze indicatoren zowel door de 'World Health Organisation' ((WHO), Wereld GezondheidsOrganisatie) als de Europese Commissie aanbevolen als geluidindicator voor lange termijn effecten. De geluidindicatoren  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zijn echter lastig te interpreteren door omwonenden omdat het om lange termijn (1 jaar) gemiddelde waardes gaat. Geluid kan immers behoorlijk fluctueren door het jaar heen. Daarnaast sluiten deze indicatoren niet altijd aan bij de korte termijn (nu, hier) beleving van elke dag (momentane hinder) van geluid door de omwonenden. Een vaak gehoorde tegenwerping is: 'ik hoor geen gemiddeld geluid, ik heb nu last van deze geluidbron!' Onderzoek naar kortetermijn hinder vraagt een andere onderzoekszetel, bijvoorbeeld zoals dit bij het 'Citizen Science' onderzoek van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV) wordt gebruikt<sup>1</sup>. Ook blijkt uit onderzoek dat andere aspecten van geluid een rol kunnen spelen bij de beleving, zoals het aantal overkomende vluchten, tijdstippen van het geluid, rustperiode en niet-akoestische factoren (van Kempen en Simon, 2019).

In de verkenning van de PAMV (Smetsers et al., 2019) is op een rij gezet welke studies gedaan zijn naar de relatie tussen verschillende geluidindicatoren en de hinder en slaapverstoring van mensen door vliegtuiggeluid. Daaruit kwam naar voren dat er voor langetermijneffecten van nachtelijk geluid, zoals slaapverstoring en slaapkwaliteit, nauwelijks onderzoek is gedaan naar een vergelijking van geluidindicatoren en de meerwaarde van aanvullende geluidindicatoren naast  $L_{night}$  (Quehl et al., 2017; Janssen et al., 2014; Quehl en Basner, 2006). Naar de effecten van geluidindicatoren op hinder is zowel in Nederland als internationaal meer onderzoek gedaan, maar niet specifiek voor alle luchthavens van nationale betekenis (van Poll et al., 2014; Verheijen et al., 2011; Le Masurier et al., 2007; Schreckenbergh en Meis, 2007; CAA, 2017; Mietlicki et al., 2014; Haubrich et al., 2019; Bartels et al., 2015; GGD-GHOR-Ned., 2022; van Poll et al., 2022). De combinatie van meerdere geluidindicatoren lijkt in sommige studies van meerwaarde te zijn om de relatie met geluidhinder en vliegtuiggeluid te verklaren. Daarbij lijkt het belangrijk om te kijken naar verschillen per luchthaven.

De vijfde aanbeveling vanuit de verkenning van PAMV<sup>1</sup> was om te onderzoeken of er aanvullende geluidindicatoren zijn die, naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , mogelijk beter aansluiten bij de manier waarop omwonenden de effecten van vliegtuiggeluid ervaren in termen van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring. Dit in aanvulling op de andere onderdelen van de vijfde aanbeveling, namelijk:

<sup>1</sup> In een verkennend onderzoek is 28 omwonenden van een luchthaven gevraagd gedurende enkele weken dagelijks bij te houden of zij hinder ervaren van moment tot moment <https://www.vliegtuiggeluid.nl/projecten/samen-meten-van-vliegtuiggeluid>

het monitoren van hinder en slaapverstoring rondom luchthavens, uitgevoerd door GGD-GHOR Nederland (2022) en het beschrijven van de relatie tussen enerzijds blootstelling aan vliegtuiggeluid en anderzijds de effecten 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (van Poll et al, 2022) en onderzoek naar stille periodes en geluidgevoeligheid met behulp van Citizen Science.

### *Doelstelling*

*Het doel van dit onderzoek is: nagaan in hoeverre aanvullende geluidindicatoren, naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , beter aansluiten bij de manier waarop omwonenden de effecten 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' van vliegtuiggeluid ervaren.*

Een van de manieren waarop dit kan worden onderzocht is relevante combinaties van geluidindicatoren te vergelijken met effecten als hinder en slaapverstoring. Om dit te onderzoeken zullen eerst de afzonderlijke geluidindicatoren met elkaar worden vergeleken. Daarna kan worden vastgesteld wat de meerwaarde is van aanvullende geluidindicatoren naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$ . Naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zullen we in dit onderzoek kijken naar de geluidindicatoren Kosteneenheid (Ke) en verschillende niveaus van Number Above ( $NA_x$ , in aantal vliegbewegingen) en Time Above ( $TA_x$ , in seconden). In dit onderzoek kijken we naar langetermijn-geluidblootstelling (voor één jaar) en lange termijn ernstige hinder en slaapverstoring (voor één jaar). Dit anders dan het eerdergenoemde Citizen Science voorbeeld waar naar kortetermijnhinder wordt gekeken en zowel de blootstelling als effect meerdere keren per dag is bepaald.

### **Achtergrond**

In Nederland is er onderzoek gedaan naar verschillende geluidindicatoren bij het vliegveld Geilenkirchen/Maastricht (Verheijen et al, 2011). Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen de verschillende indicatoren en naar combinaties van verschillende geluidindicatoren. Daaruit kwam naar voren dat alle indicatoren samenhangen met ernstige hinder (Smetters et al., 2019). Verschillende geluidindicatoren ( $L_{den}$ ,  $L_{4U}$ ,  $TA_{75}$  en  $NA_{75}$ ) konden gebruikt worden om de relatie tussen vliegtuiggeluid en ernstige hinder te beschrijven, de onderlinge verschillen tussen deze maten waren minimaal. Daarnaast is ook een vergelijking gemaakt met de luchthaven Schiphol. Daaruit kwam naar voren dat blootstellingsrespons-relaties uitgedrukt in een andere geluidindicator dan  $L_{den}$  minder goed toepasbaar zijn voor andere luchthavens dan de blootstellingrespons-relatie (BR-relaties) bepaald op basis van de  $L_{den}$  voor de gegeven luchthaven (Verheijen et al., 2011). De toegevoegde waarde van een Number Above-waarde naast  $L_{den}$  had slechts een kleine invloed op de BR-relatie. Toch is het van belang om na te gaan of dit ook voor andere Nederlandse luchthavens geldt en of dit tot een eenduidig beeld voor alle Nederlandse luchthavens wijst of per luchthaven kan verschillen.

Voor slaapkwaliteit is er in Nederland onderzoek gedaan naar het aantal vliegtuigbewegingen door Janssen et al. (2014). Hieruit kwam naar voren dat het aantal gebeurtenissen redelijk vertegenwoordigd is in de  $L_{night}$ . Alleen de gebeurtenissen met een hoog geluidniveau ( $L_{Amax} > 60$  dB(A)) kunnen een toegevoegde waarde hebben op motorische onrust.

# 1 Methoden

De gebruikte methoden in dit onderzoek zijn grotendeels hetzelfde als in het rapport "Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring (van Poll et al., 2020). Hieronder beschrijven we kort de gebruikte data en analysetechnieken. Voor een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte methoden wordt verwezen naar het rapport van Van Poll en collega's.

## *Luchthavens*

Dit rapport onderzoekt de volgende civiele luchthavens van nationale betekenis: Luchthaven Schiphol, Maastricht Aachen Airport, Rotterdam The Hague Airport, Lelystad Airport en Groningen Airport Eelde. Daarnaast wordt ook naar Eindhoven Airport gekeken, een militaire luchthaven met burgermedegebruik. Het onderzoek wordt niet over heel Nederland (alle luchthavens gecombineerd) uitgevoerd, maar per luchthaven. Uit het vorige onderzoek (van Poll et al., 2022) blijkt er sprake te zijn van luchthavens-specifieke BR-relaties. Daarnaast zou bij een onderzoek over heel Nederland de invloed van Schiphol de resultaten domineren.

Figuur 1 geeft een overzicht van alle gemeentes die onderdeel uitmaken van de verschillende studiegebieden. Tussen sommige luchthavens is er overlap tussen de rekeengebieden. In dit onderzoek hebben we ervoor gekozen om de gemeentes met overlap niet mee te nemen. Dit is het geval voor luchthaven Schiphol Airport en Rotterdam/The Hague Airport. Er is een grote overlap in invloedssfeer tussen Vliegbasis Geilenkirchen en Maastricht Aachen Airport. In de geluidberekeningen van Maastricht zijn de geluidberekeningen voor Vliegbasis Geilenkirchen ook meegenomen in de analyses. Dit is gedaan, omdat er in de vragenlijst gekeken is naar vliegtuiggeluid algemeen en geen onderscheid gemaakt is tussen civiel vliegtuiggeluid en militair vliegtuiggeluid. Voor Lelystad Airport was het niet mogelijk om een betrouwbare BR-relatie op te stellen (van Poll et al. 2022). Lelystad Airport wordt daarom niet meegenomen in dit onderzoek.

## **1.1 Geluidblootstelling**

De geluidblootstelling (geluidbelasting) rondom de bovengenoemde luchthavens is door het Nederlandse Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) berekend met het Nederlandse Reken Model (NRM) voor het (kalender)jaar 2020. Voor Schiphol is de geluidblootstelling bepaald voor het gebruiksjaar 2020, dat wil zeggen van 1 november 2019 tot en met 31 oktober 2020. De berekening van geluidblootstelling staat in detail beschreven in: Hogenhuis et al. (2021).

## *Geluidmaten*

Geluidniveaus voor meerdere vliegtuigbewegingen samen geven de geluidbelasting weer. Er zijn verschillende maten die de geluidbelasting kunnen omschrijven op een bepaalde plek. De geluidniveaus van alle individuele vliegtuigbewegingen worden hiervoor op een voorgeschreven



manier bij elkaar opgeteld. Hierbij kan voor de verschillende geluidmaten rekening gehouden worden met:

- De hoeveelheid geluid dat elk vliegtuig produceert (de geluidsniveaus).
- Het aantal vliegtuigbewegingen gedurende een periode.
- Het tijdstip van de vliegtuigbewegingen.

De volgende geluidmaten zijn meegenomen in deze rapportage: Kosteneenheid,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$  (beide in dB), aantallen vliegbewegingen boven een bepaald geluidsniveau (Number Above<sub>x</sub>, in aantal vliegbewegingen\*) en tijd boven een bepaald geluidsniveau (Time Above), in aantal seconden.

#### *$L_{den}$*

$L_{den}$  is een geluidmaat die onder andere gehanteerd wordt in de Europese regelgeving. De 'den' staat voor 'day-evening-night'. Het is een etmaalwaarde, waarbij verschillende wegingen voor dag (7-19 uur), avond (19-23 uur) en nacht (23-7 uur) worden toegepast, waarbij het verloop van het geluidsniveau gedurende de gehele passage wordt meegenomen met een Sound Exposure Level. Een belangrijk verschil met de maat Kosteneenheid, want die is gebaseerd op  $L_{Amax}$ . Het gaat bij de  $L_{den}$  om geluidsniveaus buitenshuis en over jaargemiddelden.

#### *$L_{night}$*

De dosismaat  $L_{night}$  wordt op een vergelijkbare wijze gedefinieerd als de  $L_{den}$ . Deze maat is gebaseerd op geluidsniveaus buitenshuis en een jaargemiddelde, maar dan alleen voor de nachtperiode (23 tot 7 uur). Er worden geen weegfactoren toegepast. De  $L_{night}$  is ook een geluidmaat die in de Europese regelgeving gehanteerd wordt.

#### *Kosteneenheid*

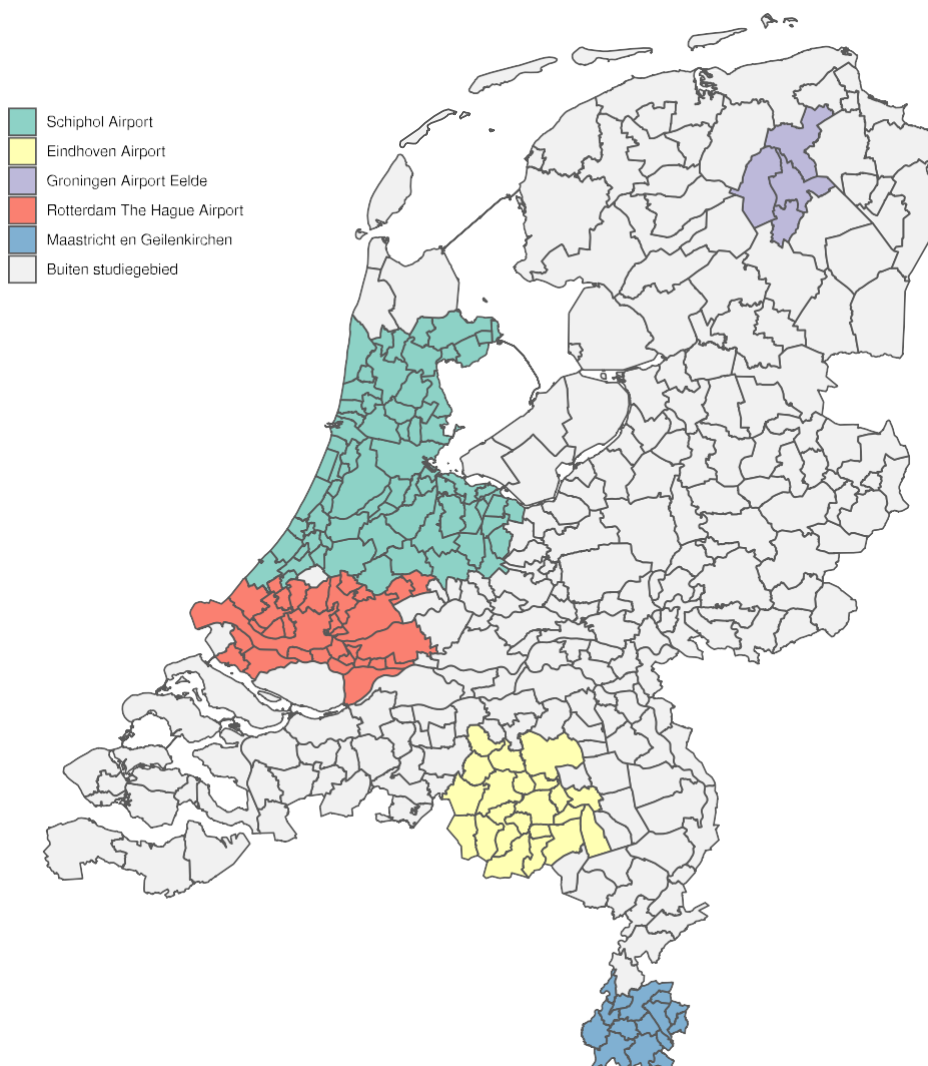
Kosteneenheid is de eenheid van de geluidbelastingmaat B voor vliegtuiggeluid. Deze geluidmaat is in de jaren zestig opgesteld door de commissie Kosten. De Kosteneenheid is gebaseerd op het vliegverkeer gedurende een jaar en wordt bepaald door maximale niveaus ( $L_{Amax}$ ) van afzonderlijke vliegtuigbewegingen op te tellen. Hierbij wordt een straffactor toegekend aan bewegingen gedurende de avond en de nacht, waardoor deze bewegingen zwaarder meewegen. De maat Kosteneenheid wordt toegepast voor handavingsberekeningen voor militaire luchthavens in Nederland en voor de zonebewaking bij de vliegbasis Geilenkirchen.

#### *Number Above*

De 'Number Above'-geluidmaat wordt aangeduid met  $NA_x$  en geeft een indicatie van hoe vaak een  $L_{Amax}$ -waarde van X dBA gedurende een bepaalde periode, bijvoorbeeld een jaar, wordt overschreden (in aantal vliegbewegingen). Zo geeft de  $NA_{60}$  aan hoe vaak op een bepaald punt een geluidsniveau hoger dan 60 dBA voorkomt (NLR, 2021). Het gaat hier dus om het aantal vliegbewegingen. In dit onderzoek hebben we  $NA_{45}$ ,  $NA_{50}$ ,  $NA_{55}$ ,  $NA_{60}$ ,  $NA_{65}$ ,  $NA_{70}$ ,  $NA_{75}$  en  $NA_{80}$  meegenomen. Deze waarden zijn berekend over de hele dag (24 uur), aangeduid als  $NA_x$ . De waarden zijn ook berekend voor de nacht (23-7 uur), deze worden aangeduid met  $NNA_x$ .

### *Time Above*

Om de duur van vliegbewegingen boven een bepaald geluidniveau weer te geven, wordt de TAx (Time-Above x dBA) gebruikt. De TAx is de tijdsduur (in seconden) in bijvoorbeeld een jaar dat een bepaald geluidniveau door vliegtuigpassages wordt overschreden op een bepaalde plek. Het gaat hier dus om aantal seconden boven een bepaald geluidniveau. In dit onderzoek hebben we TA45, TA50, TA55, TA60, TA65, TA70, TA75 en TA80 meegenomen. Net als bij de NAx zijn er voor de TAx zowel waarden voor de dag (24 uur) aangeduid met TAx als voor de nacht (23-7 uur) aangeduid met NTAx.



*Figuur 1* Overzicht van de gemeentes die onderdeel uitmaken van de 5 verschillende studiegebieden.

## **1.2 Gezondheidsmonitor**

Gegevens over ernstige hinder en ernstige slaapverstoring zijn verzameld met de vragenlijst van de Gezondheidsmonitor Volwassenen en Ouderen, editie 2020 (GM2020). De Gezondheidsmonitor is een vragenlijst die elke vier jaar door GGD-en wordt gebruikt om informatie te verzamelen over de zelf-gerapporteerde gezondheid van de bevolking

met als doel het gemeentelijk gezondheidsbeleid te adviseren. De vragenlijst uit 2020 is afgenomen tussen september en december. Aan de GM2020 namen in totaal 530.248 inwoners van 18 jaar en ouder uit Nederland deel. In dit onderzoek is een deel van deze data gebruikt. In Bijlage 5.1 geven we meer uitleg over de GM 2020.

#### *Ernstige hinder en slaapverstoring*

In navolging van de definitie van gezondheid<sup>2</sup> van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) zien we geluidhinder als een gezondheidseffect. Er zijn sterke aanwijzingen dat hinder en slaapverstoring een rol kunnen spelen bij het ontstaan van ernstiger gezondheidseffecten van omgevingsgeluid op de langetermijn, zoals hart- en vaatziekten (zie bijvoorbeeld Babisch et al., 2013) en Halperin, 2014). Geluidhinder is in de vragenlijst van de Gezondheidsmonitor bepaald met de in internationaal verband afgesproken vraag. Het gaat hier om de vraag die is vastgelegd in de ISO/TS 15666, 2003-norm (ISO, 2003; zie ook Bijlage 5.1). Deze vraag verwijst per geluidbron (in dit geval geluid van vliegtuigen) naar de hinder in de thuissituatie gedurende de afgelopen 12 maanden. De deelnemers kunnen antwoorden geven op een schaal van 0 tot 10 in welke mate zij zich gehinderd voelen. In dit onderzoek is deze 11-puntschaal gedichotomiseerd (0,1) om zo te relatie te onderzoeken tussen verschillende indicatoren van vliegtuiggeluid en ernstige hinder. Deelnemers met een score van 8 of meer worden in dit onderzoek als 'ernstig gehinderd' beschouwd. De vraag voor slaapverstoring is vergelijkbaar met de vraag over hinder en meet daarmee de subjectieve beleving van de slaap. Deelnemers met een score van 8 of meer worden in dit onderzoek als 'ernstig slaapverstoord' beschouwd. De vragen voor geluidhinder en slaapverstoring in de Gezondheidsmonitor 2020 staan in dit rapport beschreven in Bijlage 5.1. Meer informatie over hinder en slaapverstoring is te vinden in het rapport Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring (Van Poll et al, 2022).

### **1.3 Analyses**

Deze paragraaf beschrijft de verschillende onderdelen van de analyse op hoofdlijnen. Een nadere toelichting staat in Bijlage 5.2.

#### *Blootstellingswaarden*

De blootstelling wordt per luchthaven voor elke geluidindicator weergegeven met percentielwaarden (p1, p25, p50, p75, p99). De laagste percentielwaarde (p1) verwijst naar de blootstellingswaarde waaraan minstens 99 procent van de deelnemers is blootgesteld. Om te kijken of er collineariteit, of wel samenhang, is tussen de verschillende geluidindicatoren rapporteren we de (Pearson-)correlaties (zie ook Bijlage 5.2). De volledige correlatie tabellen staan in Bijlage 5.3.2

#### *Blootstelling-responsrelatie*

Voor de vergelijking tussen de verschillende geluidindicatoren worden blootstelling-respons-(BR)-relaties afgeleid, zoals die zijn afgeleid uit de gegevens van de Gezondheidsmonitor en NLR uit 2020 (van Poll et al., 2022; zie ook Bijlage 5.2).

<sup>2</sup> "Een toestand van volledig lichamelijk, geestelijk en maatschappelijk welzijn en niet slechts de afwezigheid van ziekte of andere lichamelijk gebreken".

### *Vergelijking geluidindicatoren*

Voor de verschillende geluidindicatoren ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $K_e$ , verschillende waarden van NA en TA) hebben we logistische regressiemodellen afgeleid. Deze verschillende logistische regressiemodellen zijn met elkaar vergeleken door te kijken naar zowel de modelfit als de nauwkeurigheid van de modellen. De **modelfit** geeft aan hoe goed een model op de onderliggende data past, dus de data die verzameld zijn met de GM 2020. De **nauwkeurigheid** van een model is een indicator hoe accuraat de voorspellingen van het model zijn. Oftewel: hoe goed kan het model onderscheid maken tussen mensen met en mensen zonder ernstige hinder of ernstige slaapverstoring. Voor de modelfit en nauwkeurigheid van een model is gebruikgemaakt van verschillende statistische maten. De Akaike Information Criterion (AIC) (Burnham en Anderson, 2002) en Pseudo- $R^2$  worden gebruikt om iets te zeggen over de modelfit van een bepaalde relatie. De Area Under Curve (AUC) van de Receiver Operating Characteristic (ROC) curve wordt gebruikt om de nauwkeurigheid van het model uit te drukken (Janssens en Martens, 2020). Deze statistische maten worden in de volgende paragrafen verder besproken. Door de AIC- en AUC-waarden met elkaar te vergelijken, kan het meest verklarende model gevonden worden. Om meer inzicht te krijgen in hoe goed de modellen de uitkomstmaat kunnen voorspellen, is er voor elke luchthaven ook een model gemaakt zonder voorspellende indicatoren: het zogenoemde controlemodel, ook wel 0-model genoemd, in de tabellen. Als een op een indicator gebaseerd model amper verschilt van het controlemodel (0-model), geeft dit aan dat er sprake is van een slecht model wat niet beter voorspelt dan een willekeurige gok. Des te groter het verschil in waarden van modelfit (AIC, pseudo- $R^2$ ) en nauwkeurigheid (AUC) tussen een model en het controle 0-model, des te beter is het model. De tabellen in de resultaten zijn gerangschikt op basis van de AIC.

### *AIC*

De AIC is een maat voor de goedheid van de modelfit, gecorrigeerd voor de modelcomplexiteit (aantal parameters/variabelen in het model). De AIC geeft een schatting van de relatieve kwaliteit van het model voor de onderliggende data. Hiermee kunnen verschillende modellen die met dezelfde onderliggende data zijn gemaakt met elkaar worden vergeleken. Hoe lager de AIC-waarde, des te beter past het model op de onderliggende data. In dit geval geeft het model met de laagste AIC aan welke geluidindicator of combinatie het beste de samenhang met gerapporteerde ernstige hinder of slaapverstoring beschrijft voor de data uit de GM 2020. De absolute AIC-waarde op zichzelf zegt niet zoveel. Deze maat is bedoeld om verschillende modellen die gebaseerd zijn op dezelfde onderliggende data met elkaar te vergelijken. Een veelgebruikte vuistregel voor het gebruik van AIC-waarden is dat wanneer het verschil in AIC minder dan 2 is, er geen onderscheid kan worden gemaakt tussen de modelfit van de modellen (Burnham en Anderson, 2002). Wanneer het verschil tussen de 2 en 10 is, dan is er aanzienlijk bewijs dat het model met laagste AIC-waarde een betere modelfit heeft. Is het verschil in AIC-waarde meer dan 10, dan is met veel zekerheid te stellen dat het model met een lagere AIC-waarde een betere modelfit heeft dan het AIC-model met de hogere waarde.

Om te bepalen of modellen gebaseerd op  $L_{\text{den}}$  of  $L_{\text{night}}$  in combinatie met een andere geluidsblootstelling een betere fit hebben dan het model met alleen maar  $L_{\text{den}}$  of  $L_{\text{night}}$ , wordt gekeken naar het verschil in AIC-waardes. Dit verschil wordt in de analyse uitgedrukt als de  $\Delta\text{AIC}$  van het  $L_{\text{den}}$ - of  $L_{\text{night}}$ -model. Deze  $\Delta\text{AIC}$ -waarde geeft het verschil weer tussen de AIC-waarde van het  $L_{\text{den}}$ - of  $L_{\text{night}}$ -model en de AIC-waarde van een model met een combinatie van geluidsblootstellingen (AIC-combinatiemodel – AIC- $L_{\text{den}}$ -model). Wanneer de  $\Delta\text{AIC}$  een waarde van minder dan -10 heeft (oftewel, de AIC-waarde van het gecombineerde model is tenminste 10 AIC-eenheden kleiner dan het  $L_{\text{den}}$ - of  $L_{\text{night}}$ -model), dan is met veel zekerheid vast te stellen dat het model met meerdere blootstellingen een betere modelfit heeft.

#### *Pseudo- $R^2$*

Naast de AIC is ook gebruikgemaakt van de Pseudo- $R^2$  om de modelfit van de verschillende logistische regressiemodellen te vergelijken. Een  $R^2$ -waarde geeft de relatie weer tussen de voorspelde uitkomst op basis van het model en de daadwerkelijk uitkomst. Omdat in dit rapport logistische regressiemodellen met een binaire uitkomst worden gebruikt, is er gebruikgemaakt van de *McFadden Pseudo- $R^2$*  (range: 0 – 1) om de modelfit van de verschillende modellen te vergelijken (Frees en Scott Long, 2006). Dit omdat de standaard  $R^2$  alleen toegepast kan worden op modellen met een continue uitkomst, maar niet op een categorische/binaire (wel of geen ernstige hinder of slaapverstoring) uitkomstmaat. Hoe hoger de Pseudo- $R^2$ -waarde, des te beter is de fit van het model. Een belangrijk verschil tussen de Pseudo- $R^2$  en de normale  $R^2$  is dat de Pseudo- $R^2$  alleen gebruikt kon worden om de fit van modellen te vergelijken die gebaseerd zijn op dezelfde onderliggende data. De Pseudo- $R^2$  van een model dat gebaseerd is op bijvoorbeeld de Schiphol-data mag niet vergeleken worden met de Pseudo- $R^2$  van een model dat gebruikmaakt van de Maastricht Aachen Airport-data. Verder is de Pseudo- $R^2$  niet te gebruiken om direct het percentage van de verklaarde variatie binnen een model weer te geven.

#### *AUC*

De ROC-curve is een grafiek die de prestaties van een model met een binaire (0,1) uitkomst weergeeft, waarbij de drempelwaarde voor het toewijzen van de uitkomstmaat wordt gevarieerd. Hierbij wordt de gevoeligheid (sensitiviteit), berekend als percentage echt-positieve uitslagen, uitgezet tegen het percentage vals-positieve uitslagen (100-specificiteit) bij verschillende drempelwaarden. Dit vormt de ROC-curve (zie Bijlage 5.2, Figuur 1). De oppervlakte onder een ROC-curve is de AUC-waarde.

De AUC-waarde geeft aan hoe goed een model is in het voorspellen van mogelijke uitkomsten. In dit geval geeft het een indicatie of een geluidindicator goed een onderscheid kan maken tussen degene die 'ernstige hinder' of 'ernstige slaapverstoring' hebben van vliegtuiggeluid en zij die dat niet hebben. De waarde van de AUC ligt altijd tussen de 0,5 en 1,0. Een model met een AUC van 0,5 geeft een volledig willekeurige voorspelling van de uitkomst. Bij een AUC van 1,0 voorspelt het model 100 procent van de uitkomsten correct. Hoe dichter de AUC-waarde bij de 1,0 zit, des te nauwkeuriger zijn de voorspellingen van het model.

## 2 Resultaten

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de verschillende luchthavens per luchthaven. Per luchthaven wordt kort de onderzoekspopulatie geschetst in aantal ernstig gehinderden/slaapverstoorden (score 8-10) en vervolgens wordt de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid geschetst. Dan wordt de samenhang tussen  $L_{den}$  en  $L_{night}$  respectievelijk met de overige indicatoren weergegeven. Daarna volgt de modelfit en nauwkeurigheid van de enkelvoudige modellen (per indicator). Tot slot worden van elke luchthaven de resultaten (fit en nauwkeurigheid) van de samengestelde modellen,  $L_{den}$  respectievelijk  $L_{night}$  én een van de andere indicatoren, gepresenteerd.

### 2.1 Schiphol Airport

#### 2.1.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Schiphol Airport Studiepopulatie

Rond de luchthaven Schiphol deden 129.848 mensen mee aan het onderzoek. Van hen hadden 116.894 mensen de vraag over hinder ingevuld en 116.686 mensen de vraag over slaapverstoring. *Tabel 1* laat de verdeling van de scores over de categorieën 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (score 8-10) versus 'geen ernstige hinder/slaapverstoring' zien.

*Tabel 1 Aantallen ernstige gehinderden en ernstig slaapverstoorden in het studiegebied van de luchthaven Schiphol.*

|                   | <b>Hinder</b> | <b>Slaapverstoring</b> |
|-------------------|---------------|------------------------|
| <b>Score 0-7</b>  | 106.513       | 111.565                |
| <b>Score 8-10</b> | 10.381        | 5.121                  |
| <b>Totaal</b>     | 116.894       | 116.686                |

Van het aantal mensen dat de vraag heeft ingevuld geeft ongeveer 8,9 procent aan ernstige hinder te ervaren. Voor ernstige slaapverstoring is dit ongeveer 4,4 procent. Bijlage (5.2.1) geeft de overlap aan tussen ernstige hinder als ernstige slaapverstoring.

#### *Blootstelling*

In *Tabel 2* staat de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid voor de verschillende geluidindicatoren weergegeven voor het studiegebied Schiphol. Dit is gedaan voor zowel de dag-avond-nachtwaardes als voor de nachtwaardes. Voor de verdeling zijn percentielen (p) gebruikt. Dit geeft aan welk deel (percentage) van de deelnemers een waarde heeft die kleiner of gelijk is aan de waarde die bij het betreffende percentiel hoort.

Tabel 2 Blootstellingsverdeling naar percentielen voor deelnemers in studiegebied van de luchthaven Schiphol voor de geluidindicatoren  $L_{den}$ ,  $Ke$ ,  $NA_x$ ,  $TA_x$  (24 uur) ( $n=116.894$ ) en  $L_{night}$ ,  $Ke$ ,  $NNA_x$ ,  $NTA_x$  (23-7 uur) ( $n=116.686$ ).

| Indicator   | p1     | p5      | p25     | p50     | p75       | p95       | p99       |
|-------------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| $L_{den}$   | 32     | 34      | 38      | 41      | 43        | 49        | 54        |
| $Ke$        | 0      | 0       | 2       | 9       | 15        | 27        | 35        |
| NA45        | 2.455  | 3.467   | 7.244   | 16.596  | 27.542    | 67.608    | 112.202   |
| NA50        | 776    | 1.096   | 2.884   | 8.511   | 16.596    | 51.286    | 83.176    |
| NA55        | 81     | 371     | 871     | 3.020   | 8.318     | 38.904    | 56.234    |
| NA60        | 29     | 115     | 331     | 977     | 3.090     | 19.498    | 37.153    |
| NA65        | 5      | 19      | 87      | 234     | 891       | 5.888     | 23.988    |
| NA70        | 1      | 3       | 12      | 34      | 115       | 1.202     | 13.804    |
| NA75        | 0      | 0       | 0       | 0       | 8         | 204       | 2.399     |
| NA80        | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 22        | 525       |
| TA45        | 95.499 | 162.181 | 389.045 | 776.247 | 1.258.925 | 2.754.229 | 3.801.894 |
| TA50        | 22.387 | 57.544  | 138.038 | 281.838 | 575.440   | 1.380.384 | 2.398.833 |
| TA55        | 4.467  | 16.596  | 44.668  | 89.125  | 208.930   | 645.654   | 1.288.249 |
| TA60        | 1.659  | 4.677   | 13.490  | 26.915  | 63.096    | 251.189   | 524.807   |
| TA65        | 199    | 692     | 2.399   | 5.623   | 12.882    | 66.069    | 181.970   |
| TA70        | 0      | 10      | 64      | 288     | 1.047     | 10.471    | 58.884    |
| TA75        | 0      | 0       | 0       | 0       | 34        | 871       | 7.943     |
| TA80        | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 74        | 1.479     |
| $L_{night}$ | 16     | 19      | 21      | 24      | 26        | 31        | 35        |
| $Ke$        | 0      | 0       | 2       | 9       | 15        | 27        | 35        |
| NNA45       | 110    | 158     | 371     | 776     | 1.513     | 3.802     | 8.128     |
| NNA50       | 49     | 62      | 138     | 316     | 616       | 2.754     | 6.456     |
| NNA55       | 3      | 17      | 48      | 98      | 209       | 1.479     | 3.981     |
| NNA60       | 1      | 6       | 21      | 45      | 89        | 692       | 1.738     |
| NNA65       | 0      | 2       | 9       | 16      | 31        | 186       | 832       |
| NNA70       | 0      | 0       | 1       | 3       | 5         | 34        | 309       |
| NNA75       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 3         | 56        |
| NNA80       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 0         | 11        |
| NTA45       | 12.023 | 17.783  | 35.481  | 67.608  | 104.713   | 229.087   | 380.189   |
| NTA50       | 2.884  | 4.786   | 10.715  | 22.387  | 39.811    | 120.226   | 234.423   |
| NTA55       | 44     | 1.202   | 4.467   | 7.586   | 14.125    | 51.286    | 117.490   |
| NTA60       | 0      | 309     | 1.738   | 3.090   | 5.248     | 15.488    | 44.668    |
| NTA65       | 0      | 34      | 355     | 724     | 1.412     | 4.074     | 10.965    |
| NTA70       | 0      | 0       | 2       | 20      | 56        | 269       | 2.754     |
| NTA75       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 18        | 479       |
| NTA80       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0         | 0         | 56        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid, NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night  
 Time Above, in aantal seconden.

In Tabel 2 valt op dat bij de hogere waarde van Number Above of Time Above (bijvoorbeeld NTA75/NTA80, NNA75/NNA80, NA75/NA80, TA75/TA80) er onder het 95 percentiel vele waardes 0 zijn.

### 2.1.2 Samenhang (correlaties) indicatoren

In Tabel 3 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de verschillende geluidindicatoren voor de luchthaven Schiphol voor de dag-avond-nacht. Waarbij een correlatie van 1 een perfecte samenhang betekent en 0 geen samenhang.

Tabel 3 Samenhang tussen enerzijds  $L_{den}$  en anderzijds  $Ke$ ,  $NA_x$  en  $TA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Schiphol.

|             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Ke</b>   |             |             |             |             |             |             |             |
| 0,97        |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>NA45</b> | <b>NA50</b> | <b>NA55</b> | <b>NA60</b> | <b>NA65</b> | <b>NA70</b> | <b>NA75</b> | <b>NA80</b> |
| 0,89        | 0,91        | 0,93        | 0,95        | 0,94        | 0,90        | 0,80        | 0,60        |
| <b>TA45</b> | <b>TA50</b> | <b>TA55</b> | <b>TA60</b> | <b>TA65</b> | <b>TA70</b> | <b>TA75</b> | <b>TA80</b> |
| 0,89        | 0,91        | 0,92        | 0,93        | 0,90        | 0,83        | 0,74        | 0,59        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid.

De  $L_{den}$  laat hoger positieve correlaties zien met alle geluidindicatoren (tussen de  $r = 0,89 - 0,97$ ) behalve met de hoogste waarden van Time Above (TA70, TA75, TA80) en Number Above (NA75, NA80).

In Tabel 4 zijn de (Pearson) correlaties weergegeven tussen de verschillende geluidindicatoren voor de luchthaven Schiphol voor de nacht waarden.

Tabel 4 Samenhang tussen enerzijds  $L_{night}$  en anderzijds  $Ke$ ,  $NNA_x$  en  $NTA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Schiphol.

|              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ke</b>    |              |              |              |              |              |              |              |
| 0,87         |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>NNA45</b> | <b>NNA50</b> | <b>NNA55</b> | <b>NNA60</b> | <b>NNA65</b> | <b>NNA70</b> | <b>NNA75</b> | <b>NNA80</b> |
| 5            | 0            | 5            | 0            | 5            | 0            | 5            | 0            |
| 0,77         | 0,83         | 0,86         | 0,87         | 0,84         | 0,78         | 0,60         | 0,40         |
| <b>NTA45</b> | <b>NTA50</b> | <b>NTA55</b> | <b>NTA60</b> | <b>NTA65</b> | <b>NTA70</b> | <b>NTA75</b> | <b>NTA80</b> |
| 0,87         | 0,87         | 0,67         | 0,64         | 0,59         | 0,63         | 0,56         | 0,41         |

NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night Time Above, in aantal seconden Ke=Kosteneenheid.

Deze laat een vergelijkbaar beeld zien als de dag-avond-nachtresultaten in Tabel 3 maar de correlaties zijn minder hoog ( $r=0,40-0,87$ ).

### 2.1.3 Kwaliteit verschillende modellen Eén geluidindicator

#### Dag-avond-nacht

Tabel 5 geeft een overzicht van de kwaliteit van de verschillende geluidindicatoren voor de dag-avond-nachtperiode. De kwaliteit van de logistische regressie modellen is beoordeeld aan de hand van verschillende statistische maten. De AIC zegt iets over de modelfit, net zoals de Pseudo- $R^2$ . De AUC gaat over hoe goed een geluidindicator onderscheid kan maken tussen degene die ernstig gehinderd zijn door vliegtuiggeluid of niet.



*Tabel 5 Performance van modellen voor ernstige hinder gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor studiegebied van de luchthaven Schiphol (n = 116.894).*

| <b>Indicator</b>      | <b>AIC</b> | <b>Pseudo-R<sup>2</sup></b> | <b>AUC</b> | <b>95% BI AUC</b> |       |
|-----------------------|------------|-----------------------------|------------|-------------------|-------|
| Ke                    | 47.841     | 0,112                       | 0,775      | 0,763             | 0,786 |
| NA60                  | 48.017     | 0,109                       | 0,773      | 0,761             | 0,785 |
| NA65                  | 48.205     | 0,105                       | 0,769      | 0,757             | 0,781 |
| L <sub>den</sub>      | 48.282     | 0,104                       | 0,767      | 0,757             | 0,777 |
| NA55                  | 48.323     | 0,103                       | 0,770      | 0,756             | 0,783 |
| NA70                  | 48.552     | 0,099                       | 0,760      | 0,752             | 0,768 |
| NA50                  | 49.104     | 0,089                       | 0,759      | 0,750             | 0,769 |
| TA70                  | 49.400     | 0,083                       | 0,747      | 0,741             | 0,753 |
| TA60                  | 49.407     | 0,083                       | 0,751      | 0,744             | 0,759 |
| TA55                  | 49.462     | 0,082                       | 0,753      | 0,740             | 0,767 |
| NA75                  | 49.495     | 0,081                       | 0,727      | 0,719             | 0,735 |
| TA65                  | 49.547     | 0,080                       | 0,744      | 0,735             | 0,754 |
| NA45                  | 49.677     | 0,078                       | 0,752      | 0,738             | 0,766 |
| TA50                  | 49.953     | 0,073                       | 0,745      | 0,734             | 0,757 |
| TA75                  | 50.445     | 0,064                       | 0,696      | 0,682             | 0,710 |
| TA45                  | 50.496     | 0,063                       | 0,738      | 0,726             | 0,749 |
| NA80                  | 51.174     | 0,050                       | 0,618      | 0,612             | 0,624 |
| TA80                  | 51.359     | 0,047                       | 0,618      | 0,612             | 0,624 |
| Controle<br>(0-model) | 53.877     | 0,000                       | 0,500      | 0,500             | 0,500 |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, R<sup>2</sup>: McFadden Pseudo-R<sup>2</sup>. AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval.

(NB: AIC is schaal van hoog naar laag, hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Schiphol zich het beste beschrijven met de indicator kosteneenheid (Ke), gevolgd door Number Above 60, Number Above 65 en L<sub>den</sub>. Deze indicatoren hebben de laagste AIC en de hoogste Pseudo-R<sup>2</sup> en AUC.

#### *Nacht*

Tabel 6 geeft een overzicht van de kwaliteit van de verschillende blootstelling-responsrelaties (BR-relaties) met de onderzochte geluidindicatoren voor de nachtperiode. Hoe lager de AIC hoe beter de modelfit, hoe hoger de AUC hoe beter het model voorspelt.

Tabel 6 Performance van modellen voor ernstige slaapverstoring gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied van de luchthaven Schiphol ( $n = 116.686$ ).

| Indicator          | AIC    | Pseudo-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|--------------------|--------|-----------------------|-------|------------|-------|
| Ke                 | 29.226 | 0,099                 | 0,781 | 0,767      | 0,794 |
| L <sub>night</sub> | 29.483 | 0,091                 | 0,780 | 0,770      | 0,790 |
| NNA60              | 29.924 | 0,077                 | 0,769 | 0,757      | 0,781 |
| NNA65              | 30.118 | 0,071                 | 0,760 | 0,740      | 0,780 |
| NNA55              | 30.134 | 0,071                 | 0,765 | 0,759      | 0,771 |
| NNA70              | 30.280 | 0,066                 | 0,735 | 0,725      | 0,745 |
| NTA45              | 30.359 | 0,064                 | 0,756 | 0,732      | 0,779 |
| NTA50              | 30.449 | 0,061                 | 0,750 | 0,734      | 0,766 |
| NNA50              | 30.506 | 0,059                 | 0,753 | 0,734      | 0,773 |
| NNA45              | 30.638 | 0,055                 | 0,749 | 0,734      | 0,765 |
| NNA75              | 30.702 | 0,053                 | 0,648 | 0,630      | 0,665 |
| NTA55              | 30.753 | 0,052                 | 0,740 | 0,721      | 0,760 |
| NTA75              | 30.938 | 0,046                 | 0,631 | 0,617      | 0,644 |
| NTA60              | 31.091 | 0,041                 | 0,728 | 0,714      | 0,742 |
| NTA70              | 31.114 | 0,041                 | 0,699 | 0,679      | 0,718 |
| NTA65              | 31.505 | 0,028                 | 0,701 | 0,684      | 0,719 |
| NNA80              | 31.539 | 0,027                 | 0,557 | 0,550      | 0,565 |
| NTA80              | 31.580 | 0,026                 | 0,564 | 0,550      | 0,577 |
| Controle (0-model) | 32.426 | 0,000                 | 0,500 | 0,500      | 0,500 |

NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo-R<sup>2</sup>: McFadden Pseudo-R<sup>2</sup>, AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Tabel 6 laat zien dat de relatie tussen blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste laat beschrijven aan de hand van de indicator Kosteneenheid (Ke), gevolgd door L<sub>night</sub> en verschillende waarden van Number Above (NNA60, NNA65, NNA55). Deze hebben de laagste AIC, en hoogste Pseudo-R<sup>2</sup> en AUC.

#### Combinatie van indicatoren

##### Dag-avond-nacht

Tabel 7 laat de resultaten zien van modellen waarbij een combinatie is gemaakt tussen L<sub>den</sub> en één andere geluidindicator.

Tabel 7 Performance van modellen gebaseerd op  $L_{den}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige hinder voor het studiegebied van de luchthaven Schiphol ( $n = 116.894$ ).

| Indicator                    | AIC           | $\Delta AIC$<br>$L_{den}$<br>model | Pseudo- $R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                           | 47.798        | -484                               | 0,113         | 0,777        | 0,769        | 0,785        |
| NA60                         | 47.961        | -321                               | 0,110         | 0,773        | 0,769        | 0,777        |
| NA55                         | 48.044        | -238                               | 0,108         | 0,771        | 0,765        | 0,777        |
| NA65                         | 48.078        | -204                               | 0,108         | 0,771        | 0,761        | 0,781        |
| NA70                         | 48.145        | -137                               | 0,106         | 0,771        | 0,757        | 0,784        |
| NA50                         | 48.200        | -82                                | 0,105         | 0,768        | 0,759        | 0,778        |
| NA75                         | 48.229        | -53                                | 0,105         | 0,767        | 0,756        | 0,779        |
| TA45                         | 48.233        | -49                                | 0,105         | 0,768        | 0,755        | 0,782        |
| NA45                         | 48.248        | -34                                | 0,105         | 0,768        | 0,767        | 0,780        |
| TA60                         | 48.262        | -20                                | 0,104         | 0,767        | 0,763        | 0,771        |
| TA50                         | 48.268        | -14                                | 0,104         | 0,768        | 0,752        | 0,783        |
| TA75                         | 48.273        | -9                                 | 0,104         | 0,767        | 0,761        | 0,773        |
| TA65                         | 48.273        | -9                                 | 0,104         | 0,767        | 0,757        | 0,777        |
| TA70                         | 48.273        | -9                                 | 0,104         | 0,768        | 0,752        | 0,783        |
| TA80                         | 48.279        | -3                                 | 0,104         | 0,767        | 0,763        | 0,771        |
| TA55                         | 48.280        | -2                                 | 0,104         | 0,767        | 0,758        | 0,777        |
| NA80                         | 48.281        | -1                                 | 0,104         | 0,767        | 0,759        | 0,775        |
| <b><math>L_{den}</math>*</b> | <b>48.282</b> | <b>0</b>                           | <b>0,104</b>  | <b>0,767</b> | <b>0,757</b> | <b>0,777</b> |

\*Dit is de performance van een model met alleen maar  $L_{den}$ .

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ ,  $\Delta AIC$   $L_{den}$  model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{den}$ \*, Kleur van de waarde geeft aan met hoeveel zekerheid er gesteld kan worden dat het model een betere fit heeft dan het referentie model (<-10 veel zekerheid, -10 > -2 aanzienlijke zekerheid, -2 > 2 een vergelijkbare fit), AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{den}$  en de indicator kosteneenheid. Dit model heeft de laagste AIC en de hoogste AUC/Pseudo- $R^2$ . De modelfit (AIC) van de modellen op de onderliggende data wordt verbeterd (verschil van meer dan 10) wanneer je meerdere indicatoren combineert, maar er is slechts een kleine toename in nauwkeurigheid van de hindervoorspellingen (AUC). Deze lopen van 0,767 en 0,777.

#### Nacht

Tabel 8 laat de resultaten zien van modellen waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{night}$  en één andere geluidindicator.

Tabel 8 Modellen gebaseerd op  $L_{\text{night}}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige slaapverstoring voor het studiegebied van de luchthaven Schiphol ( $n = 116.686$ ).

| Indicator                              | AIC          | $\Delta\text{AIC}$<br>$L_{\text{night}}$<br>model | Pseudo-<br>$R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|----------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                                     | 29.135       | -348                                              | 0,102            | 0,786        | 0,774        | 0,798        |
| NTA75                                  | 29.446       | -37                                               | 0,092            | 0,780        | 0,766        | 0,794        |
| NNA75                                  | 29.449       | -34                                               | 0,092            | 0,780        | 0,776        | 0,784        |
| NTA65                                  | 29.453       | -30                                               | 0,092            | 0,782        | 0,770        | 0,793        |
| NNA45                                  | 29.458       | -25                                               | 0,092            | 0,782        | 0,769        | 0,796        |
| NTA60                                  | 29.460       | -23                                               | 0,092            | 0,782        | 0,770        | 0,794        |
| NTA55                                  | 29.469       | -14                                               | 0,091            | 0,781        | 0,758        | 0,805        |
| NNA50                                  | 29.478       | -5                                                | 0,091            | 0,781        | 0,767        | 0,795        |
| NNA65                                  | 29.478       | -5                                                | 0,091            | 0,780        | 0,766        | 0,794        |
| NTA45                                  | 29.480       | -3                                                | 0,091            | 0,780        | 0,764        | 0,795        |
| NTA80                                  | 29.482       | -1                                                | 0,091            | 0,780        | 0,762        | 0,792        |
| NNA80                                  | 29.482       | -1                                                | 0,091            | 0,780        | 0,768        | 0,798        |
| NNA55                                  | 29.484       | 1                                                 | 0,091            | 0,780        | 0,770        | 0,793        |
| NNA70                                  | 29.484       | 1                                                 | 0,091            | 0,780        | 0,766        | 0,801        |
|                                        | <b>29.48</b> |                                                   |                  |              |              |              |
| <b><math>L_{\text{night}}^*</math></b> | <b>3</b>     | <b>0</b>                                          | <b>0,091</b>     | <b>0,780</b> | <b>0,770</b> | <b>0,790</b> |
| NNA60                                  | 29.485       | 2                                                 | 0,091            | 0,780        | 0,766        | 0,793        |
| NTA70                                  | 29.485       | 2                                                 | 0,091            | 0,780        | 0,754        | 0,805        |
| NTA50                                  | 29.486       | 3                                                 | 0,091            | 0,780        | 0,766        | 0,793        |

$L_{\text{night}}^*$  = referentiewaarde, model met alleen  $L_{\text{night}}$

NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night Time Above, in aantal seconden; Ke = Kosteneenheid, AIC = Akaike Information Criterion,  $\Delta\text{AIC}$   $L_{\text{night}}$  model = verschil met alleen  $L_{\text{night}}^*$ , Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC = Area Under Curve, 95% BI = 95 procent-betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag, hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{\text{night}}$  en Kosteneenheid. Ook voor ernstige slaapverstoring zien we voor de luchthaven Schiphol dat de modelfit (AIC) van een aantal modellen met meer dan 10 verbetert wanneer je een combinatie maakt, maar er is slechts een kleine toename in nauwkeurigheid (hogere AUC) van de ernstige slaapverstoringvoorspellingen (0,780-0,786).

## 2.2 Maastricht Aachen Airport

### 2.2.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Maastricht Aachen Airport

#### 2.2.1.1 Studiepopulatie

Rond de luchthaven Maastricht deden 33.761 mensen mee aan het onderzoek. Van hen hadden 16.983<sup>3</sup> mensen de vraag over hinder ingevuld en 16.976 mensen de vraag over slaapverstoring. Het grote verschil tussen aantal deelnemers en deelnemers die de hinder en slaapverstoring vragen hebben ingevuld, komt omdat deze vragen niet

<sup>3</sup> Rndom Luchthaven Maastricht zijn de vragen over vliegverkeer alleen in de 'volwassenenvragenlijst' gesteld, niet in de 'ouderenvragenlijst'.

opgenomen zijn in de ouderen-vragenlijst van deze GGD-regio. Tabel 9 laat de verdeling van de scores over de categorieën 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (score 8-10) versus 'geen ernstige hinder/slaapverstoring' zien.

*Tabel 9 Aantallen ernstige gehinderden en ernstig slaapverstoorden in het studiegebied van de luchthaven Maastricht.*

|                   | <b>Hinder</b> | <b>Slaapverstoring</b> |
|-------------------|---------------|------------------------|
| <b>Score 0-7</b>  | 15.383        | 16.302                 |
| <b>Score 8-10</b> | 1.600         | 674                    |
| <b>Totaal</b>     | 16.983        | 16.976                 |

Van het aantal mensen dat de vraag heeft ingevuld, geeft ongeveer 9,4 procent aan ernstige hinder te ervaren. Voor ernstige slaapverstoring is dit ongeveer 4,1 procent. Bijlage (5.2.1) geeft de overlap tussen deelnemers met zowel ernstige hinder als ernstige slaapverstoring.

#### *Blootstelling*

Vanwege de grote overlap tussen Vliegbasis Geilenkirchen en Maastricht Aachen Airport zijn de geluidberekeningen voor deze luchthavens samengenomen.

Tabel 10 staat de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid voor de verschillende geluidindicatoren weergegeven voor het studiegebied Maastricht. Dit is gedaan voor zowel de dag-avond-nachtwaardes als voor de nachtwaardes.

*Tabel 10 Blootstellingsverdeling naar percentielen voor deelnemers in het studiegebied van de luchthaven Maastricht voor de geluidindicatoren  $L_{den}$ ,  $Ke$ ,  $NA_{x}$ ,  $TA_{x}$  (24 uur) ( $n=16.983$ ) en  $L_{night}$ ,  $Ke$ ,  $NNA_{x}$ ,  $NTA_{x}$  (23-7 uur) ( $n=16.976$ ).*

| <b>Indicator</b> | <b>p1</b> | <b>p5</b> | <b>p25</b> | <b>p50</b> | <b>p75</b> | <b>p95</b> | <b>p99</b> |
|------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $L_{den}$        | 23,66     | 25,49     | 32,67      | 37,58      | 40,4       | 49,06      | 54,52      |
| $Ke$             | <1        | <1        | <1         | <1         | <1         | 13,92      | 23,55      |
| $NA_{45}$        | 347       | 537       | 1.202      | 2.188      | 2.818      | 4.898      | 6.456      |
| $NA_{50}$        | 138       | 257       | 758        | 1.549      | 2.188      | 4.074      | 5.754      |
| $NA_{55}$        | 28        | 95        | 490        | 955        | 1.585      | 3.162      | 4.677      |
| $NA_{60}$        | 7         | 21        | 234        | 549        | 1.071      | 2.570      | 4.074      |
| $NA_{65}$        | 1         | 4         | 71         | 234        | 616        | 1.995      | 3.162      |
| $NA_{70}$        | 0         | 0         | 18         | 83         | 245        | 1.445      | 2.291      |
| $NA_{75}$        | 0         | 0         | 4          | 29         | 112        | 955        | 1.659      |
| $NA_{80}$        | 0         | 0         | 1          | 8          | 24         | 339        | 1.230      |
| $TA_{45}$        | 21.380    | 34.674    | 83.176     | 162.181    | 229.087    | 331.131    | 467.735    |
| $TA_{50}$        | 5.623     | 12.023    | 42.658     | 89.125     | 138.038    | 213.796    | 309.029    |
| $TA_{55}$        | 1.071     | 3.162     | 17.378     | 43.651     | 79.433     | 141.254    | 213.796    |
| $TA_{60}$        | 209       | 479       | 5.248      | 18.621     | 40.738     | 93.325     | 141.254    |
| $TA_{65}$        | 26        | 72        | 1.288      | 5.370      | 15.849     | 60.256     | 87.096     |
| $TA_{70}$        | 0         | 6         | 257        | 1.479      | 4.365      | 33.884     | 53.703     |
| $TA_{75}$        | 0         | 0         | 54         | 347        | 1.318      | 15.136     | 33.113     |

| <b>Indicator</b>   | <b>p1</b> | <b>p5</b> | <b>p25</b> | <b>p50</b> | <b>p75</b> | <b>p95</b> | <b>p99</b> |
|--------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TA80               | 0         | 0         | 9          | 57         | 170        | 3.548      | 15.136     |
| L <sub>night</sub> | 4,79      | 6,81      | 12,54      | 17,01      | 21,52      | 32,38      | 38,38      |
| Ke                 | <1        | <1        | <1         | <1         | <1         | 13,87      | 23,55      |
| NNA45              | 0         | 1         | 2          | 5          | 8          | 14         | 18         |
| NNA50              | 0         | 0         | 1          | 3          | 6          | 11         | 17         |
| NNA55              | 0         | 0         | 0          | 2          | 4          | 9          | 15         |
| NNA60              | 0         | 0         | 0          | 1          | 2          | 8          | 11         |
| NNA65              | 0         | 0         | 0          | 0          | 1          | 8          | 9          |
| NNA70              | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 5          | 8          |
| NNA75              | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 2          | 8          |
| NNA80              | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 6          |
| NTA45              | 115       | 186       | 933        | 1.862      | 3.020      | 5.370      | 7.079      |
| NTA50              | 40        | 68        | 355        | 891        | 1.659      | 3.631      | 4.786      |
| NTA55              | 9         | 24        | 110        | 355        | 832        | 2.570      | 3.162      |
| NTA60              | 0         | 0         | 30         | 95         | 323        | 1.778      | 2.138      |
| NTA65              | 0         | 0         | 0          | 20         | 78         | 1.122      | 1.412      |
| NTA70              | 0         | 0         | 0          | 0          | 18         | 525        | 933        |
| NTA75              | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 132        | 549        |
| NTA80              | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 11         | 245        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid, NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night  
 Time Above, in aantal seconden.

## 2.2.2

### *Samenhang (correlatie) indicatoren*

In Tabel 11 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de L<sub>den</sub> en de overige geluidindicatoren (Ke, NA<sub>x</sub> en TA<sub>x</sub>) voor de luchthaven Maastricht. Een correlatie van 1 betekent een perfecte samenhang en 0 geen samenhang. De hoogste correlatie voor de luchthaven Maastricht is tussen L<sub>den</sub> en Ke (r=0,99).

*Tabel 11 Samenhang tussen enerzijds L<sub>den</sub> anderzijds Ke, NA<sub>x</sub> en TA<sub>x</sub> voor het studiegebied van de luchthaven Maastricht (n=16.983).*

| <b>Ke</b>   |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,99        |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>NA45</b> | <b>NA50</b> | <b>NA55</b> | <b>NA60</b> | <b>NA65</b> | <b>NA70</b> | <b>NA75</b> | <b>NA80</b> |
| 0,84        | 0,88        | 0,89        | 0,90        | 0,91        | 0,91        | 0,90        | 0,86        |
| <b>TA45</b> | <b>TA50</b> | <b>TA55</b> | <b>TA60</b> | <b>TA65</b> | <b>TA70</b> | <b>TA75</b> | <b>TA80</b> |
| 0,88        | 0,90        | 0,91        | 0,93        | 0,94        | 0,89        | 0,87        | 0,84        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid.

In Tabel 12 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de L<sub>night</sub> en de overige geluidindicatoren (Ke, NNA<sub>x</sub> en NTA<sub>x</sub>) voor de luchthaven Maastricht. De hoogste correlatie voor de nachtperiode is L<sub>den</sub> en NTA55 (r=0,91). Terwijl de laagste correlatie met NNA80 is (r=0,49).

Tabel 12 Samenhang tussen enerzijds  $L_{night}$  anderzijds  $Ke$ ,  $NNA_x$  en  $NTA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Maastricht ( $n=16.976$ ).

|              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ke</b>    |              |              |              |              |              |              |              |
| 0,81         |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>NNA45</b> | <b>NNA50</b> | <b>NNA55</b> | <b>NNA60</b> | <b>NNA65</b> | <b>NNA70</b> | <b>NNA75</b> | <b>NNA80</b> |
| 0,80         | 0,83         | 0,86         | 0,86         | 0,82         | 0,76         | 0,66         | 0,49         |
| <b>NTA45</b> | <b>NTA50</b> | <b>NTA55</b> | <b>NTA60</b> | <b>NTA65</b> | <b>NTA70</b> | <b>NTA75</b> | <b>NTA80</b> |
| 0,87         | 0,90         | 0,91         | 0,84         | 0,83         | 0,83         | 0,77         | 0,63         |

Ke=Kosteneenheid, NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above.

### 2.2.3

#### Kwaliteit verschillende modellen

##### Eén geluidindicator

Tabel 13 geeft een overzicht van de kwaliteit van de enkelvoudige logistische regressie modellen voor de dag-avond-nacht periode ( $L_{den}$ ) voor de luchthaven Maastricht.

Tabel 13 Performance van modellen voor ernstige hinder, gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied van de Luchthaven Maastricht ( $n=16.983$ ).

| Indicator             | AIC   | Pseudo-<br>$R^2$ | AUC   | 95% BI AUC |       |
|-----------------------|-------|------------------|-------|------------|-------|
| $L_{den}$             | 8.833 | 0,088            | 0,730 | 0,710      | 0,750 |
| Ke                    | 8.838 | 0,088            | 0,730 | 0,700      | 0,759 |
| TA65                  | 9.056 | 0,065            | 0,728 | 0,685      | 0,771 |
| NA65                  | 9.084 | 0,062            | 0,725 | 0,713      | 0,736 |
| TA60                  | 9.104 | 0,060            | 0,728 | 0,677      | 0,778 |
| TA45                  | 9.110 | 0,060            | 0,721 | 0,692      | 0,750 |
| TA55                  | 9.113 | 0,059            | 0,726 | 0,696      | 0,755 |
| TA50                  | 9.113 | 0,059            | 0,724 | 0,683      | 0,765 |
| NA55                  | 9.123 | 0,058            | 0,722 | 0,686      | 0,757 |
| NA50                  | 9.124 | 0,058            | 0,716 | 0,699      | 0,734 |
| NA60                  | 9.124 | 0,058            | 0,726 | 0,697      | 0,755 |
| TA70                  | 9.125 | 0,058            | 0,717 | 0,682      | 0,753 |
| NA70                  | 9.135 | 0,057            | 0,717 | 0,685      | 0,748 |
| NA45                  | 9.148 | 0,056            | 0,707 | 0,668      | 0,746 |
| NA75                  | 9.199 | 0,050            | 0,699 | 0,682      | 0,717 |
| NA80                  | 9.214 | 0,049            | 0,683 | 0,660      | 0,707 |
| TA75                  | 9.237 | 0,046            | 0,699 | 0,684      | 0,715 |
| TA80                  | 9.242 | 0,046            | 0,686 | 0,643      | 0,729 |
| Controle<br>(0-model) | 9.684 | 0,000            | 0,500 | 0,500      | 0,500 |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag, hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Maastricht zich het beste beschrijven

met de indicator  $L_{den}$ , gevolgd door de indicator Kosteneenheid, Time Above 65, en Number Above 65. Deze hebben de laagste AIC dus de beste modelfit en zijn het nauwkeurigst in het voorspellen (hoge AUC).

#### Nacht

Tabel 14 geeft een overzicht van de kwaliteit van de logistische regressiemodellen voor de onderzochte geluidindicatoren voor de nacht periode.

*Tabel 14 Performance van modellen voor ernstige slaapverstoring gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (nacht) voor studiegebied van de luchthaven Maastricht (n=16.967).*

| Indicator             | AIC   | Pseudo-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|------------|-------|
| Ke                    | 4.778 | 0,050                 | 0,703 | 0,630      | 0,775 |
| $L_{night}$           | 4.801 | 0,046                 | 0,698 | 0,657      | 0,739 |
| NNA65                 | 4.822 | 0,041                 | 0,678 | 0,637      | 0,720 |
| NNA60                 | 4.835 | 0,039                 | 0,684 | 0,643      | 0,725 |
| NTA55                 | 4.842 | 0,037                 | 0,688 | 0,651      | 0,726 |
| NTA70                 | 4.847 | 0,036                 | 0,677 | 0,638      | 0,716 |
| NTA50                 | 4.849 | 0,036                 | 0,685 | 0,669      | 0,700 |
| NNA50                 | 4.870 | 0,032                 | 0,678 | 0,639      | 0,717 |
| NTA45                 | 4.870 | 0,032                 | 0,675 | 0,631      | 0,718 |
| NTA60                 | 4.872 | 0,031                 | 0,691 | 0,650      | 0,732 |
| NTA75                 | 4.873 | 0,031                 | 0,637 | 0,607      | 0,666 |
| NNA70                 | 4.878 | 0,030                 | 0,626 | 0,585      | 0,667 |
| NNA45                 | 4.879 | 0,030                 | 0,673 | 0,646      | 0,701 |
| NNA55                 | 4.886 | 0,029                 | 0,680 | 0,622      | 0,739 |
| NTA65                 | 4.903 | 0,025                 | 0,681 | 0,636      | 0,727 |
| NNA75                 | 4.910 | 0,024                 | 0,604 | 0,578      | 0,629 |
| NTA80                 | 4.941 | 0,018                 | 0,585 | 0,544      | 0,626 |
| NNA80                 | 4.987 | 0,009                 | 0,552 | 0,513      | 0,591 |
| Controle<br>(0-model) | 5.028 | 0,000                 | 0,500 | 0,500      | 0,500 |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo-R<sup>2</sup>: de McFadden pseudo-R<sup>2</sup>, AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag, hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring voor de luchthaven Maastricht zich het beste beschrijven met de indicator Kosteneenheid, gevolgd door  $L_{night}$ , NNA65, NNA60 en NTA55. Deze hebben de beste modelfit (laagste AIC, hoogste pseudo R<sup>2</sup>) en hoogste AUC (beste voorspelling).

#### Combinatie van indicatoren

##### Dag-avond-nacht

Tabel 15 laat de resultaten zien van modellen waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{den}$  en één andere geluidindicator.



Tabel 15 Performance van modellen gebaseerd op  $L_{den}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige hinder voor het studiegebied van de luchthaven Maastricht ( $n = 16.983$ ).

| Indicator                     | AIC          | $\Delta AIC$<br>$L_{den}$ model | Pseudo-<br>$R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| TA75                          | 8.757        | -76                             | 0,096            | 0,740        | 0,722        | 0,757        |
| NA75                          | 8.762        | -71                             | 0,096            | 0,739        | 0,700        | 0,779        |
| NA70                          | 8.784        | -49                             | 0,093            | 0,734        | 0,685        | 0,783        |
| TA70                          | 8.794        | -39                             | 0,092            | 0,734        | 0,705        | 0,764        |
| NA80                          | 8.800        | -33                             | 0,092            | 0,738        | 0,703        | 0,773        |
| TA80                          | 8.803        | -30                             | 0,091            | 0,736        | 0,721        | 0,752        |
| TA65                          | 8.804        | -29                             | 0,091            | 0,729        | 0,708        | 0,751        |
| TA60                          | 8.809        | -24                             | 0,091            | 0,727        | 0,699        | 0,754        |
| NA65                          | 8.814        | -19                             | 0,090            | 0,728        | 0,691        | 0,765        |
| NA60                          | 8.816        | -17                             | 0,090            | 0,725        | 0,694        | 0,757        |
| TA55                          | 8.819        | -14                             | 0,090            | 0,726        | 0,697        | 0,755        |
| NA55                          | 8.824        | -9                              | 0,089            | 0,727        | 0,709        | 0,744        |
| TA50                          | 8.828        | -5                              | 0,089            | 0,727        | 0,696        | 0,759        |
| NA50                          | 8.832        | -1                              | 0,088            | 0,729        | 0,676        | 0,781        |
| <b><math>L_{den}^*</math></b> | <b>8.833</b> | <b>0</b>                        | <b>0,088</b>     | <b>0,730</b> | <b>0,710</b> | <b>0,750</b> |
| Ke                            | 8.834        | 1                               | 0,088            | 0,731        | 0,711        | 0,750        |
| TA45                          | 8.835        | 2                               | 0,088            | 0,729        | 0,684        | 0,774        |
| NA45                          | 8.835        | 2                               | 0,088            | 0,731        | 0,678        | 0,784        |

$L_{den}^*$ =referentiewaarde, model met alleen  $L_{den}$

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ ,  $\Delta AIC$   $L_{den}$  model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{den}^*$ . Kleur van de waarde geeft aan met hoeveel zekerheid er gesteld kan worden dat het model een betere fit heeft dan het referentiemodel (<-10 veel zekerheid, -10 > -2 aanzienlijke zekerheid, -2 > 2 een vergelijkbare fit), AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{den}$  en TA75. Er is weinig verschil tussen TA75 en NA75 als we kijken naar AIC- en AUC-waarden. De vergelijking laat zien dat de toegevoegde waarde van het maken van een combinatie van indicatoren klein is. De modelfit (AIC) van veel modellen wordt verbeterd wanneer je meerdere indicatoren combineert (verschil van meer dan 10), maar er is slechts een kleine toename in nauwkeurigheid van de hindervoorspellingen (AUC).

#### Nacht

Tabel 16 laat de resultaten zien van modellen waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{night}$  en een andere geluidindicator.

Tabel 16 Modellen gebaseerd op  $L_{\text{night}}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige slaapverstoring voor het studiegebied van de luchthaven Maastricht ( $n = 116.686$ ).

| Indicator                             | AIC          | $\Delta AIC$ $L_{\text{night}}$ model | Pseudo- $R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                                    | 4.766        | -35                                   | 0,053         | 0,710        | 0,665        | 0,755        |
| NTA65                                 | 4.794        | -7                                    | 0,047         | 0,701        | 0,676        | 0,727        |
| NNA65                                 | 4.796        | -5                                    | 0,047         | 0,702        | 0,646        | 0,759        |
| NNA60                                 | 4.800        | -1                                    | 0,046         | 0,698        | 0,647        | 0,749        |
| <b><math>L_{\text{night}}</math>*</b> | <b>4.801</b> | <b>0</b>                              | <b>0,046</b>  | <b>0,698</b> | <b>0,657</b> | <b>0,739</b> |
| NNA55                                 | 4.801        | 0                                     | 0,046         | 0,698        | 0,642        | 0,755        |
| NTA70                                 | 4.801        | 0                                     | 0,046         | 0,699        | 0,613        | 0,785        |
| NTA60                                 | 4.802        | 1                                     | 0,046         | 0,699        | 0,638        | 0,760        |
| NNA75                                 | 4.802        | 1                                     | 0,046         | 0,698        | 0,663        | 0,733        |
| NTA80                                 | 4.802        | 1                                     | 0,046         | 0,699        | 0,640        | 0,758        |
| NTA45                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,697        | 0,636        | 0,758        |
| NNA70                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,699        | 0,654        | 0,744        |
| NNA50                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,697        | 0,643        | 0,752        |
| NNA45                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,698        | 0,649        | 0,747        |
| NNA80                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,698        | 0,647        | 0,749        |
| NTA75                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,699        | 0,646        | 0,752        |
| NTA50                                 | 4.803        | 2                                     | 0,046         | 0,699        | 0,661        | 0,736        |
| NTA55                                 | 4.803        | 2                                     | 0,045         | 0,699        | 0,670        | 0,728        |

$L_{\text{night}}$ \*=referentiewaarde, model met alleen  $L_{\text{night}}$ .

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion,  $\Delta AIC$  Lden model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{\text{night}}$ \*, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste beschrijven door de combinatie tussen  $L_{\text{night}}$  en Kosteneenheid. Voor ernstige slaapverstoring zien we dat het verschil in modelfit (delta AIC) klein is wanneer je meerdere indicatoren toevoegt. Alleen de indicator Kosteneenheid laat een groter verschil van -10 zien met het model met alleen  $L_{\text{night}}$ . De resultaten voor de nauwkeurigheid van de ernstig slaapverstoringvoorspellingen liggen dicht bij elkaar (range tussen 0,697 en 0,710).

## 2.3 Rotterdam The Hague Airport

### 2.3.1 Beschrijving studiebevolking en blootstelling Rotterdam The Hague Airport

#### 2.3.1.1 Studiebevolking

Rond de luchthaven Rotterdam deden 52.668 mensen mee aan het onderzoek. Van hen hadden 48.156 mensen de vraag over hinder ingevuld en 48.271 mensen de vraag over slaapverstoring. Tabel 17 laat de verdeling van de scores over de categorieën 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (score 8-10) versus 'geen ernstige hinder/slapverstoring' zien.

Tabel 17 Aantallen ernstige gehinderden en ernstig slaapverstoorden in het studiegebied van de luchthaven Rotterdam.

|                   | Hinder | Slaapverstoring |
|-------------------|--------|-----------------|
| <b>Score 0-7</b>  | 46.672 | 47.532          |
| <b>Score 8-10</b> | 1.484  | 739             |
| <b>Totaal</b>     | 48.156 | 48.271          |

Van het aantal deelnemers dat de vraag heeft ingevuld, geeft ongeveer 3,1 procent aan ernstige hinder te ervaren. Voor ernstige slaapverstoring is dit ongeveer 1,5 procent. Bijlage 5.2.1 geeft het aantal deelnemers dat zowel ernstige hinder als ernstige slaapverstoring ervaart.

#### Blootstelling

In Tabel 18 staat de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid voor de verschillende geluidindicatoren weergegeven voor het studiegebied Rotterdam. Dit is gedaan voor zowel de dag-avond-nachtwaardes als voor de nachtwaardes.

Tabel 18 Blootstellingsverdeling naar percentielen voor deelnemers in het studiegebied van de luchthaven Rotterdam voor de geluidindicatoren  $L_{den}$ ,  $Ke$ ,  $NAx$ ,  $TAx$  (24 uur) ( $n=48.156$ ) en  $L_{night}$ ,  $Ke$ ,  $NNAx$ ,  $NTAx$  (23-7 uur) ( $n=48.271$ ).

| Indicator   | p1    | p5    | p25    | p50    | p75     | p95     | p99     |
|-------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| $L_{den}$   | 17,81 | 20,22 | 24,42  | 27,67  | 32,3    | 41,2    | 47,59   |
| $Ke$        | <1    | <1    | <1     | <1     | <1      | 2,13    | 12,48   |
| NA45        | 36    | 76    | 269    | 933    | 2.042   | 6.309   | 7.762   |
| NA50        | 1     | 35    | 87     | 389    | 1.023   | 4.786   | 6.918   |
| NA55        | 0     | 14    | 34     | 120    | 537     | 3.311   | 6.166   |
| NA60        | 0     | 4     | 13     | 36     | 204     | 1.698   | 4.571   |
| NA65        | 0     | 0     | 4      | 9      | 29      | 724     | 2.951   |
| NA70        | 0     | 0     | 0      | 0      | 1       | 68      | 1.479   |
| NA75        | 0     | 0     | 0      | 0      | 0       | 1       | 426     |
| NA80        | 0     | 0     | 0      | 0      | 0       | 0       | 9       |
| TA45        | 4.074 | 6.761 | 26.303 | 63.096 | 154.882 | 489.779 | 691.831 |
| TA50        | 1.549 | 2.951 | 10.965 | 26.303 | 77.625  | 281.838 | 478.630 |
| TA55        | 479   | 955   | 3.388  | 8.912  | 30.199  | 144.544 | 309.029 |
| TA60        | 89    | 257   | 776    | 2.089  | 8.710   | 63.096  | 173.780 |
| TA65        | 10    | 24    | 78     | 190    | 933     | 19.498  | 87.096  |
| TA70        | 0     | 0     | 0      | 8      | 25      | 1.585   | 33.113  |
| TA75        | 0     | 0     | 0      | 0      | 0       | 19      | 6.025   |
| TA80        | 0     | 0     | 0      | 0      | 0       | 0       | 55      |
| $L_{night}$ | 1,67  | 4,92  | 9,14   | 12,66  | 16,39   | 27,31   | 36,63   |
| $Ke$        | <1    | <1    | <1     | <1     | <1      | 2,03    | 12,48   |
| NNA45       | 0     | 0     | 1      | 2      | 11      | 30      | 39      |
| NNA50       | 0     | 0     | 0      | 1      | 2       | 26      | 37      |
| NNA55       | 0     | 0     | 0      | 0      | 1       | 13      | 30      |
| NNA60       | 0     | 0     | 0      | 0      | 0       | 4       | 26      |

| Indicator | p1 | p5  | p25 | p50 | p75   | p95    | p99    |
|-----------|----|-----|-----|-----|-------|--------|--------|
| NNA65     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 1      | 12     |
| NNA70     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0      | 10     |
| NNA75     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0      | 0      |
| NNA80     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0      | 0      |
| NTA45     | 72 | 126 | 323 | 741 | 1.778 | 18.197 | 26.915 |
| NTA50     | 4  | 32  | 135 | 347 | 891   | 10.471 | 17.378 |
| NTA55     | 0  | 0   | 39  | 132 | 347   | 3.981  | 12.023 |
| NTA60     | 0  | 0   | 10  | 38  | 105   | 1.023  | 7.586  |
| NTA65     | 0  | 0   | 0   | 0   | 8     | 195    | 3.715  |
| NTA70     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 24     | 1.445  |
| NTA75     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0      | 115    |
| NTA80     | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0      | 0      |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid, NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night Time Above, in aantal seconden.

### 2.3.2

#### *Samenhang (correlatie) indicatoren*

In Tabel 19 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de  $L_{den}$  en de overige geluidindicatoren (Ke,  $NA_x$  en  $TA_x$ ) voor de luchthaven Rotterdam. Een correlatie van 1 betekent een perfecte samenhang. De hoogste correlatie voor de luchthaven Rotterdam is tussen  $L_{den}$  en Kosteneenheid ( $r=0,97$ ).

*Tabel 19 Samenhang tussen enerzijds  $L_{den}$  anderzijds Ke,  $NA_x$  en  $TA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam.*

| <b>Ke</b>   |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,97        |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>NA45</b> | <b>NA50</b> | <b>NA55</b> | <b>NA60</b> | <b>NA65</b> | <b>NA70</b> | <b>NA75</b> | <b>NA80</b> |
| 0,80        | 0,78        | 0,78        | 0,81        | 0,79        | 0,74        | 0,61        | 0,44        |
| <b>TA45</b> | <b>TA50</b> | <b>TA55</b> | <b>TA60</b> | <b>TA65</b> | <b>TA70</b> | <b>TA75</b> | <b>TA80</b> |
| 0,93        | 0,96        | 0,96        | 0,96        | 0,93        | 0,73        | 0,65        | 0,51        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid.

In Tabel 20 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de  $L_{night}$  en de overige geluidindicatoren (Ke,  $NNA_x$  en  $NTA_x$ ) voor de luchthaven Rotterdam. Hierbij valt op dat de hogere blootstelling ( $NNA_{80}$  en  $NTA_{80}$ ) een lage correlatie hebben met  $L_{night}$ . Dit komt doordat veel deelnemers hier een waarde 0 hebben voor deze geluidindicatoren.

Tabel 20 Samenhang tussen enerzijds  $L_{night}$  anderzijds Ke, NNAx en NTAx voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam.

| <b>Ke</b>    |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,69         |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>NNA45</b> | <b>NNA50</b> | <b>NNA55</b> | <b>NNA60</b> | <b>NNA65</b> | <b>NNA70</b> | <b>NNA75</b> | <b>NNA80</b> |
| 0,76         | 0,76         | 0,78         | 0,79         | 0,70         | 0,53         | 0,31         | 0,10         |
| <b>NTA45</b> | <b>NTA50</b> | <b>NTA55</b> | <b>NTA60</b> | <b>NTA65</b> | <b>NTA70</b> | <b>NTA75</b> | <b>NTA80</b> |
| 0,96         | 0,90         | 0,78         | 0,79         | 0,74         | 0,70         | 0,49         | 0,19         |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid.

### 2.3.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen Eén geluidindicator

#### Dag-avond-nacht

Tabel 21 geeft een overzicht van de kwaliteit van de verschillende BR-relaties met de onderzochte geluidindicatoren voor de dag-avond-nachtperiode ( $L_{den}$ ). De kwaliteit is beoordeeld aan de hand van verschillende statistische maten. De AIC zegt iets over de modelfit, evenals de  $R^2$ . De AUC gaat over hoe goed een geluidindicator onderscheid kan maken tussen degene die gehinderd zijn door vliegtuiggeluid of niet.

Tabel 21 Performance van modellen voor ernstige hinder, gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam ( $n = 48.156$ ).

| <b>Indicator</b>      | <b>AIC</b> | <b>Pseudo-<math>R^2</math></b> | <b>AUC</b> | <b>95% BI AUC</b> |       |
|-----------------------|------------|--------------------------------|------------|-------------------|-------|
| $L_{den}$             | 10.453     | 0,093                          | 0,750      | 0,722             | 0,777 |
| NA65                  | 10.464     | 0,092                          | 0,749      | 0,710             | 0,789 |
| NA60                  | 10.500     | 0,089                          | 0,750      | 0,719             | 0,782 |
| Ke                    | 10.516     | 0,088                          | 0,748      | 0,716             | 0,779 |
| TA65                  | 10.531     | 0,087                          | 0,745      | 0,735             | 0,755 |
| TA60                  | 10.571     | 0,083                          | 0,743      | 0,698             | 0,788 |
| NA70                  | 10.584     | 0,082                          | 0,690      | 0,657             | 0,724 |
| NA55                  | 10.610     | 0,080                          | 0,746      | 0,725             | 0,768 |
| NA50                  | 10.642     | 0,077                          | 0,744      | 0,699             | 0,789 |
| TA55                  | 10.654     | 0,076                          | 0,742      | 0,716             | 0,767 |
| TA50                  | 10.687     | 0,073                          | 0,741      | 0,708             | 0,774 |
| TA45                  | 10.709     | 0,071                          | 0,739      | 0,690             | 0,788 |
| TA70                  | 10.725     | 0,070                          | 0,725      | 0,684             | 0,766 |
| NA45                  | 10.737     | 0,069                          | 0,740      | 0,707             | 0,774 |
| NA75                  | 10.774     | 0,066                          | 0,642      | 0,603             | 0,681 |
| TA75                  | 10.780     | 0,065                          | 0,648      | 0,607             | 0,689 |
| TA80                  | 11.087     | 0,038                          | 0,606      | 0,598             | 0,614 |
| NA80                  | 11.188     | 0,030                          | 0,580      | 0,563             | 0,598 |
| Controle<br>(0-model) | 11.527     | 0,000                          | 0,500      | 0,500             | 0,500 |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is

schaal van hoog naar laag. Hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Rotterdam zich het beste beschrijven met de indicator  $L_{den}$ , gevolgd door NA65, NA60, en Kosteneenheid.

### Nacht

Tabel 22 geeft voor de luchthaven Rotterdam een overzicht van de kwaliteit van de verschillende BR-relaties met de onderzochte geluidindicatoren voor de nacht periode.

*Tabel 22 Performance van modellen voor ernstige slaapverstoring gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam (n= 47.922).*

| Indicator             | AIC   | Pseudo-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|------------|-------|
| Ke                    | 6.762 | 0,054                 | 0,735 | 0,682      | 0,788 |
| $L_{night}$           | 6.771 | 0,053                 | 0,740 | 0,687      | 0,793 |
| NTA65                 | 6.775 | 0,052                 | 0,727 | 0,688      | 0,767 |
| NNA60                 | 6.775 | 0,052                 | 0,719 | 0,660      | 0,778 |
| NNA50                 | 6.795 | 0,049                 | 0,744 | 0,697      | 0,791 |
| NTA45                 | 6.796 | 0,049                 | 0,735 | 0,692      | 0,778 |
| NNA55                 | 6.810 | 0,047                 | 0,739 | 0,674      | 0,803 |
| NNA65                 | 6.829 | 0,045                 | 0,656 | 0,603      | 0,709 |
| NTA70                 | 6.839 | 0,043                 | 0,652 | 0,619      | 0,686 |
| NTA50                 | 6.843 | 0,043                 | 0,732 | 0,685      | 0,779 |
| NNA45                 | 6.933 | 0,030                 | 0,730 | 0,685      | 0,776 |
| NTA75                 | 6.936 | 0,030                 | 0,598 | 0,561      | 0,635 |
| NNA70                 | 6.948 | 0,028                 | 0,602 | 0,596      | 0,608 |
| NTA55                 | 6.956 | 0,027                 | 0,729 | 0,676      | 0,782 |
| NTA60                 | 6.958 | 0,027                 | 0,723 | 0,694      | 0,753 |
| NNA75                 | 7.082 | 0,009                 | 0,536 | 0,501      | 0,572 |
| NTA80                 | 7.128 | 0,003                 | 0,519 | 0,511      | 0,527 |
| NNA80                 | 7.136 | 0,002                 | 0,505 | 0,499      | 0,511 |
| Controle<br>(0-model) | 7.146 | 0,000                 | 0,500 | 0,500      | 0,505 |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo-R<sup>2</sup>: de McFadden pseudo-R<sup>2</sup>, AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

De relatie tussen blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring voor de luchthaven Rotterdam laat zich het beste beschrijven aan de hand van de indicator Kosteneenheid, gevolgd door  $L_{night}$ , NTA65 en NNA60 (Tabel 21). De AIC- en AUC-waarden van de modellen NTA80, NNA80 zijn vergelijkbaar met het controlemodel (0-model).

### Combinatie van indicatoren

#### Dag-avond-nacht

Tabel 23 laat de resultaten zien van modellen waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{den}$  en één andere geluidindicator voor de luchthaven Rotterdam.

*Tabel 23 Performance van modellen gebaseerd op  $L_{den}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige hinder voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam ( $n = 48.156$ ).*

| Indicator                     | AIC           | $\Delta AIC$<br>$L_{den}$ model | Pseudo-<br>$R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|-------------------------------|---------------|---------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| NA65                          | 10.395        | -58                             | 0,099            | 0,757        | 0,718        | 0,796        |
| TA55                          | 10.411        | -42                             | 0,097            | 0,753        | 0,720        | 0,786        |
| NA70                          | 10.417        | -36                             | 0,097            | 0,746        | 0,703        | 0,789        |
| NA60                          | 10.417        | -36                             | 0,097            | 0,754        | 0,726        | 0,781        |
| NA75                          | 10.418        | -35                             | 0,097            | 0,749        | 0,710        | 0,789        |
| TA50                          | 10.421        | -32                             | 0,096            | 0,753        | 0,747        | 0,759        |
| NA55                          | 10.437        | -16                             | 0,095            | 0,751        | 0,742        | 0,761        |
| NA50                          | 10.439        | -14                             | 0,095            | 0,752        | 0,695        | 0,809        |
| TA45                          | 10.440        | -13                             | 0,095            | 0,751        | 0,737        | 0,765        |
| TA60                          | 10.444        | -9                              | 0,094            | 0,751        | 0,711        | 0,790        |
| TA75                          | 10.447        | -6                              | 0,094            | 0,750        | 0,716        | 0,783        |
| NA80                          | 10.449        | -4                              | 0,094            | 0,749        | 0,720        | 0,779        |
| TA80                          | 10.449        | -4                              | 0,094            | 0,749        | 0,720        | 0,779        |
| NA45                          | 10.451        | -2                              | 0,094            | 0,750        | 0,703        | 0,797        |
| TA70                          | 10.452        | -1                              | 0,094            | 0,749        | 0,732        | 0,767        |
| <b><math>L_{den}^*</math></b> | <b>10.453</b> | <b>0</b>                        | <b>0,093</b>     | <b>0,750</b> | <b>0,722</b> | <b>0,777</b> |
| TA65                          | 10.455        | 2                               | 0,093            | 0,750        | 0,711        | 0,789        |
| Ke                            | 10.455        | 2                               | 0,093            | 0,750        | 0,714        | 0,785        |

$L_{den}^*$ =referentiewaarde, model met alleen  $L_{den}$

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ ,  $\Delta AIC$   $L_{den}$ -model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{den}^*$ . Kleur van de waarde geeft aan met hoeveel zekerheid er gesteld kan worden dat het model een betere fit heeft dan het referentiemodel (<-10 veel zekerheid, -10 > -2 aanzienlijke zekerheid, -2 > 2 een vergelijkbare fit), AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{den}$  en NA65, gevolgd door TA55.

#### Nacht

Tabel 24 laat de resultaten zien van modellen, waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{night}$  en een andere geluidindicator voor de luchthaven Rotterdam.

Tabel 24 Modellen gebaseerd op  $L_{\text{night}}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige slaapverstoring voor het studiegebied van de luchthaven Rotterdam ( $n = 47.922$ ).

| Indicator                              | AIC          | $\Delta$ AIC<br>$L_{\text{night}}$ model | Pseudo- $R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|----------------------------------------|--------------|------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                                     | 6.722        | -49                                      | 0,060         | 0,745        | 0,674        | 0,815        |
| NTA65                                  | 6.741        | -30                                      | 0,057         | 0,739        | 0,677        | 0,802        |
| NTA75                                  | 6.747        | -24                                      | 0,056         | 0,742        | 0,701        | 0,783        |
| NNA50                                  | 6.749        | -22                                      | 0,056         | 0,744        | 0,689        | 0,799        |
| NNA60                                  | 6.751        | -20                                      | 0,056         | 0,742        | 0,703        | 0,781        |
| NTA55                                  | 6.755        | -16                                      | 0,055         | 0,743        | 0,718        | 0,769        |
| NTA60                                  | 6.758        | -13                                      | 0,055         | 0,742        | 0,681        | 0,803        |
| NNA65                                  | 6.759        | -12                                      | 0,055         | 0,741        | 0,686        | 0,796        |
| NNA55                                  | 6.760        | -11                                      | 0,055         | 0,743        | 0,700        | 0,786        |
| NNA70                                  | 6.761        | -10                                      | 0,055         | 0,740        | 0,681        | 0,799        |
| NTA70                                  | 6.766        | -5                                       | 0,054         | 0,740        | 0,693        | 0,787        |
| NTA50                                  | 6.767        | -4                                       | 0,054         | 0,744        | 0,706        | 0,781        |
| NNA75                                  | 6.769        | -2                                       | 0,053         | 0,742        | 0,697        | 0,787        |
| <b><math>L_{\text{night}}^*</math></b> | <b>6.771</b> | <b>0</b>                                 | <b>0,053</b>  | <b>0,740</b> | <b>0,687</b> | <b>0,793</b> |
| NNA45                                  | 6.771        | 0                                        | 0,053         | 0,739        | 0,690        | 0,788        |
| NTA80                                  | 6.772        | 1                                        | 0,053         | 0,742        | 0,681        | 0,803        |
| NNA80                                  | 6.772        | 1                                        | 0,053         | 0,741        | 0,696        | 0,786        |
| NTA45                                  | 6.772        | 1                                        | 0,053         | 0,740        | 0,697        | 0,783        |

$L_{\text{night}}^*$ =referentiewaarde, model met alleen  $L_{\text{night}}$ .

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion,  $\Delta$ AIC  $L_{\text{den}}$  model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{\text{den}}$ , Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent-betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste beschrijven door de combinatie tussen  $L_{\text{night}}$  en Kosteneenheid. Ook voor ernstige slaapverstoring zien we dat de modelfit (AIC) van de meeste modellen wordt verbeterd wanneer je meerdere indicatoren toevoegt, maar zien we kleine verschillen in nauwkeurigheid (AUC) van de slaapverstoringvoorspellingen.

## 2.4 Groningen Airport Eelde

### 2.4.1 Beschrijving studiebevolking en blootstelling Groningen Airport Eelde Studiebevolking

Rond de luchthaven Groningen deden 5.543 mensen mee aan het onderzoek. Van hen hadden 5.002 mensen de vraag over hinder ingevuld en 4.984 mensen de vraag over slaapverstoring. Tabel 25 laat de verdeling van de scores over de categorieën 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (score 8-10) versus 'geen ernstige hinder/slaapverstoring' zien.



Tabel 25 Aantallen ernstige gehinderden en ernstig slaapverstoorden in het studiegebied van de luchthaven Groningen.

|                   | Hinder | Slaapverstoring |
|-------------------|--------|-----------------|
| <b>Score 0-7</b>  | 4.895  | 4.952           |
| <b>Score 8-10</b> | 107    | 32              |
| <b>Totaal</b>     | 5.002  | 4.984           |

Van het aantal mensen dat de vraag heeft ingevuld, geeft ongeveer 2,1 procent aan ernstige hinder te ervaren. Voor ernstige slaapverstoring is dit ongeveer 0,6 procent. Dat respondenten slaapverstoring aangeven terwijl er geen nachtvluchten uitgevoerd worden op de luchthaven Groningen hoeft niet vreemd te zijn: het slaappatroon van mensen hoeft niet overeen te komen met het 'nachtpatroon' (23-7 uur) dat voor de  $L_{den}$  wordt gehanteerd. Bijlage (5.2.1) geeft de gecombineerde effecten (zowel ernstige hinder als ernstige slaapverstoring) weer.

#### Blootstelling

In Tabel 26 staat de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid voor de verschillende geluidindicatoren weergegeven voor het studiegebied Groningen. Dit is gedaan voor zowel de dag-avond-nachtwaardes als voor de nachtwaardes. Voor de verdeling zijn percentielen (px) gebruikt. Dit geeft aan welk deel (percentage) van de deelnemers een waarde heeft die kleiner of gelijk is aan de waarde die bij het betreffende percentiel hoort.

Tabel 26 Blootstellingsverdeling naar percentielen voor deelnemers in het studiegebied van de luchthaven Groningen voor de geluidindicatoren  $L_{den}$ , Ke,  $NAx$ ,  $TAx$  (24 uur) ( $n=5.002$ ).

| Indicator | p1    | p5    | p25   | p50   | p75     | p95     | p99       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-----------|
| $L_{den}$ | 10,38 | 12,62 | 15,53 | 22,62 | 29,94   | 37,86   | 43,98     |
| Ke        | <1    | <1    | <1    | <1    | <1      | <1      | 9,2       |
| NA45      | 22    | 34    | 64    | 813   | 2.042   | 10.471  | 30.199    |
| NA50      | 11    | 15    | 34    | 316   | 1.549   | 5.129   | 20.893    |
| NA55      | 3     | 7     | 15    | 31    | 724     | 3.467   | 10.471    |
| NA60      | 1     | 2     | 6     | 11    | 282     | 1.122   | 4.571     |
| NA65      | 0     | 0     | 1     | 3     | 8       | 501     | 1.820     |
| NA70      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 27      | 316       |
| NA75      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0       | 39        |
| NA80      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0       | 0         |
| TA45      | 1.023 | 1.479 | 2.884 | 33113 | 100.000 | 457.088 | 2.089.296 |
| TA50      | 479   | 616   | 1.148 | 8.710 | 53.703  | 223.872 | 1.000.000 |
| TA55      | 56    | 214   | 380   | 851   | 17.783  | 97.724  | 338.844   |
| TA60      | 4     | 18    | 102   | 214   | 3.631   | 21.878  | 117.490   |
| TA65      | 0     | 0     | 10    | 32    | 79      | 7.079   | 28.184    |
| TA70      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 316     | 3.020     |
| TA75      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0       | 355       |
| TA80      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0       | 1         |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
Ke=Kostenleenheid.

#### 2.4.2 Samenhang (correlatie) indicatoren

In Tabel 27 is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de verschillende geluidindicatoren voor de luchthaven Groningen voor de dag-avond-nacht. Waarbij een correlatie van 1 een perfecte samenhang betekent. De hoogste correlatie is tussen  $L_{den}$  en Kosteneenheid ( $r=0,98$ ). Hoe hoger de NA en TA waarde hoe lager de correlatie met  $L_{den}$ .

Tabel 27 Samenhang tussen enerzijds  $L_{den}$  anderzijds Ke,  $NA_x$  en  $TA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Groningen.

| <b>Ke</b>   |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,98        |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>NA45</b> | <b>NA50</b> | <b>NA55</b> | <b>NA60</b> | <b>NA65</b> | <b>NA70</b> | <b>NA75</b> | <b>NA80</b> |
| 0,94        | 0,95        | 0,91        | 0,79        | 0,60        | 0,59        | 0,40        | 0,25        |
| <b>TA45</b> | <b>TA50</b> | <b>TA55</b> | <b>TA60</b> | <b>TA65</b> | <b>TA70</b> | <b>TA75</b> | <b>TA80</b> |
| 0,97        | 0,97        | 0,93        | 0,77        | 0,55        | 0,63        | 0,45        | 0,28        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid.

Voor de luchthaven Groningen zijn geen nachtgegevens beschikbaar.

#### 2.4.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen Eén geluidindicator

##### Dag-avond-nacht

Tabel 28 geeft een overzicht van de kwaliteit van de logistische regressiemodellen voor de dag-avond-nachtperiode ( $L_{den}$ ). De kwaliteit is beoordeeld aan de hand van verschillende statistische maten. De AIC zegt iets over de modelfit, evenals de Pseudo-  $R^2$ . De AUC gaat over hoe goed een geluidindicator onderscheid kan maken tussen degene die ernstig gehinderd zijn door vliegtuiggeluid of niet.

Tabel 28 Performance van modellen voor ernstige hinder, gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor studiegebied van de luchthaven Groningen ( $n= 5.002$ ).

| <b>Indicator</b>      | <b>AIC</b> | <b>Pseudo-<br/><math>R^2</math></b> | <b>AUC</b> | <b>95% BI AUC</b> |       |
|-----------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------|-------|
| TA80                  | 742        | 0,009                               | 0,530      | 0,453             | 0,606 |
| NA80                  | 742        | 0,009                               | 0,531      | 0,469             | 0,594 |
| TA75                  | 742        | 0,008                               | 0,587      | 0,542             | 0,632 |
| NA75                  | 743        | 0,008                               | 0,561      | 0,513             | 0,608 |
| NA45                  | 745        | 0,005                               | 0,673      | 0,559             | 0,786 |
| TA70                  | 746        | 0,003                               | 0,631      | 0,470             | 0,791 |
| Controle<br>(0-model) | 747        | 0,000                               | 0,500      | 0,500             | 0,500 |
| NA70                  | 747        | 0,002                               | 0,624      | 0,491             | 0,757 |
| TA65                  | 747        | 0,002                               | 0,637      | 0,402             | 0,872 |
| TA45                  | 748        | 0,001                               | 0,680      | 0,518             | 0,843 |
| TA60                  | 748        | 0,001                               | 0,659      | 0,463             | 0,855 |
| NA60                  | 748        | 0,001                               | 0,655      | 0,469             | 0,841 |

| Indicator        | AIC | Pseudo-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|------------------|-----|-----------------------|-------|------------|-------|
| NA65             | 748 | 0,001                 | 0,632 | 0,485      | 0,779 |
| L <sub>den</sub> | 749 | -0,001                | 0,670 | 0,501      | 0,838 |
| Ke               | 749 | -0,001                | 0,659 | 0,545      | 0,772 |
| TA50             | 750 | -0,002                | 0,662 | 0,542      | 0,781 |
| NA55             | 750 | -0,002                | 0,651 | 0,520      | 0,783 |
| TA55             | 750 | -0,002                | 0,655 | 0,543      | 0,767 |
| NA50             | 750 | -0,002                | 0,658 | 0,556      | 0,759 |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo-R<sup>2</sup>:McFadden pseudo R<sup>2</sup>, AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Groningen zich het beste beschrijven met de indicator TA80, gevolgd door NA80 en TA75. Het verschil tussen de AIC-waarden met het controlemodel (0-model) is klein en doen het dus niet heel veel beter dan een model zonder indicatoren. De AUC-waarden zijn lager dan van de andere luchthavens en liggen dicht bij de 0,50 van het controlemodel (0-model). Een aantal 95 procent-betrouwbaarheidsintervallen ligt ook onder de 0,500.

#### Nacht

Voor de nacht zijn geen uitkomsten beschikbaar, want er zijn geen nachtvluchten uitgevoerd op de luchthaven Groningen.

#### Combinatie van indicatoren

##### Dag-avond-nacht

Tabel 29 laat de resultaten zien van modellen, waarbij een combinatie is gemaakt tussen L<sub>den</sub> en één andere geluidindicator voor luchthaven Groningen.

Tabel 29 Performance van modellen, gebaseerd op L<sub>den</sub> + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige hinder voor het studiegebied van luchthaven Groningen (n = 5.002).

| Indicator | AIC | $\Delta$ AIC<br>L <sub>den</sub><br>model | Pseudo<br>-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|-----------|-----|-------------------------------------------|---------------------------|-------|------------|-------|
| NA45      | 740 | -9                                        | 0,014                     | 0,571 | 0,434      | 0,709 |
| TA75      | 745 | -4                                        | 0,007                     | 0,604 | 0,396      | 0,812 |
| TA80      | 745 | -4                                        | 0,007                     | 0,672 | 0,525      | 0,819 |
| NA80      | 746 | -3                                        | 0,007                     | 0,673 | 0,579      | 0,767 |
| NA75      | 746 | -3                                        | 0,006                     | 0,672 | 0,608      | 0,737 |
| NA55      | 748 | -1                                        | 0,003                     | 0,661 | 0,574      | 0,747 |
| TA50      | 749 | 0                                         | 0,002                     | 0,674 | 0,556      | 0,791 |
| TA70      | 749 | 0                                         | 0,002                     | 0,660 | 0,504      | 0,817 |
| TA55      | 749 | 0                                         | 0,002                     | 0,664 | 0,576      | 0,753 |
| TA45      | 749 | 0                                         | 0,002                     | 0,652 | 0,575      | 0,728 |

| Indicator                     | AIC        | $\Delta AIC$<br>$L_{den}$<br>model | Pseudo<br>-R <sup>2</sup> | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|-------------------------------|------------|------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|
| NA50                          | 749        | 0                                  | 0,002                     | 0,667        | 0,501        | 0,834        |
| <b><math>L_{den}^*</math></b> | <b>749</b> | <b>0</b>                           | <b>-0,001</b>             | <b>0,670</b> | <b>0,501</b> | <b>0,838</b> |
| NA70                          | 750        | 1                                  | 0,001                     | 0,657        | 0,475        | 0,840        |
| TA65                          | 750        | 1                                  | 0,000                     | 0,650        | 0,529        | 0,772        |
| TA60                          | 751        | 2                                  | 0,000                     | 0,661        | 0,487        | 0,836        |
| NA60                          | 751        | 2                                  | 0,000                     | 0,666        | 0,582        | 0,750        |
| NA65                          | 751        | 2                                  | -0,001                    | 0,663        | 0,569        | 0,757        |
| Ke                            | 751        | 2                                  | -0,001                    | 0,668        | 0,519        | 0,817        |

\*Dit is de performance van een model met alleen maar  $L_{den}$ .

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo-R<sup>2</sup>: de McFadden pseudo-R<sup>2</sup>,  $\Delta AIC$   $L_{den}$ -model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{den}^*$ . Kleur van de waarde geeft aan met hoeveel zekerheid er gesteld kan worden dat het model een betere fit heeft dan het referentiemodel (<-10 veel zekerheid, -10 > -2 aanzienlijke zekerheid, -2 > 2 een vergelijkbare fit), AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Groningen zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{den}$  en NA45. Voor de luchthaven Groningen zien we weinig verschil in AIC-waarden ten opzichte van het model met alleen  $L_{den}$ . Voor de luchthaven Groningen kan geen enkel model de hinder goed voorspellen. Het controle 0-model (zonder enige indicatoren) heeft een vergelijkbare modelfit (AIC) als modellen met indicatoren en de 95 procent-betrouwbaarheidsintervallen van de AUC vallen in een aantal gevallen onder de 0,50 of liggen er net boven. Daarnaast zijn de betrouwbaarheidsintervallen ook erg breed.

#### Nacht

Voor de luchthaven Groningen zijn in de betreffende periode geen nachtvluchten uitgevoerd.

## 2.5 Eindhoven Airport

### 2.5.1 Beschrijving studiepopulatie en blootstelling Eindhoven Airport Studiepopulatie

Rond de luchthaven Eindhoven deden 30.598 mensen mee aan het onderzoek. Van hen hadden 24.672<sup>4</sup> mensen de vraag over hinder ingevuld en 24.566 mensen de vraag over slaapverstoring. Een gedeelte van het studiegebied viel binnen GGD-regio waar de hinder/slaapverstoringvragen niet gesteld werden aan de vragenlijst onder ouderen. Tabel 30 laat de verdeling van de scores zien over de categorieën 'ernstige hinder' en 'ernstige slaapverstoring' (score 8-10) versus 'geen ernstige hinder/slaapverstoring' (score 0-7).

<sup>4</sup> In de regio rond Luchthaven Eindhoven zijn de vragen over vliegtuiggeluid alleen gesteld in de 'volwassenvragenlijst, niet in de 'ouderenvragenlijst'.

Tabel 30 Aantallen ernstige gehinderden en ernstig slaapverstoorden in het studiegebied van de luchthaven Eindhoven.

|                   | Hinder | Slaapverstoring |
|-------------------|--------|-----------------|
| <b>Score 0-7</b>  | 22.615 | 23.694          |
| <b>Score 8-10</b> | 2.057  | 872             |
| <b>Totaal</b>     | 24.672 | 24.566          |

Van het aantal mensen dat de vraag heeft ingevuld, geeft ongeveer 9,1 procent aan ernstige hinder te ervaren. Voor ernstige slaapverstoring is dit ongeveer 3,5 procent.

#### Blootstelling

In Tabel 31 staat de blootstellingsverdeling aan vliegtuiggeluid voor de verschillende geluidindicatoren weergegeven voor het studiegebied Eindhoven. Dit is gedaan voor zowel de dag-avond-nachtwaardes als voor de nachtwaardes. Voor de verdeling zijn percentielen (p) gebruikt. Dit geeft aan welk deel (percentage) van de deelnemers een waarde heeft die kleiner of gelijk is aan de waarde die bij het betreffende percentiel hoort.

Tabel 31 Blootstellingsverdeling naar percentielen voor deelnemers in het studiegebied van de luchthaven Eindhoven voor de geluidindicatoren  $L_{den}$ ,  $Ke$ ,  $NAx$ ,  $TAx$  (24 uur) ( $n=24.672$ ) en  $L_{night}$ ,  $Ke$ ,  $NNAx$ ,  $NTAx$  (23-7 uur) ( $n=24.566$ ).

| Indicator   | p1     | p5     | p25    | p50     | p75     | p95     | p99     |
|-------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| $L_{den}$   | 24,64  | 25,52  | 29,09  | 32,61   | 37,75   | 44,15   | 47,06   |
| $Ke$        | <1     | <1     | <1     | <1      | <1      | 10,5    | 15,51   |
| NA45        | 190    | 234    | 1.175  | 2.455   | 4.677   | 11.220  | 12.882  |
| NA50        | 135    | 151    | 380    | 1.380   | 3.311   | 8.912   | 11.220  |
| NA55        | 62     | 71     | 158    | 537     | 2.239   | 7.762   | 10.471  |
| NA60        | 15     | 29     | 71     | 141     | 1.096   | 3.311   | 8.511   |
| NA65        | 0      | 0      | 27     | 52      | 162     | 1.905   | 3.020   |
| NA70        | 0      | 0      | 0      | 13      | 50      | 912     | 2.138   |
| NA75        | 0      | 0      | 0      | 0       | 12      | 199     | 912     |
| NA80        | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 27      | 85      |
| TA45        | 13.490 | 24.547 | 64.565 | 104.713 | 239.883 | 489.779 | 812.830 |
| TA50        | 4.677  | 11.220 | 22.387 | 45.709  | 117.490 | 295.121 | 537.032 |
| TA55        | 2.188  | 3.802  | 7.943  | 17.378  | 44.668  | 158.489 | 371.535 |
| TA60        | 741    | 933    | 2.399  | 6.166   | 14.791  | 72.443  | 181.970 |
| TA65        | 0      | 19     | 589    | 1.659   | 5.129   | 26.303  | 53.703  |
| TA70        | 0      | 0      | 112    | 417     | 1.698   | 8.128   | 16.218  |
| TA75        | 0      | 0      | 5      | 76      | 490     | 2.754   | 5.248   |
| TA80        | 0      | 0      | 0      | 8       | 105     | 776     | 1.549   |
| $L_{night}$ | <1     | <1     | <1     | 7,79    | 11,93   | 18,74   | 23,76   |
| $Ke$        | <1     | <1     | <1     | <1      | <1      | 10,5    | 15,42   |
| NNA45       | 0      | 0      | 0      | 1       | 5       | 91      | 93      |
| NNA50       | 0      | 0      | 0      | 1       | 3       | 50      | 93      |
| NNA55       | 0      | 0      | 0      | 1       | 3       | 17      | 93      |
| NNA60       | 0      | 0      | 0      | 0       | 1       | 5       | 9       |
| NNA65       | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 3       | 7       |
| NNA70       | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 1       | 3       |

| Indicator | p1 | p5 | p25 | p50 | p75 | p95   | p99   |
|-----------|----|----|-----|-----|-----|-------|-------|
| NNA75     | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 1     |
| NNA80     | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 0     |
| NTA45     | 0  | 0  | 8   | 79  | 234 | 1.513 | 3.631 |
| NTA50     | 0  | 0  | 0   | 42  | 93  | 646   | 2.239 |
| NTA55     | 0  | 0  | 0   | 19  | 44  | 309   | 1.122 |
| NTA60     | 0  | 0  | 0   | 6   | 21  | 100   | 468   |
| NTA65     | 0  | 0  | 0   | 1   | 7   | 29    | 95    |
| NTA70     | 0  | 0  | 0   | 0   | 2   | 9     | 38    |
| NTA75     | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2     | 13    |
| NTA80     | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0     | 3     |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid, NNA = Night Number Above, in aantal vliegbewegingen; NTA = Night  
 Time Above, in aantal seconden.

## 2.5.2

### Samenhang (correlaties) indicatoren

In *Tabel 32* is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de  $L_{den}$  en de overige geluidindicatoren ( $Ke$ ,  $NA_x$  en  $TA_x$ ) voor de luchthaven Eindhoven. Een correlatie van 1 betekent een perfecte samenhang. De hoogste correlatie was tussen  $L_{den}$  en Kosteneenheid ( $r=0,97$ ). Ook voor de hogere waarden van *number above* en *time above* waren nog redelijk hoge correlaties voor de luchthaven Eindhoven.

*Tabel 32 Samenhang tussen enerzijds  $L_{den}$  anderzijds  $Ke$ ,  $NA_x$  en  $TA_x$  voor het studiegebied van de luchthaven Eindhoven ( $n = 24.672$ ).*

| <b>Ke</b>   |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,97        |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>NA45</b> | <b>NA50</b> | <b>NA55</b> | <b>NA60</b> | <b>NA65</b> | <b>NA70</b> | <b>NA75</b> | <b>NA80</b> |
| 0,83        | 0,88        | 0,91        | 0,89        | 0,78        | 0,83        | 0,77        | 0,67        |
| <b>TA45</b> | <b>TA50</b> | <b>TA55</b> | <b>TA60</b> | <b>TA65</b> | <b>TA70</b> | <b>TA75</b> | <b>TA80</b> |
| 0,63        | 0,72        | 0,79        | 0,85        | 0,75        | 0,78        | 0,81        | 0,80        |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden;  
 Ke=Kosteneenheid.

In *Tabel 33* is met behulp van de (Pearson-)correlaties de onderlinge samenhang weergegeven tussen de  $L_{night}$  en de overige geluidindicatoren ( $Ke$ ,  $NNA_x$  en  $NTA_x$ ) voor de luchthaven Eindhoven. De hoogste correlatie is tussen  $L_{night}$  en NTA50. Er zijn lage correlaties met NNA75, NNA80 en NTA80, omdat deze grotendeels de waarden 0 hebben.

*Tabel 33 Samenhang tussen enerzijds  $L_{night}$  anderzijds  $Ke$ ,  $NNA_x$  en  $NTA_x$  voor het Eindhoven studiegebied ( $n= 24.566$ ).*

| <b>Ke</b>    |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,72         |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>NNA45</b> | <b>NNA50</b> | <b>NNA55</b> | <b>NNA60</b> | <b>NNA65</b> | <b>NNA70</b> | <b>NNA75</b> | <b>NNA80</b> |
| 0,88         | 0,85         | 0,74         | 0,59         | 0,50         | 0,36         | 0,17         | 0,08         |
| <b>NTA45</b> | <b>NTA50</b> | <b>NTA55</b> | <b>NTA60</b> | <b>NTA65</b> | <b>NTA70</b> | <b>NTA75</b> | <b>NTA80</b> |
| 0,87         | 0,89         | 0,88         | 0,86         | 0,82         | 0,70         | 0,47         | 0,27         |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid.

### 2.5.3 Kwaliteit verschillende BR-relatiemodellen Eén geluidindicator

#### Dag-avond-nacht

Tabel 34 geeft een overzicht van de kwaliteit van de verschillende BR-relaties met de onderzochte geluidindicatoren voor de dag-avond-nachtperiode ( $L_{den}$ ). De kwaliteit is beoordeeld aan de hand van verschillende statistische maten. De AIC zegt iets over de modelfit, evenals de  $R^2$ . De AUC gaat over hoe goed een geluidindicator onderscheid kan maken tussen degene die gehinderd zijn door vliegtuiggeluid of niet.

Tabel 34 Performance van modellen voor ernstige hinder gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor studiegebied van de luchthaven Eindhoven ( $n = 24.672$ ).

| Indicator          | AIC    | Pseudo- $R^2$ | AUC   | 95% BI AUC |       |
|--------------------|--------|---------------|-------|------------|-------|
| Ke                 | 9.312  | 0,072         | 0,754 | 0,729      | 0,780 |
| $L_{den}$          | 9.449  | 0,058         | 0,737 | 0,705      | 0,768 |
| NA50               | 9.506  | 0,052         | 0,739 | 0,712      | 0,767 |
| NA80               | 9.521  | 0,051         | 0,679 | 0,648      | 0,711 |
| NA75               | 9.525  | 0,050         | 0,715 | 0,672      | 0,758 |
| NA65               | 9.537  | 0,049         | 0,731 | 0,700      | 0,763 |
| NA55               | 9.541  | 0,049         | 0,736 | 0,724      | 0,748 |
| NA60               | 9.547  | 0,048         | 0,731 | 0,704      | 0,759 |
| NA70               | 9.611  | 0,042         | 0,720 | 0,697      | 0,744 |
| NA45               | 9.615  | 0,041         | 0,729 | 0,694      | 0,764 |
| TA60               | 9.624  | 0,04          | 0,727 | 0,706      | 0,749 |
| TA55               | 9.651  | 0,038         | 0,727 | 0,702      | 0,753 |
| TA50               | 9.683  | 0,035         | 0,723 | 0,701      | 0,744 |
| TA80               | 9.736  | 0,029         | 0,691 | 0,657      | 0,724 |
| TA45               | 9.740  | 0,029         | 0,715 | 0,680      | 0,750 |
| TA70               | 9.781  | 0,025         | 0,710 | 0,686      | 0,733 |
| TA75               | 9.784  | 0,024         | 0,701 | 0,677      | 0,724 |
| TA65               | 9.811  | 0,022         | 0,717 | 0,676      | 0,758 |
| Controle (0-model) | 10.027 | 0,000         | 0,500 | 0,500      | 0,500 |

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo- $R^2$  = de McFadden pseudo- $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder voor de luchthaven Eindhoven zich het beste beschrijven met de indicator Ke, gevolgd door  $L_{den}$  en NA50. Deze hebben de beste modelfit (laagste AIC, hoogste pseudo  $R^2$ ) en de beste nauwkeurigheid (hoogste AUC).

### Nacht

Tabel 35 geeft een overzicht van de kwaliteit van de verschillende BR-relaties met de onderzochte geluidindicatoren voor de nachtperiode.

*Tabel 35 Performance van modellen voor ernstige slaapverstoring gebaseerd op verschillende geluidsindicatoren (nacht) voor studiegebied van de luchthaven Eindhoven (n= 24.566).*

| Indicator             | AIC   | Pseudo-R <sup>2</sup> | AUC   | 95% BI AUC |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|------------|-------|
| Ke                    | 4.606 | 0,043                 | 0,754 | 0,721      | 0,787 |
| L <sub>night</sub>    | 4.699 | 0,024                 | 0,697 | 0,669      | 0,724 |
| NNA45                 | 4.726 | 0,018                 | 0,682 | 0,623      | 0,741 |
| NNA60                 | 4.729 | 0,018                 | 0,669 | 0,618      | 0,720 |
| NNA65                 | 4.735 | 0,016                 | 0,651 | 0,619      | 0,682 |
| NTA45                 | 4.737 | 0,016                 | 0,700 | 0,671      | 0,730 |
| NNA70                 | 4.742 | 0,015                 | 0,593 | 0,558      | 0,629 |
| NTA50                 | 4.743 | 0,015                 | 0,692 | 0,657      | 0,727 |
| NNA55                 | 4.750 | 0,013                 | 0,663 | 0,612      | 0,714 |
| NTA55                 | 4.759 | 0,012                 | 0,678 | 0,655      | 0,702 |
| NNA50                 | 4.762 | 0,011                 | 0,660 | 0,627      | 0,694 |
| NTA60                 | 4.771 | 0,009                 | 0,666 | 0,625      | 0,707 |
| NTA65                 | 4.780 | 0,007                 | 0,654 | 0,619      | 0,689 |
| NTA70                 | 4.786 | 0,006                 | 0,630 | 0,567      | 0,692 |
| NTA75                 | 4.790 | 0,005                 | 0,585 | 0,548      | 0,623 |
| NTA80                 | 4.808 | 0,001                 | 0,530 | 0,504      | 0,555 |
| NNA75                 | 4.808 | 0,001                 | 0,531 | 0,514      | 0,549 |
| Controle<br>(0-model) | 4.812 | 0,000                 | 0,500 | 0,500      | 0,500 |
| NNA80                 | 4.817 | -0,001                | 0,505 | 0,499      | 0,511 |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion, Pseudo-R<sup>2</sup> = proportie verklaarde variantie, AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procents betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Tabel 34 laat zien dat de relatie tussen blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste laat beschrijven aan de hand van de indicator Kosteneenheid, gevolgd door L<sub>night</sub>. De modellen hebben de laagste AIC (beste modelfit op de onderliggende data) en de hoogste AUC (model dat het nauwkeurigst is in voorspelling). De indicatoren NTA80, NNA75 en NNA80 doen het ongeveer even goed als het controle (0-model).

### Combinatie van geluidindicatoren

#### Dag-avond-nacht

Tabel 36 laat de resultaten zien van modellen, waarbij telkens een combinatie is gemaakt tussen L<sub>den</sub> en één andere geluidindicator voor luchthaven Eindhoven.



Tabel 36 Performance van modellen gebaseerd op  $L_{den}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige hinder voor het studiegebied van luchthaven Eindhoven ( $n = 24.672$ ).

| Indicator                     | AIC          | $\Delta AIC$ $L_{den}$ model | Pseudo- $R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|-------------------------------|--------------|------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                            | 9.221        | -228                         | 0,081         | 0,763        | 0,740        | 0,787        |
| TA45                          | 9.406        | -43                          | 0,062         | 0,748        | 0,728        | 0,767        |
| NA80                          | 9.409        | -40                          | 0,062         | 0,740        | 0,707        | 0,774        |
| TA50                          | 9.411        | -38                          | 0,062         | 0,748        | 0,719        | 0,778        |
| TA55                          | 9.420        | -29                          | 0,061         | 0,748        | 0,728        | 0,767        |
| NA75                          | 9.427        | -22                          | 0,060         | 0,739        | 0,720        | 0,759        |
| NA50                          | 9.427        | -22                          | 0,060         | 0,744        | 0,705        | 0,783        |
| TA75                          | 9.429        | -20                          | 0,060         | 0,738        | 0,696        | 0,779        |
| NA65                          | 9.434        | -15                          | 0,060         | 0,738        | 0,725        | 0,752        |
| TA60                          | 9.435        | -14                          | 0,059         | 0,744        | 0,725        | 0,764        |
| NA45                          | 9.445        | -4                           | 0,059         | 0,740        | 0,727        | 0,754        |
| TA70                          | 9.445        | -4                           | 0,058         | 0,737        | 0,719        | 0,755        |
| TA80                          | 9.447        | -2                           | 0,058         | 0,737        | 0,722        | 0,753        |
| NA55                          | 9.449        | 0                            | 0,058         | 0,739        | 0,700        | 0,779        |
| <b><math>L_{den}^*</math></b> | <b>9.449</b> | <b>0</b>                     | <b>0,058</b>  | <b>0,737</b> | <b>0,705</b> | <b>0,768</b> |
| TA65                          | 9.450        | 1                            | 0,058         | 0,737        | 0,721        | 0,752        |
| NA70                          | 9.451        | 2                            | 0,058         | 0,737        | 0,701        | 0,772        |
| NA60                          | 9.452        | 3                            | 0,058         | 0,737        | 0,708        | 0,766        |

$L_{den}^*$ =referentiewaarde, model met alleen  $L_{den}$ .

NA = Number Above, in aantal vliegbewegingen; TA = Time Above, in aantal seconden; Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterium, Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo- $R^2$ ,  $\Delta AIC$   $L_{den}$ -model= Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{den}^*$ . Kleur van de waarde geeft aan met hoeveel zekerheid er gesteld kan worden dat het model een betere fit heeft dan het referentiemodel (<-10 veel zekerheid, -10 > -2 aanzienlijke zekerheid, -2 > 2 een vergelijkbare fit), AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is de schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is de schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de hindervoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{den}$  en Kosteneenheid. De modelfit (AIC) voor veel modellen verbetert (behalve TA65, NA70, NA60) wanneer een aanvullende indicator toevoegt naast de  $L_{den}$ . Er is echter slechts een kleine toename in nauwkeurigheid van de hindervoorspellingen (AUC).

#### Nacht

Tabel 37 laat de resultaten zien van modellen, waarbij een combinatie is gemaakt tussen  $L_{night}$  en één andere geluidindicator.

Tabel 37 Modellen gebaseerd op  $L_{\text{night}}$  + 1 andere indicator van geluidsblootstelling en ernstige slaapverstoring voor het studiegebied van de luchthaven Eindhoven ( $n = 24.566$ ).

| Indicator                              | AIC          | $\Delta\text{AIC } L_{\text{night}}$<br>model | Pseudo- $R^2$ | AUC          | 95% BI AUC   |              |
|----------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Ke                                     | 4.607        | -92                                           | 0,043         | 0,755        | 0,739        | 0,770        |
| NNA70                                  | 4.675        | -24                                           | 0,029         | 0,700        | 0,637        | 0,763        |
| NTA60                                  | 4.678        | -21                                           | 0,029         | 0,698        | 0,662        | 0,729        |
| NTA65                                  | 4.679        | -20                                           | 0,029         | 0,699        | 0,662        | 0,736        |
| NNA65                                  | 4.683        | -16                                           | 0,028         | 0,700        | 0,683        | 0,719        |
| NTA55                                  | 4.686        | -13                                           | 0,027         | 0,692        | 0,642        | 0,744        |
| NNA60                                  | 4.688        | -11                                           | 0,027         | 0,702        | 0,692        | 0,712        |
| NNA50                                  | 4.688        | -11                                           | 0,027         | 0,692        | 0,643        | 0,745        |
| NTA70                                  | 4.691        | -8                                            | 0,026         | 0,701        | 0,643        | 0,753        |
| NTA50                                  | 4.696        | -3                                            | 0,025         | 0,694        | 0,631        | 0,760        |
| <b><math>L_{\text{night}}^*</math></b> | <b>4.699</b> | 0                                             | <b>0,024</b>  | <b>0,697</b> | <b>0,672</b> | <b>0,723</b> |
| NNA75                                  | 4.699        | 0                                             | 0,024         | 0,697        | 0,651        | 0,746        |
| NNA45                                  | 4.700        | 1                                             | 0,024         | 0,693        | 0,617        | 0,773        |
| NTA45                                  | 4.701        | 2                                             | 0,024         | 0,696        | 0,670        | 0,725        |
| NTA80                                  | 4.701        | 2                                             | 0,024         | 0,697        | 0,665        | 0,728        |
| NNA55                                  | 4.701        | 2                                             | 0,024         | 0,697        | 0,669        | 0,724        |
| NTA75                                  | 4.702        | 3                                             | 0,024         | 0,694        | 0,632        | 0,754        |
| NNA80                                  | 4.702        | 3                                             | 0,024         | 0,697        | 0,666        | 0,728        |

$L_{\text{night}}^*$ =referentiewaarde, model met alleen  $L_{\text{night}}$

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above, Ke=Kosteneenheid, AIC= Akaike Information Criterion,  $\Delta\text{AIC } L_{\text{night}}$ -model = Het verschil in AIC met het model met alleen  $L_{\text{night}}$ , Pseudo- $R^2$ : de McFadden pseudo  $R^2$ , AUC= Area Under Curve, 95% BI= 95 procent betrouwbaarheidsinterval. (NB: AIC is schaal van hoog naar laag. Hoe lager de AIC, hoe beter de modelfit. AUC is schaal van laag naar hoog. Hoe hoger de AUC, hoe beter de slaapverstoringvoorspelling).

Modelmatig laat de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige slaapverstoring zich het beste beschrijven door de combinatie van  $L_{\text{night}}$  en Kosteneenheid. Ook voor ernstige slaapverstoring zien we dat de modelfit (AIC) van een aantal logistische regressie modellen met meer dan -10 verandert wanneer een combinatie van  $L_{\text{night}}$  met een andere indicator gemaakt wordt. De verschillen in nauwkeurigheid (AUC) van de slaapverstoring voorspellingen zijn minder groot.

## 2.6 Samenvattende resultaten

In Tabel 37 staan de gegevens samengevat van de vijf verschillende luchthavens. Het aantal deelnemers per luchthaven varieert van meer dan 5.000 voor de luchthaven Groningen tot meer dan 116.000 voor de luchthaven Schiphol. Ook het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden verschilt per luchthaven. Sinds 2002 hanteren landen binnen de EU de  $L_{\text{den}}$  en  $L_{\text{night}}$  als standaardmaat voor omgevingsgeluid. In Nederland gebeurt dat ook voor alle civiele luchthavens. De militaire luchthavens hanteren voornamelijk de kosteneenheid, al wordt erover gesproken om de  $L_{\text{den}}/L_{\text{night}}$  in te voeren voor militaire luchthavens.  $L_{\text{den}}$

en  $L_{\text{night}}$  zijn niet voor alle luchthavens de beste, enkelvoudige, voorspellers voor ernstige hinder of ernstige slaapverstoring van de onderzochte indicatoren. Voor de meeste luchthavens staan deze geluidindicatoren wel in de top drie, behalve voor de luchthavens Schiphol (nummer 4) en Groningen.

De aanvullende modellen, dat is  $L_{\text{den}}$  of  $L_{\text{night}}$  met een van de andere indicatoren, laten een variërend beeld zien voor de ernstige hinder, waarbij de top 3 wisselt per luchthaven. Voor ernstige slaapverstoring is dit beeld eenduidiger. Voor de nachtperiode is de kosteneenheid voor alle luchthavens de beste aanvullende voorspeller. Gevolgd door relatief hoge waarden van aantal vluchten boven een bepaalde decibelwaarde of tijdsduur boven een bepaalde decibelwaarden.

In Bijlage 5.2.3 staan voorbeelden hoe berekeningen van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring kunnen worden uitgevoerd met een model waarin  $L_{\text{den}}/L_{\text{night}}$  gecombineerd wordt met een andere geluidindicator.

Tabel 37 Overzicht belangrijkste uitkomsten voor de vijf verschillende luchthavens.

| Luchthaven <sup>1</sup> | L <sub>den</sub> : Aantal deelnemers <sup>2</sup> | Blootstelling p1 – p99, L <sub>den</sub> <sup>3</sup> | Ernstige gehinderden <sup>4</sup> | Correlatie L <sub>den</sub> – indicatoren, r <sub>p</sub> , range <sup>5</sup> | Enkelvoudige Indicator (top 3) <sup>6</sup> | Meervoudige indicator (top 3) <sup>7</sup> | L <sub>night</sub> : Aantal Deelnemers <sup>8</sup> | Blootstelling p1 – p99, L <sub>night</sub> <sup>9</sup> | Ernstige slaapverstoorden <sup>10</sup> | Correlatie L <sub>night</sub> – indicatoren, r <sub>p</sub> , range <sup>11</sup> | Enkelvoudige Indicator (top 3) <sup>12</sup> | Meervoudige indicator (top 3) <sup>13</sup> |
|-------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Schiphol</b>         | 116.849                                           | 32 - 54                                               | 10.831                            | 0,60 – 0,97                                                                    | Ke<br>NA60<br>NA65                          | Ke<br>NA60<br>NA55                         | 116.686                                             | 16 - 35                                                 | 5.121                                   | 0,40 – 0,87                                                                       | Ke<br>L <sub>night</sub><br>NNA60            | Ke<br>NTA75<br>NNA75                        |
| <b>Maastricht</b>       | 16.983                                            | 24 - 55                                               | 1.600                             | 0,84 – 0,99                                                                    | L <sub>den</sub><br>Ke<br>TA65              | TA75<br>NA75<br>NA70                       | 16.976                                              | 5 - 38                                                  | 674                                     | 0,49 – 0,90                                                                       | Ke<br>L <sub>night</sub><br>NNA65            | Ke<br>NTA65<br>NNA65                        |
| <b>Rotterdam</b>        | 48.156                                            | 18 - 48                                               | 1.484                             | 0,44 – 0,97                                                                    | L <sub>den</sub><br>NA65<br>NA60            | NA65<br>TA55<br>NA70                       | 48.271                                              | 2 - 37                                                  | 739                                     | 0,10 – 0,96                                                                       | Ke<br>L <sub>night</sub><br>NTA65            | Ke<br>NTA65<br>NTA75                        |
| <b>Groningen</b>        | 5.002                                             | 10 - 44                                               | 107                               | 0,25 – 0,98                                                                    | TA80<br>NA80<br>TA75                        | NA45<br>TA75<br>TA80                       | 4.984                                               | n.v.t.                                                  | 32*                                     | n.v.t.                                                                            | n.v.t.                                       | n.v.t.                                      |
| <b>Eindhoven</b>        | 24.672                                            | 25 - 47                                               | 2.057                             | 0,63 – 0,97                                                                    | Ke<br>L <sub>den</sub><br>NA50              | Ke<br>TA45<br>NA80                         | 24.566                                              | <1 - 24                                                 | 872                                     | 0,08 – 0,89                                                                       | Ke<br>L <sub>night</sub><br>NNA45            | Ke<br>NNA70<br>NTA60                        |

Ke: Kosteneenheid, (N)NAxx: aantal vluchten boven xx decibel(Nacht), in aantal vliegbewegingen; (N)TAxx: tijdsduur van vluchten boven xx decibel (Nacht), in aantal seconden, n.v.t.: Groningen – Eelde airport kent geen nachtvluchten.

1:Luchthaven: Schiphol: Schiphol Airport, Maastricht: Maastricht-Aachen Airport, Rotterdam: Rotterdam-The Hague Airport; Groningen: Groningen-Eelde Airport, Eindhoven: Eindhoven Airport.

2: Aantal deelnemers aan Gezondheidsmonitorvragenlijst dat een hindervraag heeft beantwoord

3: Blootstelling p1-p99: blootstelling L<sub>den</sub> in dB waaraan of waar beneden 1% - 99% van de populatie is blootgesteld. Het overige aandeel (100%-px) heeft een blootstelling hoger dan px.

4: Aantal ernstig gehinderden

5: Range van samenhang (correlatie, Pearsons correlatiecoëfficiënt) tussen enerzijds L<sub>den</sub> en anderzijds de overige indicatoren

6: Top 3 van enkelvoudige modellen met de beste fit (AIC).

7: Top drie van samengestelde modellen (L<sub>den</sub> + 1 indicator), ten opzichte van enkelvoudig model L<sub>den</sub>, met de beste fit (AIC).

8 tot en met 13: vergelijkbaar met 2 tot en met 7 maar dan voor L<sub>night</sub> en slaapverstoorden.

\*: Dat respondenten slaapverstoring aangeven terwijl er geen nachtvluchten zijn, hoeft niet vreemd te zijn: het slaappatroon van mensen hoeft niet overeen te komen met het 'nachtpatroon' (23-7 uur) dat voor de L<sub>den</sub> wordt gehanteerd.



### 3 Conclusie en discussie

#### Conclusie

Het doel van dit onderzoek was nagaan in hoeverre aanvullende geluidmaten, naast  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , beter aansluiten bij de manier waarop omwonenden de effecten van vliegtuiggeluid ervaren, zodat in de toekomst de voorspelling van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring verbeterd kan worden. Dit is onderzocht met behulp van de Gezondheidsmonitor Volwassenen en Ouderen 2020, waarin gegevens verzameld zijn over ernstige hinder en ernstige slaapverstoring door vliegtuiggeluid. Deze data zijn gekoppeld aan verschillende geluidmaten van vliegtuiggeluid die zijn berekend door het Nederlandse Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). NB: voor zowel geluidblootstelling als hinder en slaapverstoring geldt dat het in dit onderzoek om blootstellingsmaten en effectmaten gaat die zijn bepaald over een langere termijn (van 1 jaar).

Met deze data zijn verschillende blootstelling-responsrelaties (met behulp van logistische regressie, zie Van Poll et al, 2022) afgeleid die vergeleken zijn met verschillende statistische maten die iets zeggen over de fit van het model op de onderliggende data en de nauwkeurigheid van de voorspelling van ernstige hinder en slaapverstoring van het model.

In het algemeen laten de samengestelde modellen een betere 'fit' en een iets grotere nauwkeurigheid zien dan de enkelvoudige modellen. De resultaten voor  $L_{den}$  voor de verschillende luchthavens laten echter niet één eenduidige maat zien die het beter doet dan de  $L_{den}$ . Ook als aanvullende maat naast  $L_{den}$  laten de resultaten uit dit onderzoek, waarbij gekeken is naar vijf verschillende luchthavens, niet één eenduidige maat zien waardoor de ervaren ernstige hinder of ernstige slaapverstoring beter verklaard wordt. Voor  $L_{night}$  is dit beeld eenduidiger. Daar komt de maat kosteneenheid voor alle luchthavens als beste enkelvoudige voorspeller naar voren, evenals als beste aanvullende maat naast  $L_{night}$ . Het ligt niet in de lijn van de verwachting dat Kosteneenheid zal terugkeren in de huidige wet- en regelgeving. Als dat zo is, dan blijft  $L_{night}$  de beste enkelvoudige voorspeller van ernstige slaapverstoring. Over het algemeen verbetert de modelfit (AIC, Pseudo- $R^2$ ) van de modellen waarin  $L_{den}/L_{night}$  gecombineerd wordt met een andere geluidindicator wel, maar de nauwkeurigheid van de modellen (AUC) blijft redelijk gelijk als er een combinatie wordt gemaakt tussen  $L_{den}/L_{night}$  en een andere geluidindicator. De laagste AUC-waarden werden gevonden voor de luchthaven Groningen, waar ook het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden relatief laag was. Voor de luchthaven Groningen waren er maar kleine verschillen tussen de verschillende indicatoren en deden deze modellen het maar weinig beter dan het controlemodel (alleen  $L_{den}$ ). Bij alle luchthavens zagen we dat de modellen met indicatoren die veel 0-waarden bevatten (hogere waarden voor NA en TA, met name voor de nachtperiode) het in veel gevallen niet veel beter doen dan het controle 0-model (alleen  $L_{den}$  of  $L_{night}$ ).

Alhoewel de modelfit verbetert met een aanvullende indicator, moet overwogen worden of de verbetering in de fit opweegt tegen de toegenomen complexiteit van de relatie tussen geluidblootstelling van vliegverkeer en ernstige hinder of slaapverstoring. Ten eerste, een samengestelde indicator betekent namelijk dat de blootstelling-responsrelatie (formule) voor vliegtuiggeluid en ernstige hinder/slaapverstoring uitgebreider en complexer wordt (zie Bijlage 5.3.3.). Ten tweede is er meer data nodig voor het schatten van ernstige hinder en slaapverstoring indien een combinatie van indicatoren wordt toegepast. Naast gegevens over  $L_{den}$  en  $L_{night}$  zijn aanvullend ook gegevens nodig over de  $K_e$ -waarden,  $NA_x$  en  $TA_x$ . Ten derde zal dit tot een nog grotere diversiteit aan BR-relaties leiden, want voor elke luchthaven is een andere combinatie van gecombineerde indicatoren het beste.

Tot slot is er een statistische overweging waarmee men rekening dient te houden bij het gebruik van gecombineerde indicatoren. In Bijlage 5.3.3 worden voorbeelden gegeven hoe berekeningen van ernstige hinder en ernstige slaapverstoring kunnen worden uitgevoerd met een model waarin  $L_{den}/L_{night}$  gecombineerd wordt met een andere geluidindicator. De resultaten in deze bijlage laten zien dat dit ingewikkelder is dan wanneer er gebruikgemaakt wordt van één indicator. Er kunnen niet zomaar twee getallen van verschillende geluidindicatoren ingevuld worden in de formule, aangezien bepaalde combinaties, zoals een hoge  $NA_x$  en een lage  $L_{den}$ , in de praktijk niet zullen voorkomen. Mocht dit toch gebeuren, dan kan dit ook leiden tot niet-realistische voorspellingen. Daarnaast kan het voorkomen dat binnen een model er zowel een positieve coëfficiënt en een negatieve coëfficiënt aanwezig is. Dit betekent dat wanneer de indicator met de positieve coëfficiënt gelijk blijft en de waarde van de indicator met de negatieve coëfficiënt stijgt, de verwachte hinder of slaapverstoring afneemt. Dit effect treedt met name op binnen een model dat gebaseerd is op twee indicatoren met een hele hoge correlatie. Verder zijn bij toepassing van beleid niet alleen gegevens nodig over de  $L_{den}/L_{night}$ , maar ook over de andere geluidindicatoren. Gegevens die tot nu toe minder doorgaans niet toegankelijk zijn, maar waarvoor aanvullende berekeningen nodig zijn.

De correlaties tussen  $L_{den}/L_{night}$  en de verschillende geluidindicatoren die in dit onderzoek zijn gebruikt, zijn over het algemeen hoog voor de verschillende luchthavens. De verwachte toegevoegde waarde van een combinatie van indicatoren, zoals gebruikt in dit onderzoek, is hierdoor minimaal. Met behulp van de statistische maten AIC, Pseudo- $R^2$  en AUC van de verschillende logistische modellen wordt dit op kwantitatieve wijze bevestigd.

## Discussie

Veel van dezelfde discussiepunten die genoemd zijn in de vorige rapportages (Van Poll et al, 2022; GGD-GHOR Nederland, 2022) zijn ook op dit onderzoek van toepassing. De belangrijkste voor dit onderzoek staan hieronder toegelicht.

### *Data en analyses*

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van dezelfde data als in de onderzoeken 'Belevingsonderzoek geluidhinder en slaapverstoring luchtvaart 2020' (GGD-GHOR Ned. 2022) en 'Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020' (van Poll et al., 2022). Toch kunnen de getallen die in beide onderzoeken zijn gebruikt, verschillen, omdat er een andere keuze gemaakt is voor de onderzochte gebieden rondom de luchthavens. Zo zijn voor de RIVM-analyses de gegevens gekoppeld aan de geluiddata van het NLR, die alleen beschikbaar waren voor een bepaald rekengebied (geen overlappende gebieden gebruikt) rondom de luchthavens in verband met betrouwbaarheid van de berekeningen. Anders dan het vorige onderzoek 'Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020' (van Poll et al., 2022) keken we in dit onderzoek niet naar niet-lineaire effecten van geluid. Het ging in dit onderzoek primair om de vergelijking tussen de verschillende geluidindicatoren. Het toevoegen van een 'spline' zou de vergelijking van de modellen en de interpretatie van de uitkomsten nog ingewikkelder maken.

### *Coronapandemie*

Het onderzoek is uitgevoerd tijdens de coronapandemie. Dit heeft naar alle waarschijnlijkheid de effecten (hinder en slaapverstoring) en zeker de geluidblootstelling beïnvloed. Mensen waren in 2020 vaker aangewezen op hun directe leefomgeving. De mensen werkten bijvoorbeeld vaker thuis en er werd meer gebruikgemaakt van parken, pleinen en dergelijke plekken in de directe woonomgeving. De geluidsblootstelling in de onderzoekspopulatie was mede door de coronapandemie lager dan vooraf was ingeschat. Dit komt omdat tijdens de coronapandemie in 2020 minder is gevlogen, met name op civiele luchthavens.

### *Studiepopulatie en blootstelling*

Het aantal deelnemers dat heeft deelgenomen aan de GGD Gezondheidsmonitor 2020 en meegenomen is in dit onderzoek, is redelijk groot (5.543 voor de luchthaven Groningen tot 129.848 voor de luchthaven Schiphol). Het aantal mensen met een hoge geluidbelasting in dit onderzoek is echter redelijk laag. De blootstelling, zoals te zien in Tabel 2, 9, 17, 25 en 30, is voor alle luchthavens scheef verdeeld. De lagere blootstellingen kwamen veel meer voor dan de hogere in de GM 2020-studiepopulatie. Zo heeft 5 procent van de luchthaven Schiphol (de luchthaven met de hoogste blootstelling) een  $L_{den}$  van meer dan 49 dB. Ook de nachtwaares waren laag. Daarnaast waren bij veel luchthavens de hogere waarden van de indicatoren (75, 80 dB) van 'Number Above' en 'Time Above' nul. Bij een eventueel vervolg onderzoek is het aan te bevelen extra aandacht te besteden aan de ophoging van de steekproef in de hoogst belaste gebieden, zodat voldoende gegevens verzameld kunnen worden over de hele blootstellingsrange. Daarnaast zou een herhaling van het onderzoek na de coronapandemie een beter beeld geven van de geluidbelasting zoals ervaren in een meer 'normale' situatie, niet alleen wat betreft het aantal vliegbewegingen maar wellicht ook wat betreft het gedrag van mensen (minder thuiswerken, minder angst en dergelijke).

### *Lange versus korte termijn hinder*

In dit onderzoek hebben we naar verschillende andere geluidindicatoren gekeken in aanvulling op de jaargemiddelde maten  $L_{den}$  en  $L_{night}$ . We zijn



echter in dit onderzoek blijven kijken naar gemiddelde getallen over een jaar, dat wil zeggen naar een langetermijnblootstelling aan geluid. Ook de hinder en slaapverstoring vraag in de Gezondheidsmonitor is over de afgelopen twaalf maanden gesteld.

Vanuit beleid is het gebruikelijk om te kijken naar waarden over een langere termijn (1 jaar) en jaargemiddelde geluidbelasting. Zo kan goed de hinder en slaapverstoring door vliegtuiggeluid rondom luchthavens gemonitord en voorspeld worden en daarmee de gezondheid van burgers worden beschermd. Zoals eerder aangegeven, zijn er sterke aanwijzingen dat hinder en ook slaapverstoring een belangrijke rol spelen bij mogelijk ernstige gezondheidseffecten, zoals hart- en vaatziekten van omgevingsgeluid op de lange termijn (Babisch, 2013; Halperin, 2014).

Bewoners hebben echter geen last van een gemiddelde over een jaar, maar van de vliegtuigen die op dat moment overkomen, ook wel acute reacties of verstoringen van activiteiten. Zo is te lezen in de rapportage van GGD dat deelnemers aangaven met name in de randen van de nacht (tussen 22.00 en 23.00 en 6:00-7:00) slaapverstoring te hebben (GGD-GHOR Nederland, 2022). Daarnaast bestaat er ook onbegrip en onvrede onder bewoners over de geluidsmaten  $L_{den}/L_{night}$ , waar een jaargemiddelde gemaakt wordt van jaargemiddelde geluidsbelasting die is uitgedrukt in  $L_{den}$  en  $L_{night}$ .

$L_{den}$  en  $L_{night}$ , als jaargemiddelde geluidsmaten, presteren wat betreft het voorspellen van langetermijnhinder vrij goed. Dit betekent niet dat de onderzochte geluidindicatoren in dit onderzoek een volledige bescherming bieden tegen acute reacties van vliegtuiggeluid, zoals verstoringen van activiteiten overdag en verstoring van de slaap overdag. Voor acute verstoringen zou de conclusie over welke geluidmaat het beste hinder/slaapverstoring voorspelt waarschijnlijk anders kunnen zijn. Als er gekeken wordt naar acute reacties op vliegtuiggeluid zien we dat andere onderzoeken wel degelijk verschillen laten zien tussen tijdstippen en het belang van rustperiodes tussen vluchten. Zo zijn er recentelijk rondom verschillende internationale luchthavens onderzoeken uitgevoerd naar zowel subjectieve als objectieve slaapindicatoren, waarbij momentaan zowel blootstelling als uitkomst gemeten is via sensoren. (Smith et al., 2020; Nassur et al. 2019a; Nassur et al. 2019b; Basner et al., 2019; Rösli et al., 2019). Deze onderzoeken laten zien dat naast  $L_{night}$  ook het aantal passages of tijdstippen belangrijk is. Ook het Citizen Science-onderzoek<sup>5</sup> bij de luchthaven Schiphol in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (aanbeveling 6 van de verkenning) naar geluidgevoeligheid en rustperiodes onder burgers geeft een indicatie dat de hinder naast geluidniveaus ook verklaard wordt door het aantal vliegbewegingen, vluchtblokken (aantal en duur) en de rust tussen de vluchtblokken. In het Citizens Science-onderzoek zijn gegevens over kortetermijn hinder verzameld via een applicatie op een smartphone. Deze gegevens zijn gekoppeld aan vluchtgegevens en geluidgegevens van vliegtuigen. Wel is hierbij op te merken dat dit pilot-onderzoek is uitgevoerd onder een kleine, niet-representatieve studiepopulatie (onder andere geluidgevoelige mensen).

<sup>5</sup> <https://www.vliegtuiggeluid.nl/projecten/samen-meten-van-vliegtuiggeluid>

*De rol van co-determinanten*

Vanuit de wetenschappelijke literatuur weten we dat een deel van ernstige hinder/ernstige slaapverstoring verklaard kan worden door andere factoren dan geluid. Dit worden ook wel niet-akoestische factoren of co-determinanten genoemd. Het gaat hierbij om sociaal-demografische (leeftijd, geslacht, inkomen), persoonlijke (geluidgevoeligheid, coping), sociale (vertrouwen, communicatie, verwachtingspatroon) en situationele factoren (isolatie van de woning, het hebben van een stille zijde) (Dusseldorp et al., 2011, Van Kempen en Simon, 2019). De invloed van persoonlijke, sociale en situationele factoren kon niet worden onderzocht in dit onderzoek, omdat hierover geen informatie beschikbaar was in de GM2020, terwijl we weten dat deze factoren van invloed kunnen zijn op de relatie (van Kempen en Simon, 2019). Het is de verwachting dat de AUC-waarden van de modellen in dit onderzoek hoger zullen worden als ook andere factoren naast geluid worden meegenomen in de logistische modellen.

*Andere onderzoeken*

Tot op heden is er weinig onderzoek gedaan naar de meerwaarde van aanvullende geluidindicatoren en langetermijneffecten van nachtelijke geluid op gezondheid en welbevinden (Janssen et al., 2014). Daarin werd gevonden dat toevoeging van het aantal vluchten boven een bepaalde waarde een toegevoegde waarde kan hebben. In het huidige onderzoek kwam de toegevoegde waarde van  $K_e$ , aanvullend op  $L_{night}$  naar voren bij alle luchthavens. De resultaten voor hinder laten een wisselender beeld zien per luchthaven en zijn in lijn met de resultaten uit een eerder onderzoek rondom Maastricht/Geilenkirchen (Verheijen et al., 2011).

## Bijlage 1 Uitleg GM2020-onderzoek

### Gezondheidsmonitor

Voor de GM 2020 waren er dertigduizend extra vragenlijsten beschikbaar om de steekproef in hoog belaste gebieden op te hogen. Het RIVM heeft op basis van de geluidblootstelling rond civiele en militaire luchthavens GGD GHOR Nederland geadviseerd over de verdeling van deze extra vragenlijsten. Het advies van het RIVM was om de ophoging van de steekproef in gebieden te doen met een relatief hoge geluidblootstelling rond de luchthaven. De dertigduizend vragenlijsten zijn verdeeld over de betreffende GGD-en, waarbij er gestreefd werd naar één GGD per luchthaven. Informatie over de gebieden met een hoge geluidbelasting is aangeleverd aan de betreffende GGD-en. De definitie van de gebieden kwam overeen met de definitie van de primaire eenheid van de betreffende GGD. De GGD'en waren zelf verantwoordelijk voor de extra ophoging van de steekproef, zodat rekening gehouden kon worden met de eigen steekproef, en hebben de steekproef aangeleverd aan het CBS. De uitvoering van de vragenlijst lag bij het CBS. Het CBS heeft de vragenlijst uitgezet onder de deelnemers. De extra ophoging van de steekproef moest zodanig worden uitgevoerd, dat de totale steekproef voldeed aan de door het CBS gestelde voorwaarden. Meer informatie over de Gezondheidsmonitor is te vinden in de rapportage van GGD GHOR Nederland ('Belevingsonderzoek geluidhinder en slaapverstoring luchtvaart 2020' (GGD GHOR Nederland, 2022)).

### *Ernstige hinder en slaapverstoring*

Geluidhinder is in de vragenlijst van de Gezondheidsmonitor bepaald met de in internationaal verband afgesproken vraag. Het gaat hier om de vraag die is vastgelegd in de ISO/TS 15666, 2003-norm (ISO, 2003). Deze vraag verwijst per geluidbron (in dit geval het geluid van vliegtuigen) naar de hinder in de thuissituatie gedurende de afgelopen twaalf maanden. De deelnemers kunnen antwoorden geven op een schaal van 0 tot 10 in welke mate zij zich gehinderd voelen. In dit onderzoek is deze 11-puntschaal gedichotomiseerd (0,1)<sup>6</sup> om zo te relatie te onderzoeken tussen verschillende indicatoren van vliegtuiggeluid en ernstige hinder. Deelnemers met een score van 8 of meer worden in dit onderzoek als 'ernstig gehinderd' beschouwd. De vraag voor slaapverstoring is vergelijkbaar met de vraag over hinder en meet daarmee de subjectieve beleving van de slaap. Deelnemers met een score van 8 of meer worden in dit onderzoek als 'ernstig slaapverstoord' beschouwd. De vragen voor geluidhinder en slaapverstoring in de Gezondheidsmonitor 2020 staan in dit rapport beschreven in Bijlage 5.1. Meer informatie over hinder en slaapverstoring is te vinden in het rapport relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring (Van Poll et al, 2022).

<sup>6</sup> Scores 0 tot en met 7: 0; scores 8-10: 1.

Tekstbox 1 Vragen geluidhinder en slaapverstoring GM2020  
(overgenomen uit GGD GHOR Nederland, 2020).

*Geluidhinder*

Vraag: Denk bij deze vraag aan de afgelopen 12 maanden. Welke getal van 0 tot 10 geeft het beste aan in welke mate geluid van de onderstaande bronnen u hinder of ergert wanneer u thuis bent?

Als een geluid bij u thuis niet hoorbaar is, kunt u dit in de laatste kolom aangeven.

Geef op iedere regel uw antwoord:

|                                                        | <b>helemaal niet gehinderd</b> |   |   |   |   | <b>extreem gehinderd</b> |   |   |   |   | Niet hoorbaar |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------|---|---|---|---|---------------|
|                                                        | 0                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                        | 6 | 7 | 8 | 9 | 10            |
| Verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur      |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Treinverkeer                                           |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Vliegverkeer                                           |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |

*Slaapverstoring*

Vraag: Denk bij deze vraag aan de afgelopen 12 maanden. Welke getal van 0 tot 10 geeft het beste aan in welke mate geluid van de onderstaande bronnen uw slaap heeft verstoort wanneer u thuis bent?

Als een geluid bij u thuis niet hoorbaar is, kunt u dit in de laatste kolom aangeven.

Geef op iedere regel uw antwoord:

|                                                        | <b>helemaal niet gehinderd</b> |   |   |   |   | <b>extreem gehinderd</b> |   |   |   |   | Niet hoorbaar |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------|---|---|---|---|---------------|
|                                                        | 0                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                        | 6 | 7 | 8 | 9 | 10            |
| Verkeer op wegen waar je harder mag dan 50 km/uur      |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Verkeer op wegen waar je niet harder mag dan 50 km/uur |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Treinverkeer                                           |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |
| Vliegverkeer                                           |                                |   |   |   |   |                          |   |   |   |   |               |

## Bijlage 2 Analyses

De blootstelling wordt per luchthaven voor elke geluidindicator weergegeven met percentielwaarden (p1, p25, p50, p75, p99). De laagste percentielwaarde (p1) verwijst naar de blootstellingswaarde waaraan minstens 99 procent van de deelnemers is blootgesteld. Om te kijken of er collineariteit, of wel samenhang, is tussen de verschillende geluidindicatoren, rapporteren we de (Pearson-)correlaties. De (Pearson-)correlatie geeft een waarde tussen de -1 en 1 en geeft de sterkte en richting van het verband tussen twee geluidindicatoren weer. Als de waarde tussen de 0 en 1 ligt, is er een positieve correlatie. Hoe hoger de waarde, hoe meer de geluidindicatoren samenhangen. Bij 0 is er geen correlatie. Als de waarde tussen de 0 en -1 ligt, dan is er een negatieve correlatie, dan verandert de variabele in tegengestelde richting. Met de (Pearson-)correlatiecoëfficiënt kan geen oorzaak-gevolgrelatie worden afgeleid. De verschillende TA- en NA-waardes zijn op logaritmische schaal geanalyseerd ( $\log_{10}(TA/NA + 0,1)$ ) vanwege de niet-normale verdeling en zeer hoge waarden van deze indicatoren. Voor de tabellen in de rapportage zijn de waardes weer teruggerekend. De volledige correlatie tabellen staan in Bijlage 5.2.

### *Relatie: blootstelling – respons*

Voor de vergelijking tussen de verschillende geluidindicatoren worden blootstelling-respons-(BR)-relaties afgeleid. Een BR-relatie toont de relatie tussen de blootstelling en de proportie (of het aantal) individuen in een (sub)populatie die naar verwachting reageert met een bepaald effect. In dit rapport gaat het om de relatie tussen verschillende indicatoren van vliegtuiggeluid en het aandeel van de bevolking dat daarbij ernstige hinder of ernstige slaapverstoring ervaart, zoals bepaald met de verzamelde data in de GM2020. De BR-relatie kan op verschillende manieren worden berekend. In dit rapport is gebruikgemaakt van een logistische regressie<sup>7</sup> (met de `svyglm`-functie uit het `survey`-package (Lumley, 2004) in het statistische programma R). Hierbij is een lineair verband verondersteld op de log-odds-schaal. Er is voor de vergelijking bewust geen gebruik van logistische regressie met spline-functies, omdat dit de vergelijking van de verschillende modellen aanzienlijk meer gecompliceerd maakt en lastiger te interpreteren. Ook zijn de formules van logistische modellen met (meerdere) spline-functie(s) zeer complex. Dit maakt het moeilijk om deze praktisch toe te passen.

### *Vergelijking geluidindicatoren*

Voor de verschillende geluidindicatoren ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $K_e$ , verschillende waarden van NA en TA) hebben we logistische regressiemodellen afgeleid. Deze verschillende logistische regressiemodellen zijn met elkaar vergeleken door te kijken naar zowel de modelfit als de

<sup>7</sup> Regressieanalyse is een statistische analysetechniek waarmee men met 1 of meer voorspellende variabelen, in dit geval blootstellingsniveaus van vliegtuiggeluid, een relatie (BR-relatie in dit geval) probeert te beschrijven met een uitkomstvariabele, in dit geval ernstige hinder of ernstige slaapverstoring. Wanneer de uitkomstvariabele uit -0- of -1- bestaat (geen ernstige hinder, wel ernstige hinder), gebruikt men de logistische variant van regressieanalyse. De 'odds' is de verhouding tussen de waarschijnlijkheid dat een gebeurtenis voorvalt (wel ernstige hinder, 1) en de waarschijnlijkheid dat ze niet voorvalt (geen ernstige hinder, 0) en daar dan weer de (natuurlijke) logaritme van ( $\ln$ ).

nauwkeurigheid van de modellen. De **modelfit** geeft aan hoe goed een model op de onderliggende data past, dus de met de GM 2020 verzamelde data. De **nauwkeurigheid** van een model is een indicator hoe accuraat de voorspellingen van het model zijn. Oftewel: hoe goed kan het model onderscheid maken tussen mensen met en zonder ernstige hinder of ernstige slaapverstoring. Voor de modelfit en nauwkeurigheid van een model is gebruikgemaakt van verschillende statistische maten. De Akaike Information Criterion (AIC) (Burnham en Anderson, 2002) en Pseudo- $R^2$  worden gebruikt om iets te zeggen over de modelfit van een bepaalde relatie. De Area Under Curve (AUC) van de Receiver Operating Characteristic- (ROC) curve wordt gebruikt om de nauwkeurigheid van het model uit te drukken (Janssens en Martens, 2020). Deze statistische maten worden in de volgende paragrafen verder besproken. Door de AIC- en AUC-waarden met elkaar te vergelijken, kan het meest verklarende model gevonden worden. Om meer inzicht te krijgen in hoe goed de modellen de uitkomstmaat kunnen voorspellen, is er voor elke luchthaven ook een model gemaakt zonder voorspellende indicatoren: het zogenoemde controlemodel, ook wel 0-model genoemd, in de tabellen. Als een model gebaseerd op een indicator amper verschilt van het controlemodel (0-model), geeft dit aan dat er sprake is van een slecht model wat niet beter voorspelt dan een willekeurige gok. Des te groter het verschil in waarden van modelfit (AIC, pseudo- $R^2$ ) en nauwkeurigheid (AUC) tussen een model en het controle 0-model, des te beter is het model. De tabellen in de resultaten zijn gerangschikt op basis van de AIC.

### AIC

De AIC is een maat voor de goedheid van de modelfit, gecorrigeerd voor de modelcomplexiteit (aantal parameters/variabelen in het model). De AIC geeft een schatting van de relatieve kwaliteit van het model voor de onderliggende data. Hiermee kunnen verschillende modellen die gemaakt zijn met dezelfde onderliggende data met elkaar vergeleken worden. Hoe lager de AIC-waarde, des te beter past het model op de onderliggende data. In dit geval geeft het model met de laagste AIC aan welke geluidindicator of combinatie het beste de samenhang met gerapporteerde ernstige hinder of slaapverstoring beschrijft voor de data uit de GM 2020. De absolute AIC-waarde op zichzelf zegt niet zoveel. Deze maat is bedoeld om verschillende modellen, gebaseerd op dezelfde onderliggende data, met elkaar te vergelijken. Een veelgebruikte vuistregel voor het gebruik van AIC-waarden is dat wanneer het verschil in AIC minder dan 2 is er geen onderscheid kan worden gemaakt tussen de modelfit van de modellen (Burnham en Anderson, 2002). Wanneer het verschil tussen de 2 en 10 is, dan is er aanzienlijk bewijs dat het model met laagste AIC-waarde een betere modelfit heeft. Is het verschil in AIC-waarde meer dan 10, dan is met veel zekerheid te stellen dat het model met een lagere AIC-waarde een betere modelfit heeft dan het AIC-model met de hogere waarde.

Om te bepalen of modellen gebaseerd op  $L_{den}$  of  $L_{night}$  in combinatie met een andere geluidsblootstelling een betere fit hebben dan het model met alleen maar  $L_{den}$  of  $L_{night}$ , wordt gekeken naar het verschil in AIC-waarden. Dit verschil wordt in de analyse uitgedrukt als de  $\Delta AIC$  van het  $L_{den}$ - of  $L_{night}$ -model. Deze  $\Delta AIC$ -waarde geeft het verschil weer tussen de AIC-waarde van het  $L_{den}$ - of  $L_{night}$ -model en de AIC-waarde van een model met

een combinatie van geluidsblootstellingen (AIC-combinatiemodel - AIC- $L_{den}$ -model). Wanneer de  $\Delta AIC$  een waarde van minder dan -10 heeft (oftewel, de AIC-waarde van het gecombineerde model is tenminste 10 AIC-eenheden kleiner dan het  $L_{den}$ - of  $L_{night}$ -model), dan is met veel zekerheid vast te stellen dat het model met meerdere blootstellingen een betere modelfit heeft.

### *Pseudo- $R^2$*

Naast de AIC is ook gebruikgemaakt van de Pseudo- $R^2$  om de modelfit van de verschillende logistische regressiemodellen te vergelijken. Een  $R^2$ -waarde geeft de relatie weer tussen de voorspelde uitkomst op basis van het model en de daadwerkelijk uitkomst. Omdat in dit rapport logistische regressiemodellen met een binaire uitkomst worden gebruikt, is er gebruikgemaakt van de *McFadden Pseudo- $R^2$*  (range: 0 – 1) om de modelfit van de verschillende modellen te vergelijken (Freese en Scott Long, 2006). Dit omdat de standaard  $R^2$  alleen toegepast kan worden op modellen met een continue uitkomst maar niet op een categorische/binaire (wel of geen ernstige hinder of slaapverstoring) uitkomstmaat. Hoe hoger de Pseudo- $R^2$ -waarde, des te beter is de fit van het model. Een belangrijk verschil tussen de Pseudo- $R^2$  en de normale  $R^2$  is dat de Pseudo- $R^2$  alleen gebruikt kon worden om de fit van modellen te vergelijken, gebaseerd op dezelfde onderliggende data. De Pseudo- $R^2$  van een model gebaseerd op bijvoorbeeld de Schiphol-data mag niet vergeleken worden met de Pseudo- $R^2$  van een model wat gebruikmaakt van de Maastricht Aachen Airport-data. Verder is de Pseudo- $R^2$  niet te gebruiken om direct het percentage van de verklaarde variatie binnen een model weer te geven.

### *AUC*

De ROC-curve is een grafiek die de prestaties van een model met een binaire (0,1) uitkomst weergeeft, waarbij de drempelwaarde voor het toewijzen van de uitkomstmaat wordt gevarieerd. Hierbij wordt de gevoeligheid (sensitiviteit), berekend als percentage echt positieve uitslagen, uitgezet tegen het percentage vals-positieve uitslagen (100-specificiteit) bij verschillende drempelwaarden. Dit vormt de ROC-curve. De oppervlakte onder de ROC-curve is de AUC-waarde. Figuur 2 is een voorbeeld waarbij de AUC-waarde van drie verschillende ROC-curves is weergegeven.

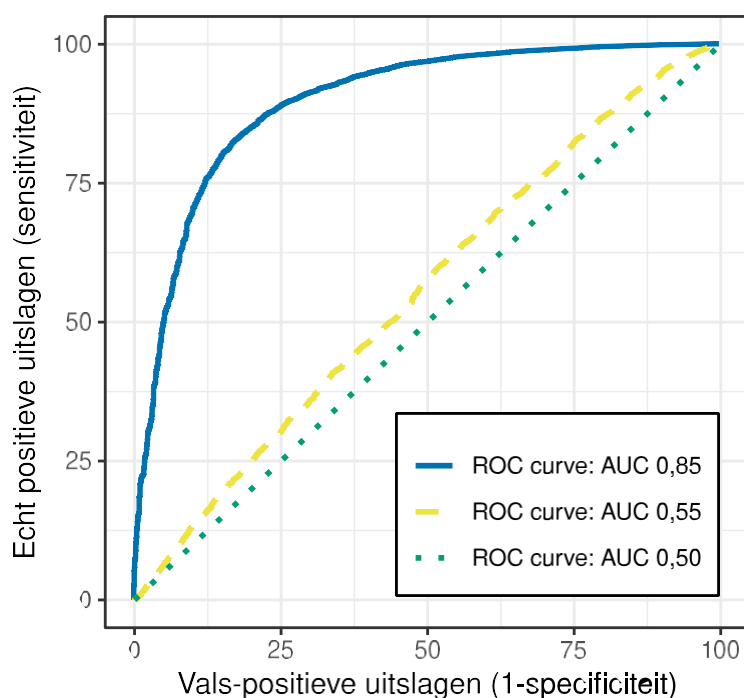
De AUC-waarde geeft aan hoe goed een model is in het voorspellen van mogelijke uitkomsten. In dit geval geeft het een indicatie of een geluidindicator goed een onderscheid kan maken tussen degene die 'ernstige hinder' of 'ernstige slaapverstoring' hebben van vliegtuiggeluid en zij die dat niet hebben. De waarde van de AUC ligt altijd tussen de 0,5 en 1,0. Een model met een AUC van 0,5 geeft een volledig willekeurige voorspelling van de uitkomst. Bij een AUC van 1,0 voorspelt het model 100 procent van de uitkomsten correct. Hoe dichterbij de AUC-waarde bij de 1,0 zit, des te nauwkeuriger zijn de voorspellingen van het model.

De AUC-waarde is bepaald door eerst een model te baseren op een gedeelte van data (trainingsdata, 80% van de beschikbare data), en vervolgens dit model te gebruiken om de uitkomsten te voorspellen in het overige deel van de data (testdata, 20% van de beschikbare data). Op basis van het aantal juiste en onjuiste voorspellingen door het model, kan

je een ROC-curve opstellen en daarna de AUC-waarde van deze curve bepalen.

Om de nauwkeurigheid van de AUC te vergroten, is er gebruikgemaakt van een 5-voudig kruis-validatie. Dit houdt in dat er in totaal vijf verschillende AUC-waarden zijn berekend, steeds gebaseerd op een nieuwe combinatie van trainingsdata en testdata. De uiteindelijke AUC waarde is het gemiddelde van deze vijf losse waarden. Voordeel van deze methode is dat elk datapunt zowel als trainings- en testdata gebruikt wordt en het ook mogelijk is om een betrouwbaarheidsinterval van de AUC te bepalen.

De statistische analyses zijn uitgevoerd in de beveiligde omgeving van het CBS met het programma R<sup>8</sup>. Alle gepresenteerde cijfers zijn met behulp van weegfactoren gecorrigeerd naar de bevolking in Nederland van 18 jaar en ouder. Hierbij is gebruikgemaakt van de door het CBS berekende weegfactoren (Kriekels, 2021) voor de Gezondheidsmonitor 2020.



*Figuur 1 Een voorbeeld van een Area under the curve -(AUC) plot van drie verschillende ROC's. Bij een hoge AUC (doorgetrokken lijn) is er sprake van een accuraat model wat met goede nauwkeurigheid de uitkomsten kan voorspellen. Als de AUC laag is, maar hoger dan 0,5 (gestreepte lijn), dan voorspelt het model met een lage nauwkeurigheid. Bij een AUC-waarde van 0,5 (stippellijn) dan zijn de voorspellingen van het model compleet willekeurig.*

<sup>8</sup> R is een softwarepakket en programmeertaal die ontwikkeld is voor statistiek en data-analysedoeleinden. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



## Bijlage 3 Extra resultaten

### B.1 Gecombineerde ernstige hinder en slaapverstoring

In onderstaande tabellen staat voor alle luchthavens een kruistabel met onder andere het aantal deelnemers dat én ernstige hinder (score 8-10, ja) en ernstige slaapverstoring (score 8-10, ja) ervaart.

*Schiphol 3,8% (4.408/115.341) ernstig gehinderd én ernstig slaapverstoord*

|                      | Ernstige<br>Slaapverstoring- Nee | Ernstige<br>Slaapverstoring: Ja |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ernstige Hinder: Nee | 104.450                          | 653                             |
| Ernstige Hinder: Ja  | 5.830                            | 4.408                           |

*Maastricht 3,4%(570/16.902) ernstig gehinderd én ernstig slaapverstoord*

|                       | Ernstige<br>Slaapverstoring –<br>Nee | Ernstige<br>Slaapverstoring – Ja |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Ernstige Hinder – Nee | 15.210                               | 100                              |
| Ernstige Hinder – Ja  | 1.022                                | 570                              |

*Rotterdam 1,2% (547/47.445) ernstig gehinderd én ernstig slaapverstoord*

|                       | Ernstige<br>Slaapverstoring – Nee | Ernstige<br>Slaapverstoring – Ja |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ernstige Hinder – Nee | 45.813                            | 178                              |
| Ernstige Hinder – Ja  | 907                               | 547                              |

*Groningen 0,4% (18/4.903) ernstig gehinderd én ernstig slaapverstoord*

|                       | Ernstige<br>Slaapverstoring –<br>Nee | Ernstige<br>Slaapverstoring – Ja |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Ernstige Hinder – Nee | 4.788                                | 11                               |
| Ernstige Hinder – Ja  | 86                                   | 18                               |

*Eindhoven 3,1% (731/23.393) ernstig gehinderd én ernstig slaapverstoord*

|                       | Slaapverstoring –<br>Nee | Slaapverstoring – Ja |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Ernstige Hinder – Nee | 21.982                   | 131                  |
| Ernstige Hinder – Ja  | 1.280                    | 731                  |

### B.2 Correlatie

In onderstaande tabellen staan de correlatiematrixen van de correlatie (samenhang) tussen de geluidindicatoren. Voor deze analyse is alleen gekeken naar de correlaties tussen  $L_{den}$  en  $L_{night}$  enerzijds en de andere geluidsindicatoren anderzijds. Er is niet gekeken naar de onderling correlaties tussen de andere geluidsindicatoren.

Per luchthaven wordt een correlatiematrix voor  $L_{den}$  en een correlatiematrix voor  $L_{night}$  getoond.

Tabel B.1 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied Schiphol (n = 129.848).

|      | <b>Lden</b> | <b>Ke</b> | <b>na45</b> | <b>na50</b> | <b>na55</b> | <b>na60</b> | <b>na65</b> | <b>na70</b> | <b>na75</b> | <b>na80</b> | <b>ta45</b> | <b>ta50</b> | <b>ta55</b> | <b>ta60</b> | <b>ta65</b> | <b>ta70</b> | <b>ta75</b> | <b>ta80</b> |
|------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lden | 1,00        | 0,97      | 0,89        | 0,91        | 0,93        | 0,95        | 0,94        | 0,90        | 0,80        | 0,60        | 0,89        | 0,91        | 0,92        | 0,93        | 0,90        | 0,83        | 0,74        | 0,59        |
| Ke   | 0,97        | 1,00      | 0,90        | 0,92        | 0,94        | 0,94        | 0,91        | 0,87        | 0,82        | 0,62        | 0,85        | 0,87        | 0,88        | 0,87        | 0,84        | 0,79        | 0,75        | 0,61        |
| na45 | 0,89        | 0,90      | 1,00        | 0,97        | 0,92        | 0,87        | 0,81        | 0,74        | 0,68        | 0,44        | 0,93        | 0,90        | 0,85        | 0,79        | 0,72        | 0,71        | 0,63        | 0,45        |
| na50 | 0,91        | 0,92      | 0,97        | 1,00        | 0,96        | 0,91        | 0,84        | 0,76        | 0,70        | 0,44        | 0,91        | 0,93        | 0,88        | 0,82        | 0,75        | 0,72        | 0,65        | 0,44        |
| na55 | 0,93        | 0,94      | 0,92        | 0,96        | 1,00        | 0,96        | 0,90        | 0,83        | 0,75        | 0,48        | 0,89        | 0,93        | 0,94        | 0,88        | 0,82        | 0,78        | 0,68        | 0,48        |
| na60 | 0,95        | 0,94      | 0,87        | 0,91        | 0,96        | 1,00        | 0,95        | 0,89        | 0,78        | 0,52        | 0,85        | 0,89        | 0,93        | 0,94        | 0,88        | 0,83        | 0,70        | 0,51        |
| na65 | 0,94        | 0,91      | 0,81        | 0,84        | 0,90        | 0,95        | 1,00        | 0,94        | 0,79        | 0,54        | 0,79        | 0,83        | 0,88        | 0,93        | 0,95        | 0,87        | 0,70        | 0,53        |
| na70 | 0,90        | 0,87      | 0,74        | 0,76        | 0,83        | 0,89        | 0,94        | 1,00        | 0,84        | 0,61        | 0,72        | 0,76        | 0,82        | 0,87        | 0,92        | 0,92        | 0,76        | 0,59        |
| na75 | 0,80        | 0,82      | 0,68        | 0,70        | 0,75        | 0,78        | 0,79        | 0,84        | 1,00        | 0,69        | 0,64        | 0,67        | 0,71        | 0,74        | 0,76        | 0,80        | 0,91        | 0,67        |
| na80 | 0,60        | 0,62      | 0,44        | 0,44        | 0,48        | 0,52        | 0,54        | 0,61        | 0,69        | 1,00        | 0,41        | 0,42        | 0,44        | 0,47        | 0,49        | 0,50        | 0,68        | 0,95        |
| ta45 | 0,89        | 0,85      | 0,93        | 0,91        | 0,89        | 0,85        | 0,79        | 0,72        | 0,64        | 0,41        | 1,00        | 0,98        | 0,92        | 0,86        | 0,77        | 0,71        | 0,60        | 0,41        |
| ta50 | 0,91        | 0,87      | 0,90        | 0,93        | 0,93        | 0,89        | 0,83        | 0,76        | 0,67        | 0,42        | 0,98        | 1,00        | 0,97        | 0,90        | 0,81        | 0,74        | 0,61        | 0,41        |
| ta55 | 0,92        | 0,88      | 0,85        | 0,88        | 0,94        | 0,93        | 0,88        | 0,82        | 0,71        | 0,44        | 0,92        | 0,97        | 1,00        | 0,96        | 0,88        | 0,79        | 0,64        | 0,43        |
| ta60 | 0,93        | 0,87      | 0,79        | 0,82        | 0,88        | 0,94        | 0,93        | 0,87        | 0,74        | 0,47        | 0,86        | 0,90        | 0,96        | 1,00        | 0,95        | 0,84        | 0,66        | 0,45        |
| ta65 | 0,90        | 0,84      | 0,72        | 0,75        | 0,82        | 0,88        | 0,95        | 0,92        | 0,76        | 0,49        | 0,77        | 0,81        | 0,88        | 0,95        | 1,00        | 0,89        | 0,68        | 0,47        |
| ta70 | 0,83        | 0,79      | 0,71        | 0,72        | 0,78        | 0,83        | 0,87        | 0,92        | 0,80        | 0,50        | 0,71        | 0,74        | 0,79        | 0,84        | 0,89        | 1,00        | 0,72        | 0,49        |
| ta75 | 0,74        | 0,75      | 0,63        | 0,65        | 0,68        | 0,70        | 0,70        | 0,76        | 0,91        | 0,68        | 0,60        | 0,61        | 0,64        | 0,66        | 0,68        | 0,72        | 1,00        | 0,67        |
| ta80 | 0,59        | 0,61      | 0,45        | 0,44        | 0,48        | 0,51        | 0,53        | 0,59        | 0,67        | 0,95        | 0,41        | 0,41        | 0,43        | 0,45        | 0,47        | 0,49        | 0,67        | 1,00        |

Tabel B.2 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied Schiphol ( $n = 129.848$ ).

|        | <b>Lnight</b> | <b>Ke</b> | <b>nna45</b> | <b>nna50</b> | <b>nna55</b> | <b>nna60</b> | <b>nna65</b> | <b>nna70</b> | <b>nna75</b> | <b>nna80</b> | <b>nta45</b> | <b>nta50</b> | <b>nta55</b> | <b>nta60</b> | <b>nta65</b> | <b>nta70</b> | <b>nta75</b> | <b>nta80</b> |
|--------|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lnight | 1,00          | 0,87      | 0,77         | 0,83         | 0,86         | 0,87         | 0,84         | 0,78         | 0,60         | 0,40         | 0,87         | 0,87         | 0,67         | 0,64         | 0,59         | 0,63         | 0,56         | 0,41         |
| Ke     | 0,87          | 1,00      | 0,76         | 0,80         | 0,83         | 0,78         | 0,72         | 0,66         | 0,62         | 0,40         | 0,79         | 0,77         | 0,59         | 0,52         | 0,46         | 0,53         | 0,60         | 0,42         |
| nna45  | 0,77          | 0,76      | 1,00         | 0,90         | 0,67         | 0,56         | 0,46         | 0,43         | 0,41         | 0,24         | 0,92         | 0,73         | 0,35         | 0,25         | 0,18         | 0,32         | 0,41         | 0,28         |
| nna50  | 0,83          | 0,80      | 0,90         | 1,00         | 0,80         | 0,67         | 0,56         | 0,50         | 0,45         | 0,26         | 0,91         | 0,88         | 0,48         | 0,36         | 0,28         | 0,38         | 0,43         | 0,30         |
| nna55  | 0,86          | 0,83      | 0,67         | 0,80         | 1,00         | 0,92         | 0,82         | 0,68         | 0,48         | 0,29         | 0,79         | 0,89         | 0,83         | 0,72         | 0,63         | 0,55         | 0,46         | 0,32         |
| nna60  | 0,87          | 0,78      | 0,56         | 0,67         | 0,92         | 1,00         | 0,91         | 0,75         | 0,50         | 0,31         | 0,70         | 0,81         | 0,86         | 0,84         | 0,74         | 0,62         | 0,47         | 0,33         |
| nna65  | 0,84          | 0,72      | 0,46         | 0,56         | 0,82         | 0,91         | 1,00         | 0,82         | 0,51         | 0,33         | 0,63         | 0,74         | 0,80         | 0,82         | 0,84         | 0,67         | 0,47         | 0,35         |
| nna70  | 0,78          | 0,66      | 0,43         | 0,50         | 0,68         | 0,75         | 0,82         | 1,00         | 0,57         | 0,38         | 0,56         | 0,63         | 0,63         | 0,66         | 0,68         | 0,77         | 0,52         | 0,40         |
| nna75  | 0,60          | 0,62      | 0,41         | 0,45         | 0,48         | 0,50         | 0,51         | 0,57         | 1,00         | 0,71         | 0,41         | 0,43         | 0,34         | 0,32         | 0,31         | 0,44         | 0,85         | 0,72         |
| nna80  | 0,40          | 0,40      | 0,24         | 0,26         | 0,29         | 0,31         | 0,33         | 0,38         | 0,71         | 1,00         | 0,24         | 0,25         | 0,20         | 0,20         | 0,20         | 0,28         | 0,65         | 0,89         |
| nta45  | 0,87          | 0,79      | 0,92         | 0,91         | 0,79         | 0,70         | 0,63         | 0,56         | 0,41         | 0,24         | 1,00         | 0,89         | 0,55         | 0,45         | 0,39         | 0,44         | 0,41         | 0,28         |
| nta50  | 0,87          | 0,77      | 0,73         | 0,88         | 0,89         | 0,81         | 0,74         | 0,63         | 0,43         | 0,25         | 0,89         | 1,00         | 0,74         | 0,63         | 0,55         | 0,52         | 0,42         | 0,29         |
| nta55  | 0,67          | 0,59      | 0,35         | 0,48         | 0,83         | 0,86         | 0,80         | 0,63         | 0,34         | 0,20         | 0,55         | 0,74         | 1,00         | 0,93         | 0,80         | 0,55         | 0,33         | 0,22         |
| nta60  | 0,64          | 0,52      | 0,25         | 0,36         | 0,72         | 0,84         | 0,82         | 0,66         | 0,32         | 0,20         | 0,45         | 0,63         | 0,93         | 1,00         | 0,90         | 0,60         | 0,32         | 0,21         |
| nta65  | 0,59          | 0,46      | 0,18         | 0,28         | 0,63         | 0,74         | 0,84         | 0,68         | 0,31         | 0,20         | 0,39         | 0,55         | 0,80         | 0,90         | 1,00         | 0,64         | 0,29         | 0,21         |
| nta70  | 0,63          | 0,53      | 0,32         | 0,38         | 0,55         | 0,62         | 0,67         | 0,77         | 0,44         | 0,28         | 0,44         | 0,52         | 0,55         | 0,60         | 0,64         | 1,00         | 0,43         | 0,30         |
| nta75  | 0,56          | 0,60      | 0,41         | 0,43         | 0,46         | 0,47         | 0,47         | 0,52         | 0,85         | 0,65         | 0,41         | 0,42         | 0,33         | 0,32         | 0,29         | 0,43         | 1,00         | 0,70         |
| nta80  | 0,41          | 0,42      | 0,28         | 0,30         | 0,32         | 0,33         | 0,35         | 0,40         | 0,72         | 0,89         | 0,28         | 0,29         | 0,22         | 0,21         | 0,21         | 0,30         | 0,70         | 1,00         |

Tabel B.3 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied Maastricht Aachen Airport ( $n = 33.761$ ).

|          | <b>Lden</b> | <b>Ke</b> | <b>na45</b> | <b>na50</b> | <b>na55</b> | <b>na60</b> | <b>na65</b> | <b>na70</b> | <b>na75</b> | <b>na80</b> | <b>ta45</b> | <b>ta50</b> | <b>ta55</b> | <b>ta60</b> | <b>ta65</b> | <b>ta70</b> | <b>ta75</b> | <b>ta80</b> |
|----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lden_tot | 1,00        | 0,99      | 0,84        | 0,88        | 0,89        | 0,90        | 0,91        | 0,91        | 0,90        | 0,86        | 0,88        | 0,90        | 0,91        | 0,93        | 0,94        | 0,89        | 0,87        | 0,84        |
| Ke_tot   | 0,99        | 1,00      | 0,85        | 0,88        | 0,90        | 0,90        | 0,91        | 0,89        | 0,87        | 0,84        | 0,86        | 0,89        | 0,90        | 0,91        | 0,93        | 0,86        | 0,84        | 0,82        |
| na45_tot | 0,84        | 0,85      | 1,00        | 0,98        | 0,92        | 0,86        | 0,80        | 0,73        | 0,69        | 0,65        | 0,95        | 0,93        | 0,90        | 0,85        | 0,81        | 0,71        | 0,68        | 0,66        |
| na50_tot | 0,88        | 0,88      | 0,98        | 1,00        | 0,97        | 0,92        | 0,85        | 0,78        | 0,73        | 0,68        | 0,96        | 0,97        | 0,95        | 0,91        | 0,87        | 0,75        | 0,72        | 0,70        |
| na55_tot | 0,89        | 0,90      | 0,92        | 0,97        | 1,00        | 0,97        | 0,90        | 0,82        | 0,76        | 0,70        | 0,93        | 0,97        | 0,98        | 0,96        | 0,90        | 0,78        | 0,74        | 0,71        |
| na60_tot | 0,90        | 0,90      | 0,86        | 0,92        | 0,97        | 1,00        | 0,96        | 0,88        | 0,80        | 0,72        | 0,89        | 0,93        | 0,97        | 0,99        | 0,95        | 0,85        | 0,78        | 0,72        |
| na65_tot | 0,91        | 0,91      | 0,80        | 0,85        | 0,90        | 0,96        | 1,00        | 0,94        | 0,85        | 0,76        | 0,83        | 0,88        | 0,92        | 0,96        | 0,98        | 0,91        | 0,83        | 0,75        |
| na70_tot | 0,91        | 0,89      | 0,73        | 0,78        | 0,82        | 0,88        | 0,94        | 1,00        | 0,93        | 0,84        | 0,78        | 0,82        | 0,85        | 0,90        | 0,95        | 0,97        | 0,91        | 0,83        |
| na75_tot | 0,90        | 0,87      | 0,69        | 0,73        | 0,76        | 0,80        | 0,85        | 0,93        | 1,00        | 0,94        | 0,75        | 0,78        | 0,80        | 0,83        | 0,88        | 0,91        | 0,98        | 0,92        |
| na80_tot | 0,86        | 0,84      | 0,65        | 0,68        | 0,70        | 0,72        | 0,76        | 0,84        | 0,94        | 1,00        | 0,69        | 0,71        | 0,72        | 0,74        | 0,79        | 0,83        | 0,91        | 0,98        |
| ta45_tot | 0,88        | 0,86      | 0,95        | 0,96        | 0,93        | 0,89        | 0,83        | 0,78        | 0,75        | 0,69        | 1,00        | 0,99        | 0,95        | 0,91        | 0,86        | 0,76        | 0,74        | 0,70        |
| ta50_tot | 0,90        | 0,89      | 0,93        | 0,97        | 0,97        | 0,93        | 0,88        | 0,82        | 0,78        | 0,71        | 0,99        | 1,00        | 0,98        | 0,95        | 0,90        | 0,79        | 0,77        | 0,72        |
| ta55_tot | 0,91        | 0,90      | 0,90        | 0,95        | 0,98        | 0,97        | 0,92        | 0,85        | 0,80        | 0,72        | 0,95        | 0,98        | 1,00        | 0,98        | 0,93        | 0,82        | 0,78        | 0,72        |
| ta60_tot | 0,93        | 0,91      | 0,85        | 0,91        | 0,96        | 0,99        | 0,96        | 0,90        | 0,83        | 0,74        | 0,91        | 0,95        | 0,98        | 1,00        | 0,97        | 0,88        | 0,81        | 0,73        |
| ta65_tot | 0,94        | 0,93      | 0,81        | 0,87        | 0,90        | 0,95        | 0,98        | 0,95        | 0,88        | 0,79        | 0,86        | 0,90        | 0,93        | 0,97        | 1,00        | 0,94        | 0,87        | 0,78        |
| ta70_tot | 0,89        | 0,86      | 0,71        | 0,75        | 0,78        | 0,85        | 0,91        | 0,97        | 0,91        | 0,83        | 0,76        | 0,79        | 0,82        | 0,88        | 0,94        | 1,00        | 0,91        | 0,82        |
| ta75_tot | 0,87        | 0,84      | 0,68        | 0,72        | 0,74        | 0,78        | 0,83        | 0,91        | 0,98        | 0,91        | 0,74        | 0,77        | 0,78        | 0,81        | 0,87        | 0,91        | 1,00        | 0,91        |
| ta80_tot | 0,84        | 0,82      | 0,66        | 0,70        | 0,71        | 0,72        | 0,75        | 0,83        | 0,92        | 0,98        | 0,70        | 0,72        | 0,72        | 0,73        | 0,78        | 0,82        | 0,91        | 1,00        |

Tabel B.4 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied Maastricht Aachen Airport (n = 33.761).

|            | <b>Lnight</b> | <b>Ke</b> | <b>nna45</b> | <b>nna50</b> | <b>nna55</b> | <b>nna60</b> | <b>nna65</b> | <b>nna70</b> | <b>nna75</b> | <b>nna80</b> | <b>nta45</b> | <b>nta50</b> | <b>nta55</b> | <b>nta60</b> | <b>nta65</b> | <b>nta70</b> | <b>nta75</b> | <b>nta80</b> |
|------------|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lnight_tot | 1,00          | 0,81      | 0,80         | 0,83         | 0,86         | 0,86         | 0,82         | 0,76         | 0,66         | 0,49         | 0,87         | 0,90         | 0,91         | 0,84         | 0,83         | 0,83         | 0,77         | 0,63         |
| Ke_tot     | 0,81          | 1,00      | 0,64         | 0,65         | 0,72         | 0,76         | 0,70         | 0,61         | 0,55         | 0,43         | 0,66         | 0,69         | 0,72         | 0,72         | 0,72         | 0,71         | 0,64         | 0,53         |
| nna45_tot  | 0,80          | 0,64      | 1,00         | 0,89         | 0,82         | 0,69         | 0,52         | 0,44         | 0,36         | 0,25         | 0,94         | 0,90         | 0,83         | 0,70         | 0,60         | 0,52         | 0,45         | 0,34         |
| nna50_tot  | 0,83          | 0,65      | 0,89         | 1,00         | 0,87         | 0,73         | 0,53         | 0,43         | 0,35         | 0,24         | 0,95         | 0,95         | 0,87         | 0,77         | 0,65         | 0,55         | 0,45         | 0,33         |
| nna55_tot  | 0,86          | 0,72      | 0,82         | 0,87         | 1,00         | 0,83         | 0,59         | 0,47         | 0,39         | 0,27         | 0,89         | 0,92         | 0,90         | 0,80         | 0,73         | 0,61         | 0,49         | 0,36         |
| nna60_tot  | 0,86          | 0,76      | 0,69         | 0,73         | 0,83         | 1,00         | 0,74         | 0,58         | 0,47         | 0,32         | 0,75         | 0,81         | 0,84         | 0,76         | 0,74         | 0,71         | 0,59         | 0,45         |
| nna65_tot  | 0,82          | 0,70      | 0,52         | 0,53         | 0,59         | 0,74         | 1,00         | 0,80         | 0,64         | 0,43         | 0,56         | 0,61         | 0,65         | 0,61         | 0,70         | 0,80         | 0,77         | 0,61         |
| nna70_tot  | 0,76          | 0,61      | 0,44         | 0,43         | 0,47         | 0,58         | 0,80         | 1,00         | 0,82         | 0,54         | 0,46         | 0,49         | 0,53         | 0,49         | 0,57         | 0,74         | 0,86         | 0,73         |
| nna75_tot  | 0,66          | 0,55      | 0,36         | 0,35         | 0,39         | 0,47         | 0,64         | 0,82         | 1,00         | 0,69         | 0,38         | 0,40         | 0,43         | 0,39         | 0,45         | 0,60         | 0,82         | 0,84         |
| nna80_tot  | 0,49          | 0,43      | 0,25         | 0,24         | 0,27         | 0,32         | 0,43         | 0,54         | 0,69         | 1,00         | 0,25         | 0,27         | 0,28         | 0,25         | 0,29         | 0,38         | 0,55         | 0,79         |
| nta45_tot  | 0,87          | 0,66      | 0,94         | 0,95         | 0,89         | 0,75         | 0,56         | 0,46         | 0,38         | 0,25         | 1,00         | 0,98         | 0,92         | 0,77         | 0,67         | 0,58         | 0,48         | 0,35         |
| nta50_tot  | 0,90          | 0,69      | 0,90         | 0,95         | 0,92         | 0,81         | 0,61         | 0,49         | 0,40         | 0,27         | 0,98         | 1,00         | 0,94         | 0,80         | 0,71         | 0,62         | 0,51         | 0,37         |
| nta55_tot  | 0,91          | 0,72      | 0,83         | 0,87         | 0,90         | 0,84         | 0,65         | 0,53         | 0,43         | 0,28         | 0,92         | 0,94         | 1,00         | 0,85         | 0,74         | 0,65         | 0,54         | 0,40         |
| nta60_tot  | 0,84          | 0,72      | 0,70         | 0,77         | 0,80         | 0,76         | 0,61         | 0,49         | 0,39         | 0,25         | 0,77         | 0,80         | 0,85         | 1,00         | 0,78         | 0,63         | 0,50         | 0,37         |
| nta65_tot  | 0,83          | 0,72      | 0,60         | 0,65         | 0,73         | 0,74         | 0,70         | 0,57         | 0,45         | 0,29         | 0,67         | 0,71         | 0,74         | 0,78         | 1,00         | 0,77         | 0,58         | 0,42         |
| nta70_tot  | 0,83          | 0,71      | 0,52         | 0,55         | 0,61         | 0,71         | 0,80         | 0,74         | 0,60         | 0,38         | 0,58         | 0,62         | 0,65         | 0,63         | 0,77         | 1,00         | 0,77         | 0,55         |
| nta75_tot  | 0,77          | 0,64      | 0,45         | 0,45         | 0,49         | 0,59         | 0,77         | 0,86         | 0,82         | 0,55         | 0,48         | 0,51         | 0,54         | 0,50         | 0,58         | 0,77         | 1,00         | 0,76         |
| nta80_tot  | 0,63          | 0,53      | 0,34         | 0,33         | 0,36         | 0,45         | 0,61         | 0,73         | 0,84         | 0,79         | 0,35         | 0,37         | 0,40         | 0,37         | 0,42         | 0,55         | 0,76         | 1,00         |

Tabel B.5 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied Rotterdam The Hague Airport ( $n = 52.668$ ).

|      | <b>Lden</b> | <b>Ke</b> | <b>na45</b> | <b>na50</b> | <b>na55</b> | <b>na60</b> | <b>na65</b> | <b>na70</b> | <b>na75</b> | <b>na80</b> | <b>ta45</b> | <b>ta50</b> | <b>ta55</b> | <b>ta60</b> | <b>ta65</b> | <b>ta70</b> | <b>ta75</b> | <b>ta80</b> |
|------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lden | 1,00        | 0,97      | 0,80        | 0,78        | 0,78        | 0,81        | 0,79        | 0,74        | 0,61        | 0,44        | 0,93        | 0,96        | 0,96        | 0,96        | 0,93        | 0,73        | 0,65        | 0,51        |
| Ke   | 0,97        | 1,00      | 0,79        | 0,78        | 0,77        | 0,80        | 0,78        | 0,69        | 0,54        | 0,39        | 0,96        | 0,95        | 0,94        | 0,91        | 0,90        | 0,64        | 0,57        | 0,45        |
| na45 | 0,80        | 0,79      | 1,00        | 0,92        | 0,85        | 0,81        | 0,72        | 0,53        | 0,38        | 0,24        | 0,80        | 0,79        | 0,79        | 0,77        | 0,72        | 0,54        | 0,41        | 0,29        |
| na50 | 0,78        | 0,78      | 0,92        | 1,00        | 0,97        | 0,90        | 0,78        | 0,52        | 0,41        | 0,26        | 0,77        | 0,78        | 0,78        | 0,75        | 0,71        | 0,43        | 0,44        | 0,31        |
| na55 | 0,78        | 0,77      | 0,85        | 0,97        | 1,00        | 0,95        | 0,82        | 0,52        | 0,42        | 0,28        | 0,75        | 0,77        | 0,77        | 0,74        | 0,71        | 0,43        | 0,46        | 0,33        |
| na60 | 0,81        | 0,80      | 0,81        | 0,90        | 0,95        | 1,00        | 0,90        | 0,59        | 0,47        | 0,32        | 0,75        | 0,77        | 0,79        | 0,80        | 0,78        | 0,49        | 0,51        | 0,38        |
| na65 | 0,79        | 0,78      | 0,72        | 0,78        | 0,82        | 0,90        | 1,00        | 0,66        | 0,52        | 0,36        | 0,70        | 0,71        | 0,73        | 0,76        | 0,84        | 0,53        | 0,55        | 0,42        |
| na70 | 0,74        | 0,69      | 0,53        | 0,52        | 0,52        | 0,59        | 0,66        | 1,00        | 0,72        | 0,49        | 0,60        | 0,59        | 0,60        | 0,65        | 0,75        | 0,78        | 0,76        | 0,58        |
| na75 | 0,61        | 0,54      | 0,38        | 0,41        | 0,42        | 0,47        | 0,52        | 0,72        | 1,00        | 0,77        | 0,43        | 0,45        | 0,47        | 0,51        | 0,57        | 0,55        | 0,95        | 0,86        |
| na80 | 0,44        | 0,39      | 0,24        | 0,26        | 0,28        | 0,32        | 0,36        | 0,49        | 0,77        | 1,00        | 0,27        | 0,29        | 0,32        | 0,35        | 0,39        | 0,38        | 0,70        | 0,91        |
| ta45 | 0,93        | 0,96      | 0,80        | 0,77        | 0,75        | 0,75        | 0,70        | 0,60        | 0,43        | 0,27        | 1,00        | 0,98        | 0,94        | 0,88        | 0,82        | 0,58        | 0,46        | 0,33        |
| ta50 | 0,96        | 0,95      | 0,79        | 0,78        | 0,77        | 0,77        | 0,71        | 0,59        | 0,45        | 0,29        | 0,98        | 1,00        | 0,98        | 0,93        | 0,85        | 0,61        | 0,48        | 0,35        |
| ta55 | 0,96        | 0,94      | 0,79        | 0,78        | 0,77        | 0,79        | 0,73        | 0,60        | 0,47        | 0,32        | 0,94        | 0,98        | 1,00        | 0,97        | 0,88        | 0,65        | 0,50        | 0,38        |
| ta60 | 0,96        | 0,91      | 0,77        | 0,75        | 0,74        | 0,80        | 0,76        | 0,65        | 0,51        | 0,35        | 0,88        | 0,93        | 0,97        | 1,00        | 0,93        | 0,72        | 0,55        | 0,41        |
| ta65 | 0,93        | 0,90      | 0,72        | 0,71        | 0,71        | 0,78        | 0,84        | 0,75        | 0,57        | 0,39        | 0,82        | 0,85        | 0,88        | 0,93        | 1,00        | 0,75        | 0,61        | 0,46        |
| ta70 | 0,73        | 0,64      | 0,54        | 0,43        | 0,43        | 0,49        | 0,53        | 0,78        | 0,55        | 0,38        | 0,58        | 0,61        | 0,65        | 0,72        | 0,75        | 1,00        | 0,59        | 0,45        |
| ta75 | 0,65        | 0,57      | 0,41        | 0,44        | 0,46        | 0,51        | 0,55        | 0,76        | 0,95        | 0,70        | 0,46        | 0,48        | 0,50        | 0,55        | 0,61        | 0,59        | 1,00        | 0,81        |
| ta80 | 0,51        | 0,45      | 0,29        | 0,31        | 0,33        | 0,38        | 0,42        | 0,58        | 0,86        | 0,91        | 0,33        | 0,35        | 0,38        | 0,41        | 0,46        | 0,45        | 0,81        | 1,00        |

Tabel B.6 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied Rotterdam The Hague Airport (n = 52.668).

|        | <b>Lnight</b> | <b>Ke</b> | <b>nna45</b> | <b>nna50</b> | <b>nna55</b> | <b>nna60</b> | <b>nna65</b> | <b>nna70</b> | <b>nna75</b> | <b>nna80</b> | <b>nta45</b> | <b>nta50</b> | <b>nta55</b> | <b>nta60</b> | <b>nta65</b> | <b>nta70</b> | <b>nta75</b> | <b>nta80</b> |
|--------|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lnight | 1,00          | 0,69      | 0,76         | 0,76         | 0,78         | 0,79         | 0,70         | 0,53         | 0,31         | 0,10         | 0,96         | 0,90         | 0,78         | 0,79         | 0,74         | 0,70         | 0,49         | 0,19         |
| Ke     | 0,69          | 1,00      | 0,62         | 0,68         | 0,66         | 0,65         | 0,56         | 0,41         | 0,24         | 0,08         | 0,68         | 0,53         | 0,35         | 0,33         | 0,56         | 0,57         | 0,41         | 0,16         |
| nna45  | 0,76          | 0,62      | 1,00         | 0,69         | 0,60         | 0,54         | 0,42         | 0,26         | 0,14         | 0,04         | 0,81         | 0,71         | 0,58         | 0,55         | 0,53         | 0,41         | 0,24         | 0,09         |
| nna50  | 0,76          | 0,68      | 0,69         | 1,00         | 0,79         | 0,67         | 0,53         | 0,35         | 0,18         | 0,05         | 0,79         | 0,72         | 0,62         | 0,57         | 0,67         | 0,53         | 0,32         | 0,12         |
| nna55  | 0,78          | 0,66      | 0,60         | 0,79         | 1,00         | 0,82         | 0,65         | 0,44         | 0,23         | 0,07         | 0,74         | 0,68         | 0,58         | 0,58         | 0,74         | 0,64         | 0,40         | 0,15         |
| nna60  | 0,79          | 0,65      | 0,54         | 0,67         | 0,82         | 1,00         | 0,79         | 0,57         | 0,31         | 0,09         | 0,71         | 0,64         | 0,52         | 0,55         | 0,75         | 0,77         | 0,52         | 0,19         |
| nna65  | 0,70          | 0,56      | 0,42         | 0,53         | 0,65         | 0,79         | 1,00         | 0,71         | 0,40         | 0,13         | 0,59         | 0,52         | 0,41         | 0,44         | 0,66         | 0,87         | 0,66         | 0,25         |
| nna70  | 0,53          | 0,41      | 0,26         | 0,35         | 0,44         | 0,57         | 0,71         | 1,00         | 0,59         | 0,19         | 0,39         | 0,36         | 0,28         | 0,31         | 0,46         | 0,75         | 0,83         | 0,35         |
| nna75  | 0,31          | 0,24      | 0,14         | 0,18         | 0,23         | 0,31         | 0,40         | 0,59         | 1,00         | 0,30         | 0,21         | 0,19         | 0,15         | 0,17         | 0,25         | 0,43         | 0,69         | 0,53         |
| nna80  | 0,10          | 0,08      | 0,04         | 0,05         | 0,07         | 0,09         | 0,13         | 0,19         | 0,30         | 1,00         | 0,06         | 0,06         | 0,05         | 0,05         | 0,08         | 0,13         | 0,21         | 0,59         |
| nta45  | 0,96          | 0,68      | 0,81         | 0,79         | 0,74         | 0,71         | 0,59         | 0,39         | 0,21         | 0,06         | 1,00         | 0,91         | 0,77         | 0,74         | 0,65         | 0,59         | 0,36         | 0,13         |
| nta50  | 0,90          | 0,53      | 0,71         | 0,72         | 0,68         | 0,64         | 0,52         | 0,36         | 0,19         | 0,06         | 0,91         | 1,00         | 0,88         | 0,82         | 0,62         | 0,52         | 0,33         | 0,12         |
| nta55  | 0,78          | 0,35      | 0,58         | 0,62         | 0,58         | 0,52         | 0,41         | 0,28         | 0,15         | 0,05         | 0,77         | 0,88         | 1,00         | 0,90         | 0,57         | 0,41         | 0,26         | 0,09         |
| nta60  | 0,79          | 0,33      | 0,55         | 0,57         | 0,58         | 0,55         | 0,44         | 0,31         | 0,17         | 0,05         | 0,74         | 0,82         | 0,90         | 1,00         | 0,64         | 0,44         | 0,28         | 0,10         |
| nta65  | 0,74          | 0,56      | 0,53         | 0,67         | 0,74         | 0,75         | 0,66         | 0,46         | 0,25         | 0,08         | 0,65         | 0,62         | 0,57         | 0,64         | 1,00         | 0,65         | 0,42         | 0,16         |
| nta70  | 0,70          | 0,57      | 0,41         | 0,53         | 0,64         | 0,77         | 0,87         | 0,75         | 0,43         | 0,13         | 0,59         | 0,52         | 0,41         | 0,44         | 0,65         | 1,00         | 0,69         | 0,26         |
| nta75  | 0,49          | 0,41      | 0,24         | 0,32         | 0,40         | 0,52         | 0,66         | 0,83         | 0,69         | 0,21         | 0,36         | 0,33         | 0,26         | 0,28         | 0,42         | 0,69         | 1,00         | 0,42         |
| nta80  | 0,19          | 0,16      | 0,09         | 0,12         | 0,15         | 0,19         | 0,25         | 0,35         | 0,53         | 0,59         | 0,13         | 0,12         | 0,09         | 0,10         | 0,16         | 0,26         | 0,42         | 1,00         |

*Tabel B.7 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied Groningen Airport Eelde (n = 5.543).*

|      | <b>Lden</b> | <b>Ke</b> | <b>na45</b> | <b>na50</b> | <b>na55</b> | <b>na60</b> | <b>na65</b> | <b>na70</b> | <b>na75</b> | <b>na80</b> | <b>ta45</b> | <b>ta50</b> | <b>ta55</b> | <b>ta60</b> | <b>ta65</b> | <b>ta70</b> | <b>ta75</b> | <b>ta80</b> |
|------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lden | 1,00        | 0,98      | 0,94        | 0,95        | 0,91        | 0,79        | 0,60        | 0,59        | 0,40        | 0,25        | 0,97        | 0,97        | 0,93        | 0,77        | 0,55        | 0,63        | 0,45        | 0,28        |
| Ke   | 0,98        | 1,00      | 0,96        | 0,96        | 0,91        | 0,77        | 0,56        | 0,54        | 0,35        | 0,22        | 0,97        | 0,97        | 0,91        | 0,73        | 0,50        | 0,55        | 0,38        | 0,24        |
| na45 | 0,94        | 0,96      | 1,00        | 0,94        | 0,85        | 0,66        | 0,43        | 0,44        | 0,27        | 0,16        | 0,99        | 0,94        | 0,85        | 0,62        | 0,38        | 0,46        | 0,30        | 0,18        |
| na50 | 0,95        | 0,96      | 0,94        | 1,00        | 0,93        | 0,76        | 0,53        | 0,48        | 0,30        | 0,17        | 0,95        | 0,98        | 0,92        | 0,71        | 0,46        | 0,50        | 0,33        | 0,19        |
| na55 | 0,91        | 0,91      | 0,85        | 0,93        | 1,00        | 0,84        | 0,63        | 0,50        | 0,31        | 0,19        | 0,87        | 0,94        | 0,98        | 0,80        | 0,57        | 0,52        | 0,34        | 0,21        |
| na60 | 0,79        | 0,77      | 0,66        | 0,76        | 0,84        | 1,00        | 0,77        | 0,55        | 0,32        | 0,20        | 0,70        | 0,79        | 0,88        | 0,98        | 0,72        | 0,56        | 0,35        | 0,22        |
| na65 | 0,60        | 0,56      | 0,43        | 0,53        | 0,63        | 0,77        | 1,00        | 0,59        | 0,36        | 0,22        | 0,47        | 0,56        | 0,66        | 0,80        | 0,95        | 0,59        | 0,40        | 0,24        |
| na70 | 0,59        | 0,54      | 0,44        | 0,48        | 0,50        | 0,55        | 0,59        | 1,00        | 0,62        | 0,39        | 0,48        | 0,52        | 0,55        | 0,57        | 0,57        | 0,94        | 0,67        | 0,42        |
| na75 | 0,40        | 0,35      | 0,27        | 0,30        | 0,31        | 0,32        | 0,36        | 0,62        | 1,00        | 0,70        | 0,30        | 0,32        | 0,34        | 0,36        | 0,36        | 0,61        | 0,93        | 0,77        |
| na80 | 0,25        | 0,22      | 0,16        | 0,17        | 0,19        | 0,20        | 0,22        | 0,39        | 0,70        | 1,00        | 0,17        | 0,18        | 0,20        | 0,21        | 0,22        | 0,36        | 0,64        | 0,96        |
| ta45 | 0,97        | 0,97      | 0,99        | 0,95        | 0,87        | 0,70        | 0,47        | 0,48        | 0,30        | 0,17        | 1,00        | 0,97        | 0,88        | 0,67        | 0,43        | 0,52        | 0,34        | 0,18        |
| ta50 | 0,97        | 0,97      | 0,94        | 0,98        | 0,94        | 0,79        | 0,56        | 0,52        | 0,32        | 0,18        | 0,97        | 1,00        | 0,95        | 0,75        | 0,51        | 0,56        | 0,36        | 0,20        |
| ta55 | 0,93        | 0,91      | 0,85        | 0,92        | 0,98        | 0,88        | 0,66        | 0,55        | 0,34        | 0,20        | 0,88        | 0,95        | 1,00        | 0,85        | 0,62        | 0,58        | 0,38        | 0,22        |
| ta60 | 0,77        | 0,73      | 0,62        | 0,71        | 0,80        | 0,98        | 0,80        | 0,57        | 0,36        | 0,21        | 0,67        | 0,75        | 0,85        | 1,00        | 0,78        | 0,60        | 0,40        | 0,24        |
| ta65 | 0,55        | 0,50      | 0,38        | 0,46        | 0,57        | 0,72        | 0,95        | 0,57        | 0,36        | 0,22        | 0,43        | 0,51        | 0,62        | 0,78        | 1,00        | 0,60        | 0,42        | 0,24        |
| ta70 | 0,63        | 0,55      | 0,46        | 0,50        | 0,52        | 0,56        | 0,59        | 0,94        | 0,61        | 0,36        | 0,52        | 0,56        | 0,58        | 0,60        | 0,60        | 1,00        | 0,69        | 0,40        |
| ta75 | 0,45        | 0,38      | 0,30        | 0,33        | 0,34        | 0,35        | 0,40        | 0,67        | 0,93        | 0,64        | 0,34        | 0,36        | 0,38        | 0,40        | 0,42        | 0,69        | 1,00        | 0,70        |
| ta80 | 0,28        | 0,24      | 0,18        | 0,19        | 0,21        | 0,22        | 0,24        | 0,42        | 0,77        | 0,96        | 0,18        | 0,20        | 0,22        | 0,24        | 0,24        | 0,40        | 0,70        | 1,00        |



Tabel B.8 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (dag-avond-nacht) voor het studiegebied Eindhoven Airport ( $n = 30.598$ ).

|      | <b>Lden</b> | <b>Ke</b> | <b>na45</b> | <b>na50</b> | <b>na55</b> | <b>na60</b> | <b>na65</b> | <b>na70</b> | <b>na75</b> | <b>na80</b> | <b>ta45</b> | <b>ta50</b> | <b>ta55</b> | <b>ta60</b> | <b>ta65</b> | <b>ta70</b> | <b>ta75</b> | <b>ta80</b> |
|------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lden | 1,00        | 0,97      | 0,83        | 0,88        | 0,91        | 0,89        | 0,78        | 0,83        | 0,77        | 0,67        | 0,63        | 0,72        | 0,79        | 0,85        | 0,75        | 0,78        | 0,81        | 0,80        |
| Ke   | 0,97        | 1,00      | 0,84        | 0,90        | 0,92        | 0,87        | 0,79        | 0,84        | 0,79        | 0,70        | 0,69        | 0,77        | 0,83        | 0,86        | 0,70        | 0,71        | 0,73        | 0,72        |
| na45 | 0,83        | 0,84      | 1,00        | 0,86        | 0,78        | 0,68        | 0,64        | 0,71        | 0,57        | 0,50        | 0,82        | 0,83        | 0,81        | 0,80        | 0,73        | 0,71        | 0,64        | 0,56        |
| na50 | 0,88        | 0,90      | 0,86        | 1,00        | 0,89        | 0,79        | 0,74        | 0,81        | 0,65        | 0,51        | 0,74        | 0,84        | 0,86        | 0,84        | 0,75        | 0,82        | 0,75        | 0,63        |
| na55 | 0,91        | 0,92      | 0,78        | 0,89        | 1,00        | 0,87        | 0,73        | 0,82        | 0,73        | 0,55        | 0,65        | 0,77        | 0,86        | 0,88        | 0,75        | 0,77        | 0,81        | 0,74        |
| na60 | 0,89        | 0,87      | 0,68        | 0,79        | 0,87        | 1,00        | 0,74        | 0,77        | 0,75        | 0,58        | 0,54        | 0,65        | 0,75        | 0,83        | 0,76        | 0,72        | 0,76        | 0,76        |
| na65 | 0,78        | 0,79      | 0,64        | 0,74        | 0,73        | 0,74        | 1,00        | 0,75        | 0,62        | 0,53        | 0,53        | 0,62        | 0,66        | 0,70        | 0,60        | 0,68        | 0,65        | 0,62        |
| na70 | 0,83        | 0,84      | 0,71        | 0,81        | 0,82        | 0,77        | 0,75        | 1,00        | 0,77        | 0,60        | 0,54        | 0,65        | 0,71        | 0,74        | 0,67        | 0,73        | 0,73        | 0,63        |
| na75 | 0,77        | 0,79      | 0,57        | 0,65        | 0,73        | 0,75        | 0,62        | 0,77        | 1,00        | 0,72        | 0,43        | 0,52        | 0,61        | 0,67        | 0,54        | 0,55        | 0,63        | 0,67        |
| na80 | 0,67        | 0,70      | 0,50        | 0,51        | 0,55        | 0,58        | 0,53        | 0,60        | 0,72        | 1,00        | 0,38        | 0,42        | 0,48        | 0,53        | 0,42        | 0,40        | 0,45        | 0,52        |
| ta45 | 0,63        | 0,69      | 0,82        | 0,74        | 0,65        | 0,54        | 0,53        | 0,54        | 0,43        | 0,38        | 1,00        | 0,97        | 0,90        | 0,84        | 0,63        | 0,55        | 0,46        | 0,37        |
| ta50 | 0,72        | 0,77      | 0,83        | 0,84        | 0,77        | 0,65        | 0,62        | 0,65        | 0,52        | 0,42        | 0,97        | 1,00        | 0,97        | 0,91        | 0,69        | 0,65        | 0,57        | 0,46        |
| ta55 | 0,79        | 0,83      | 0,81        | 0,86        | 0,86        | 0,75        | 0,66        | 0,71        | 0,61        | 0,48        | 0,90        | 0,97        | 1,00        | 0,97        | 0,73        | 0,69        | 0,67        | 0,57        |
| ta60 | 0,85        | 0,86      | 0,80        | 0,84        | 0,88        | 0,83        | 0,70        | 0,74        | 0,67        | 0,53        | 0,84        | 0,91        | 0,97        | 1,00        | 0,81        | 0,76        | 0,75        | 0,70        |
| ta65 | 0,75        | 0,70      | 0,73        | 0,75        | 0,75        | 0,76        | 0,60        | 0,67        | 0,54        | 0,42        | 0,63        | 0,69        | 0,73        | 0,81        | 1,00        | 0,84        | 0,77        | 0,65        |
| ta70 | 0,78        | 0,71      | 0,71        | 0,82        | 0,77        | 0,72        | 0,68        | 0,73        | 0,55        | 0,40        | 0,55        | 0,65        | 0,69        | 0,76        | 0,84        | 1,00        | 0,90        | 0,72        |
| ta75 | 0,81        | 0,73      | 0,64        | 0,75        | 0,81        | 0,76        | 0,65        | 0,73        | 0,63        | 0,45        | 0,46        | 0,57        | 0,67        | 0,75        | 0,77        | 0,90        | 1,00        | 0,85        |
| ta80 | 0,80        | 0,72      | 0,56        | 0,63        | 0,74        | 0,76        | 0,62        | 0,63        | 0,67        | 0,52        | 0,37        | 0,46        | 0,57        | 0,70        | 0,65        | 0,72        | 0,85        | 1,00        |

Tabel B.9 Correlatiematrix (Pearson) van geluidsindicatoren (nacht) voor het studiegebied Eindhoven Airport ( $n = 30.598$ ).

|        | <b>Lnight</b> | <b>Ke</b> | <b>nna45</b> | <b>nna50</b> | <b>nna55</b> | <b>nna60</b> | <b>nna65</b> | <b>nna70</b> | <b>nna75</b> | <b>nna80</b> | <b>nta45</b> | <b>nta50</b> | <b>nta55</b> | <b>nta60</b> | <b>nta65</b> | <b>nta70</b> | <b>nta75</b> | <b>nta80</b> |
|--------|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lnight | 1,00          | 0,72      | 0,88         | 0,85         | 0,74         | 0,59         | 0,50         | 0,36         | 0,17         | 0,08         | 0,87         | 0,89         | 0,88         | 0,86         | 0,82         | 0,70         | 0,47         | 0,27         |
| Ke     | 0,72          | 1,00      | 0,70         | 0,66         | 0,60         | 0,62         | 0,57         | 0,46         | 0,25         | 0,12         | 0,62         | 0,63         | 0,61         | 0,56         | 0,53         | 0,47         | 0,34         | 0,31         |
| nna45  | 0,88          | 0,70      | 1,00         | 0,91         | 0,73         | 0,55         | 0,46         | 0,33         | 0,14         | 0,05         | 0,81         | 0,85         | 0,84         | 0,79         | 0,75         | 0,65         | 0,44         | 0,27         |
| nna50  | 0,85          | 0,66      | 0,91         | 1,00         | 0,80         | 0,59         | 0,50         | 0,36         | 0,16         | 0,06         | 0,74         | 0,81         | 0,84         | 0,84         | 0,79         | 0,68         | 0,46         | 0,32         |
| nna55  | 0,74          | 0,60      | 0,73         | 0,80         | 1,00         | 0,69         | 0,58         | 0,43         | 0,19         | 0,07         | 0,65         | 0,72         | 0,77         | 0,80         | 0,79         | 0,66         | 0,47         | 0,37         |
| nna60  | 0,59          | 0,62      | 0,55         | 0,59         | 0,69         | 1,00         | 0,77         | 0,49         | 0,24         | 0,11         | 0,54         | 0,61         | 0,65         | 0,70         | 0,74         | 0,67         | 0,42         | 0,34         |
| nna65  | 0,50          | 0,57      | 0,46         | 0,50         | 0,58         | 0,77         | 1,00         | 0,62         | 0,31         | 0,14         | 0,42         | 0,48         | 0,52         | 0,57         | 0,63         | 0,70         | 0,52         | 0,47         |
| nna70  | 0,36          | 0,46      | 0,33         | 0,36         | 0,43         | 0,49         | 0,62         | 1,00         | 0,45         | 0,23         | 0,29         | 0,32         | 0,34         | 0,38         | 0,41         | 0,53         | 0,70         | 0,65         |
| nna75  | 0,17          | 0,25      | 0,14         | 0,16         | 0,19         | 0,24         | 0,31         | 0,45         | 1,00         | 0,45         | 0,13         | 0,14         | 0,16         | 0,18         | 0,20         | 0,25         | 0,36         | 0,42         |
| nna80  | 0,08          | 0,12      | 0,05         | 0,06         | 0,07         | 0,11         | 0,14         | 0,23         | 0,45         | 1,00         | 0,05         | 0,05         | 0,06         | 0,07         | 0,09         | 0,11         | 0,17         | 0,32         |
| nta45  | 0,87          | 0,62      | 0,81         | 0,74         | 0,65         | 0,54         | 0,42         | 0,29         | 0,13         | 0,05         | 1,00         | 0,95         | 0,89         | 0,82         | 0,73         | 0,61         | 0,40         | 0,21         |
| nta50  | 0,89          | 0,63      | 0,85         | 0,81         | 0,72         | 0,61         | 0,48         | 0,32         | 0,14         | 0,05         | 0,95         | 1,00         | 0,96         | 0,89         | 0,81         | 0,66         | 0,42         | 0,23         |
| nta55  | 0,88          | 0,61      | 0,84         | 0,84         | 0,77         | 0,65         | 0,52         | 0,34         | 0,16         | 0,06         | 0,89         | 0,96         | 1,00         | 0,95         | 0,87         | 0,71         | 0,45         | 0,26         |
| nta60  | 0,86          | 0,56      | 0,79         | 0,84         | 0,80         | 0,70         | 0,57         | 0,38         | 0,18         | 0,07         | 0,82         | 0,89         | 0,95         | 1,00         | 0,94         | 0,78         | 0,50         | 0,28         |
| nta65  | 0,82          | 0,53      | 0,75         | 0,79         | 0,79         | 0,74         | 0,63         | 0,41         | 0,20         | 0,09         | 0,73         | 0,81         | 0,87         | 0,94         | 1,00         | 0,86         | 0,55         | 0,29         |
| nta70  | 0,70          | 0,47      | 0,65         | 0,68         | 0,66         | 0,67         | 0,70         | 0,53         | 0,25         | 0,11         | 0,61         | 0,66         | 0,71         | 0,78         | 0,86         | 1,00         | 0,69         | 0,38         |
| nta75  | 0,47          | 0,34      | 0,44         | 0,46         | 0,47         | 0,42         | 0,52         | 0,70         | 0,36         | 0,17         | 0,40         | 0,42         | 0,45         | 0,50         | 0,55         | 0,69         | 1,00         | 0,56         |
| nta80  | 0,27          | 0,31      | 0,27         | 0,32         | 0,37         | 0,34         | 0,47         | 0,65         | 0,42         | 0,32         | 0,21         | 0,23         | 0,26         | 0,28         | 0,29         | 0,38         | 0,56         | 1,00         |

### B.3 Voorbeeld voorspellingen ernstige hinder en slaapverstoring op basis van de gecombineerde modellen

In deze bijlage staan voorbeelden van voorspellingen van ernstige hinder en slaapverstoring voor modellen waarin  $L_{den}/L_{night}$  gecombineerd is met één andere indicator. Dit is gedaan zodat in de praktijk gezien kan worden hoe een dergelijke, gecombineerde berekening wordt uitgevoerd.

De beste modellen voor de luchthaven Schiphol zijn hiervoor als voorbeeld genomen. Het percentage ernstige hinder of slaapverstoring is berekend door in de formule van betreffende modellen de blootstelling van  $L_{den}$  en de andere indicator in te vullen.

Ter illustratie, dit is de formule van het model om ernstige hinder te voorspellen op basis van de  $L_{den}$  en de  $Ke$ :

$$\% \text{ EH Schiphol} = (1 / (1 + e^{-(0,5361 - 0,0972 * L_{den} + 0,1655 * Ke)})) * 100\%$$

In deze formule zijn de percentielwaarden uit tabel X ingevuld. Dus bij het eerste voorbeeld (Model 1) is in percentiel 1 in de bovenstaande formule 31,8 ingevuld in plaats van het woordje  $L_{den}$  en in plaats van  $Ke$  is 0 ingevuld:

$$\% \text{ EH Schiphol} = (1 / (1 + e^{-(0,5361 - 0,0972 * 31,8 + 0,1655 * 0)})) * 100\%$$

Hieruit volgt dat de omvang van de ernstige hinder 2.6% is.

Voor percentiel 50 is in plaats van  $L_{den}$ , het getal 40,7 ingevuld,  $Ke$  is vervangen door het getal 9,2:

$$\% \text{ EH Schiphol} = (1 / (1 + e^{-(0,5361 - 0,0972 * 40,7 + 0,1655 * 9,2)})) * 100\%$$

Uit deze formule komt 4.9% als omvang van de ernstige hinder.

Dit hebben we gedaan voor de verschillende percentielwaarden. Omdat er een sterke correlatie is tussen de verschillende indicatoren en  $L_{den}$ , hebben we gekeken naar realistische combinaties. Een adres met een hoge  $L_{den}$ -waarde zal in principe ook een hoge waarde van de andere indicator hebben. Daarom hebben we als input de waarden van de percentielen gebruikt als blootstellingen in de formule van het gecombineerde model. In Tabel 38 zijn de voorspellingen beschreven voor ernstige hinder op basis van de formules van de luchthaven Schiphol. Dit is gedaan voor de drie beste modellen: Kosteneenheid, NA60 en NA55 in combinatie met  $L_{den}$ . In vergelijking met het Model 0 waarin alleen  $L_{den}$  is meegenomen, zien we dat er kleine verschillen zijn in de uitkomsten van de modellen per percentiel. Bij de hogere percentielen (p95 en p99) wijken de schattingen van de voorspelde ernstige hinder het meeste af van het model met alleen  $L_{den}$  (Model 0).

Een opvallende uitkomst binnen Model 1 is dat er minder ernstige hinder wordt voorspeld bij het 5e percentiel dan bij 1ste percentiel van de blootstelling. Dit komt doordat de p1- en p5-waarde voor de kosteneenheid beide 0 zijn. De onderliggende formule heeft een

negatieve coëfficiënt voor  $L_{den}$ . Oftewel, bij gelijke waarden voor de kosteneenheid en stijgende  $L_{den}$ -waarden, neemt de verwachte ernstige hinder af. Een positieve (Kosteneenheid) en een negatieve coëfficiënt ( $L_{den}$ ) voor twee voorspellers is een gevolg van de sterke correlatie ( $r=0.97$ ) tussen de  $L_{den}$  en de Kosteneenheid.

*Tabel 38 Voorspellingen van de ernstige hinder op basis van de 3 beste modellen met meerdere indicatoren voor het studiegebied van Luchthaven Schiphol ( $n = 116.894$ ).*

| Model                                    | Percentiel blootstelling | $L_{den}$ | Extra indicator | ernstige hinder (%) |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------|---------------------|
| Model 1: $L_{den}$<br>+<br>Kosteneenheid | p1                       | 31,8      | 0               | 2,6 (2,2-3,1)       |
|                                          | p5                       | 34,4      | 0               | 2,0 (1,9-2,2)       |
|                                          | p25                      | 37,8      | 2,3             | 2,1 (2,0-2,3)       |
|                                          | p50                      | 40,7      | 9,2             | 4,9 (4,7-5,1)       |
|                                          | p75                      | 43,3      | 14,8            | 9,0 (8,8-9,4)       |
|                                          | p95                      | 49,3      | 27,0            | 29,7 (28,6-30,7)    |
|                                          | p99                      | 54,3      | 35,1            | 50,1 (48,1-52,0)    |
| Model 2: $L_{den}$<br>+ NA60             | p1                       | 31,8      | 29              | 0,4 (0,4-0,5)       |
|                                          | p5                       | 34,4      | 115             | 1,0 (1,0-1,1)       |
|                                          | p25                      | 37,8      | 331             | 2,2 (2,1-2,4)       |
|                                          | p50                      | 40,7      | 977             | 4,5 (4,3-4,8)       |
|                                          | p75                      | 43,3      | 3.090           | 9,2 (8,9-9,6)       |
|                                          | p95                      | 49,3      | 19.498          | 28,0 (26,8-29,2)    |
|                                          | p99                      | 54,3      | 37.153          | 43,7 (41,5-45,9)    |
| Model 3: $L_{den}$<br>+ NA55             | p1                       | 31,8      | 81              | 0,4 (0,4-0,5)       |
|                                          | p5                       | 34,4      | 371             | 1,1 (1,0-1,2)       |
|                                          | p25                      | 37,7      | 871             | 2,2 (2,0-2,4)       |
|                                          | p50                      | 40,7      | 3.020           | 4,9 (4,7-5,1)       |
|                                          | p75                      | 43,3      | 8.318           | 9,4 (9,1-9,8)       |
|                                          | p95                      | 49,3      | 38.904          | 28,0 (26,9-29,1)    |
|                                          | p99                      | 54,3      | 56.234          | 45,0 (42,7-47,4)    |
| Model 0: $L_{den}$                       | p1                       | 31,8      |                 | 0,7 (0,7-0,8)       |
|                                          | p5                       | 34,4      |                 | 1,3 (1,2-1,4)       |
|                                          | p25                      | 37,7      |                 | 2,6 (2,5-2,8)       |
|                                          | p50                      | 40,7      |                 | 4,9 (4,7-4,9)       |
|                                          | p75                      | 43,3      |                 | 8,4 (8,1-8,7)       |
|                                          | p95                      | 49,3      |                 | 25,5 (24,5-26,6)    |
|                                          | p99                      | 54,3      |                 | 50,8 (48,7-52,8)    |

NA = Number Above.

De resultaten in *Tabel 39* voor  $L_{night}$  in combinatie met een andere geluidindicator laat een soortgelijk beeld zien als voor  $L_{den}$ . De grootste verschillen tussen de verschillende modellen waarin een combinatie is gemaakt (Model 1-4) en het model met alleen  $L_{den}$  (Model 0) zijn te zien in de hoogste percentielen (p95 en p99).

Tabel 39 Voorspellingen van de ernstige slaapverstoring van de vier beste modellen met meerdere voorspellers voor het studiegebied van Luchthaven Schiphol ( $n = 116.686$ ).

| Model                                         | Percentiel Blootstelling | $L_{\text{night}}$ | Extra indicator | ernstige slaapverstoring (%) |
|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Model 1:<br>$L_{\text{night}} + K_e$          | p1                       | 15,9               | 0               | 0,6 (0,5-0,7)                |
|                                               | p5                       | 18,7               | 0               | 0,8 (0,7-0,8)                |
|                                               | p25                      | 21,3               | 2,29            | 1,1 (1,0-1,2)                |
|                                               | p50                      | 23,7               | 9,19            | 2,3 (2,1-2,4)                |
|                                               | p75                      | 25,7               | 14,78           | 4,1 (3,9-4,3)                |
|                                               | p95                      | 31,4               | 26,98           | 15,1 (14,3-16,0)             |
|                                               | p99                      | 35,3               | 35,12           | 31,7 (29,7-33,8)             |
| Model 2:<br>$L_{\text{night}} + \text{NTA75}$ | p1                       | 15,9               | 0               | 0,4 (0,4-0,5)                |
|                                               | p5                       | 18,7               | 0               | 0,8 (0,7-0,9)                |
|                                               | p25                      | 21,3               | 0               | 1,3 (1,2-1,4)                |
|                                               | p50                      | 23,7               | 0               | 2,2 (2,1-2,4)                |
|                                               | p75                      | 25,7               | 0               | 3,4 (3,2-3,6)                |
|                                               | p95                      | 31,4               | 18              | 13,5 (12,5-14,4)             |
|                                               | p99                      | 35,3               | 479             | 29,6 (26,9-32,4)             |
| Model 3:<br>$L_{\text{night}} + \text{NNA75}$ | p1                       | 15,9               | 0               | 0,4 (0,4-0,5)                |
|                                               | p5                       | 18,7               | 0               | 0,8 (0,7-0,9)                |
|                                               | p25                      | 21,3               | 0               | 1,3 (1,2-1,5)                |
|                                               | p50                      | 23,7               | 0               | 2,2 (2,1-2,4)                |
|                                               | p75                      | 25,7               | 0               | 3,4 (3,2-3,6)                |
|                                               | p95                      | 31,4               | 3               | 12,9 (12,2-13,8)             |
|                                               | p99                      | 35,3               | 56              | 29,0 (26,6 – 31,5)           |
| Model 4:<br>$L_{\text{night}} + \text{NTA65}$ | p1                       | 15,9               | 0               | 0,6 (0,5-0,8)                |
|                                               | p5                       | 18,7               | 309             | 0,7 (0,6-0,7)                |
|                                               | p25                      | 21,3               | 1.738           | 1,1 (1,0-1,2)                |
|                                               | p50                      | 23,7               | 3.090           | 2,0 (1,8-2,2)                |
|                                               | p75                      | 25,7               | 5.248           | 3,1 (2,9-3,4)                |
|                                               | p95                      | 31,4               | 15.488          | 11,3 (10,4-12,2)             |
|                                               | p99                      | 35,3               | 44.668          | 23,9 (22,0-26,0)             |
| Model 0:<br>$L_{\text{night}}$                | p1                       | 15,9               |                 | 0,4 (0,3-0,4)                |
|                                               | p5                       | 18,7               |                 | 0,7 (0,6-0,8)                |
|                                               | p25                      | 21,3               |                 | 1,3 (1,2-1,4)                |
|                                               | p50                      | 23,7               |                 | 2,2 (2,1-2,4)                |
|                                               | p75                      | 25,7               |                 | 3,5 (3,4-3,7)                |
|                                               | p95                      | 31,4               |                 | 12,4 (11,7-13,2)             |
|                                               | p99                      | 35,3               |                 | 26,4 (24,6-28,3)             |

NNA = Night Number Above, NTA = Night Time Above.



## Literatuur

- Babisch, Wolfgang, et al. (2013) Noise annoyance—a modifier of the association between noise level and cardiovascular health? *Science of the total environment*, 452: 50-57.
- Bartels, S., F. Márki en U. Müller (2015). "The influence of acoustical and non-acoustical factors on shortterm annoyance due to aircraft noise in the field - The COSMA study." *Sci Total Environ* 538: 834-843.
- Basner, M., M. Witte, and S. McGuire, Aircraft noise effects on sleep—results of a pilot study near philadelphia international airport. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. 16(17).
- Burnham, K. P.; Anderson, D. R. (2002), *Model Selection and Multimodel Inference: A practical information-theoretic approach* (2nd ed.), Springer-Verlag.
- CAA (2017). Survey of noise attitudes 2014: Aircraft. Policy Programmes Team, CAA House, CAP 1506, London.
- Dusseldorp et al, 2011, Handreiking geluidhinder wegverkeer Berekenen en meten, RIVM rapport.
- GGD GHOR Nederland. Belevingsonderzoek geluidhinder en slaapverstoring luchtvaart 2020. 12 juni 2022.
- Halperin N. Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health? *Sleep science*, 2014, 7.4: 209-212).
- Haubrich, J., S. Benz, M. Brink, et al. (2019). Leq + X: Re-Assessment of exposure-response relationships for aircraft noise annoyance and disturbances to improve explained variance. ICA 2019: 23rd International Congress on Acoustics, Aachen.
- Hogenhuis, R. H., et al. (2021). Berekening vliegtuiggeluid 2020 rond civiele en militaire luchthavens. Berekeningen in het kader van de programmatische aanpak meten vliegtuiggeluid: 56. NLR-CR-2021-134.
- ISO (2003). Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.
- Janssen, S. A., M. Centen, H. Vos, et al. (2014). "The effect of the number of aircraft noise events on sleep quality." *Applied Acoustics* 84: 9-16
- Janssens, A.C.J.W ; F.K. Martens (2020), Reflection on modern methods: Revisiting the area under the ROC Curve, *Int J Epidemiol*, aug 1;49(4):1397-1403.
- Kriekels, A. Weegrapport GM2020, CBS, 20 april 2021.
- Van Kempen, E en S, Simon, 2019, Kennisscan hinder door luchtvaartgeluid: Effecten van woningisolatie en niet-akoestische factoren, RIVM rapport.
- Lumley, T (2004) Analysis of complex survey samples. *Journal of Statistical Software* 9(1): 1-19.
- Le Masurier, P., J. Bates, J. Taylor, et al. (2007). Attitudes to noise from aviation sources in England (ANASE): Final Report for Department for Transport. MVA Consultancy, Great Britain.
- Mietlicki, C., F. Mietlicki, C. Ribeiro, et al. (2014). The HARMONICA project, new tools to assess environmental noise and better inform the public. *Forum Acusticum*, Krakow.

- Nassur, A.M., et al., The impact of aircraft noise exposure on objective parameters of sleep quality: results of the DEBATS study in France. *Sleep Medicine*, 2019a. 54: p. 70-77.
- Nassur, A.M., et al., Aircraft Noise Exposure and Subjective Sleep Quality: The Results of the DEBATS Study in France. *Behavioral sleep medicine*, 2019b. 17(4): p. 502-513.
- van Poll, R., C. Ameling, O. Breugelmans, et al. (2014). Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (Desk research) I : Hoofdrapportage: samenvatting, conclusies en aanbevelingen Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. RIVM, RIVM rapport 630028011/2014, Bilthoven.
- van Poll, R., et al. (2022). Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020. Civiele en militaire vliegvelden in Nederland, RIVM-rapport 2022-0007.
- Quehl, J. en M. Basner (2006). "Annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: Laboratory and field-specific dose-response curves." *Journal of Environmental Psychology* 26(2): 127-140.
- Quehl, J., U. Muller en F. Mendolia (2017). "Short-term annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: results of the NORAH and STRAIN sleep studies." *Int Arch Occup Environ Health* 90(8): 765-778.
- Röösli, M., et al., Associations of various nighttime noise exposure indicators with objective sleep efficiency and self-reported sleep quality: A field study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. 16(20).
- Schreckenbergh, D. en M. Meis (2007). Noise annoyance around an international airport planned to be extended. INTER-NOISE 2007 - 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Istanbul.
- Smetsters, R., et al. (2019). Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven: Een verkenning van wensen en ontwikkelopties. Bilthoven, RIVM. RIVM-rapport 2019-0201.
- Smith, M.G., et al., On the feasibility of measuring physiologic and self-reported sleep disturbance by aircraft noise on a national scale: A pilot study around Atlanta airport. *Science of the Total Environment*, 2020. 718.
- Verheijen, E., D. Houthuijs en J. Jabben (2011). Geluid en hinder door AWACS Geilenkirchen. Verdieping relatie geluidbelasting en ernstige hinder. RIVM, RIVM briefrapport 680555006, Bilthoven.





Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

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

maart 2024

**De zorg voor morgen  
begint vandaag**