



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Blootstelling-Responsrelaties **vliegtuiggeluid**

Geluidhinder en slaapverstoring rond Eindhoven Airport

Blootstelling-Responsrelaties vliegtuiggeluid:
Geluidhinder en slaapverstoring rond Eindhoven Airport

RIVM-rapport 2024-0153

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-2024-0153

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

Contact:
info@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van GGD Brabant-Zuidoost in het kader van het project 'Blootstelling-Responsrelaties vliegverkeer Eindhoven'.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Blootstelling-Responsrelaties vliegtuiggeluid

Geluidhinder en slaapverstoring rond Eindhoven Airport

Op Eindhoven Airport vliegen vliegtuigen voor zowel burgers als militairen. De GGD Brabant-Zuidoost onderzoekt regelmatig hoe inwoners van 16 gemeentes in de omgeving van de luchthaven het vliegverkeer ervaren. Daarbij krijgen bewoners onder andere via een vragenlijst de vraag hoeveel hinder en slaapverstoring zij ervaren door vliegtuiggeluid.

Voor het onderzoek heeft de GGD ook een zogeheten blootstelling-responsrelaties (BR-relaties) nodig voor Eindhoven Airport. Een BR-relatie geeft de relatie weer tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en de mate waarin omwonenden daarvan ernstige hinder of slaapverstoring ervaren. Het RIVM heeft deze BR-relaties voor Eindhoven Airport bepaald voor 2023.

Voor de BR-relatie koppelt het RIVM de GGD-gegevens van de bewoners over hinder en slaapverstoring aan de hoeveelheid vliegtuiggeluid in de omgeving. Dat is het gemiddelde van het geluid over de periode van een jaar dat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) berekent.

Overdag was er een duidelijke BR-relatie tussen geluidsblootstelling van vliegverkeer en ernstige hinder. 's Nachts stonden deelnemers aan weinig geluid bloot. Hierdoor was het moeilijker om een BR-relatie tussen slaapverstoring en blootstelling aan nachtelijk geluid van vliegverkeer te bepalen. Die relatie was alleen te zien bij deelnemers die aan relatief veel geluid blootstonden. Dat gaat om 10 procent van de bewoners.

Het NLR heeft ook aangegeven hoeveel geluid er komt van vluchten voor militairen en van vluchten voor burgers (civiele vluchten). De BR-relaties van militair en civiel vliegverkeer verschillen van elkaar. Wanneer het aantal decibellen ongeveer even hoog is, hebben mensen meer last van het geluid van militair vliegverkeer dan van civiele vluchten.

De BR-relaties zijn een update van de BR-relaties uit 2014. Vergeleken daarmee blijken er nu meer mensen met ernstige hinder te zijn in gebieden met minder geluid. En minder mensen met ernstige hinder in gebieden met veel geluid.

In 2026 worden weer nieuwe BR-relaties voor Eindhoven Airport bepaald voor het nationale beleid voor vliegvelden. De basis daarvoor zijn gegevens over bronnen van hinder en slaapverstoring uit de Gezondheidsmonitor, die inwoners van heel Nederland invullen.

Kernwoorden: Eindhoven Airport, hinder, slaapverstoring, vliegtuiggeluid, BR-relatie

Synopsis

Exposure-response relationships for aircraft noise

Noise annoyance and sleep disturbance around Eindhoven Airport

Eindhoven Airport is used by both civil and military aircraft. The South East Brabant Municipal Public Health Services regularly investigate how residents of 16 municipalities surrounding the airport experience air traffic. It does this by asking residents to complete a questionnaire about the amount of annoyance and sleep disturbance they experience due to aircraft noise.

For the investigation, the Municipal Public Health Services also need exposure-response relationships for Eindhoven Airport. An exposure-response relationship indicates the relationship between exposure to aircraft noise and the extent to which this causes residents living nearby to experience high annoyance or sleep disturbance. The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has determined these exposure-response relationships for Eindhoven Airport for 2023.

To determine the exposure-response relationships, RIVM linked the Municipal Public Health Service data about annoyance and sleep disturbance experienced by residents to the amount of aircraft noise in the area. This was the average noise over a one-year period, as calculated by the Netherlands Aerospace Centre (NLR).

By day, there was a clear exposure-response relationship between exposure to aircraft noise and high annoyance. At night, participants were exposed to little noise. This made it more difficult to establish an exposure-response relationship between sleep disturbance and exposure to aircraft noise at night. This relationship was only noticeable for participants who were exposed to a relatively large amount of noise. This concerned 10% of residents.

The NLR also indicated the difference between the amount of noise arising from civil and from military flights. The exposure-response relationships for civil and military air traffic are not the same. When the number of decibels is at the same level, people experience greater annoyance from the noise of military air traffic than from civil air traffic.

The ER relationships are an update of the ER relationships from 2014. In comparison, there now seem to be more people with high annoyance in areas with less noise. And fewer people with high annoyance in areas with a lot of noise.

In 2026, new ER relationships for Eindhoven Airport will be determined for the national airport policy. This will be based on data on sources of annoyance and sleep disturbance from the GGD Health Monitor, which is completed by residents throughout the Netherlands.

Keywords: Eindhoven Airport, annoyance, sleep disturbance, aircraft noise, exposure-response relationship

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

1.1 Aanleiding — 11

1.2 Doel — 11

2 Methode — 13

2.1 Effecten blootstelling aan geluid — 13

2.1.1 GGD-Belevingsonderzoek — 13

2.1.2 Hinder — 13

2.1.3 Slaapverstoring — 13

2.2 Berekening vliegtuiggeluid — 14

2.2.1 L_{den} — 14

2.2.2 L_{night} — 15

2.2.3 Kosteneenheid — 15

2.3 Koppeling van gegevens — 16

2.4 Analyses — 17

2.4.1 BR-relaties — 17

3 Resultaten — 19

3.1 Beschrijvende statistieken van de respons en blootstelling — 19

3.2 BR-relaties voor totaal vliegverkeer — 20

3.3 BR-relaties voor civiel vliegverkeer — 23

3.4 BR-relaties voor militair vliegverkeer — 25

3.5 Formules BR relaties — 28

4 Discussie en Conclusie — 31

4.1 Opstellen van de BR-relatie — 31

4.2 Detailniveau van de blootstelling — 32

4.3 Militaire en civiele BR-relaties — 33

4.4 Vergelijking met BR-relaties op basis van GGD-belevingsonderzoek 2014 — 35

4.5 Vergelijking met BR-relaties op basis van gezondheidsmonitor — 37

4.6 Conclusies — 38

Literatuur — 41

Bijlage 1 Extra Figuren — 43

Samenvatting

Doel en aanleiding

Eindhoven Airport is een militaire luchthaven met burgermedegebruik, waarvan het aantal vliegbewegingen in de laatste jaren toegenomen is. De GGD Brabant-Zuidoost onderzoekt op verzoek van de omliggende gemeentes van de luchthaven met enige regelmaat hoe de omwonenden de luchthaven en het vliegverkeer ervaren via een belevingsonderzoek. In 2023 is dit onderzoek voor de vierde keer uitgevoerd en de GGD heeft het RIVM verzocht om, net zoals in 2014, blootstelling-responsrelaties (BR-relaties) op te stellen die gebaseerd zijn op dit onderzoek.

In deze studie is de relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en ernstige hinder/slaapverstoring onderzocht rondom Eindhoven Airport. De hinder en slaapverstoring is in samenwerking met de GGD Brabant-Zuidoost bepaald via het belevingsonderzoek. De blootstelling aan vliegtuiggeluid (zowel het totale geluid en uitgesplit naar geluid van militair en civiel vliegverkeer) is berekend door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR).

Het doel was om in totaal acht BR-relaties op te stellen voor ernstige hinder en slaapverstoring, gebaseerd op verschillende indicatoren van vliegtuiggeluid (L_{den} , L_{night} , Kosteneenheid). Verder was de doelstelling ook om deze BR-relaties onderling met elkaar te vergelijken en met de BR-relatie gebaseerd op het GGD-belevingsonderzoek uit 2014.

Methode

Het belevingsonderzoek is uitgevoerd in zestien gemeentes rondom Eindhoven Airport. Binnen het onderzoek werd met een vragenlijst gevraagd naar de mate van hinder en slaapverstoring door het totale vliegverkeer en specifiek door civiel en militair vliegverkeer. Dit gebeurde via de internationale standaardvraag voor het meten van geluidshinder die is vastgelegd in een ISO-norm.

Het NLR berekende de geluidsblootstelling met een resolutie van 100 bij 100 meter binnen een gebied wat grotendeels alle deelnemende gemeentes bevatte. Aan de hand van postcode van de deelnemers (het kleinste ruimtelijke niveau wat beschikbaar was) is vervolgens de geluidsblootstelling aan de deelnemers gekoppeld.

De BR-relaties zijn opgesteld met een statistische analysetechniek, die 'logistische regressie' wordt genoemd. Binnen de logistische regressiemodellen is de blootstelling op twee verschillende manieren meegenomen:

Als een continue waarde en als een categorische waarde, gebaseerd op blootstellingsgroepen ($L_{den}/L_{night} = 5$ dB groepen, Kosteneenheid = 10 Ke-groepen). Wanneer de geluidswaardes als een continue waarde worden gebruikt, veronderstelt het logistisch regressiemodel altijd een lineair verband tussen de uitkomstmaat en de blootstelling. Bij categorische waardes is deze aanname er niet. Door op beide manieren

een BR-relatie op te stellen, is het mogelijk om zowel lineaire als non-lineaire verbanden aan te tonen tussen ernstige hinder/slaapverstoring en geluidsblootstelling.

Resultaten

De opgestelde BR-relaties zijn gebaseerd op 10.938 deelnemers van het GGD-belevingsonderzoek, van wie er 18,5 procent ernstig hinder van het totale vliegverkeer rapporteerde en 9,3 procent ernstige slaapverstoring. Voor ernstige hinder konden er duidelijke BR-relatie worden opgesteld tussen hinder van vliegverkeer en de geluidsblootstelling, berekend in L_{den} en de kosteneenheid. De BR-relaties op basis van een continue en categorische blootstelling kwamen zeer sterk overeen, wat een lineair verband tussen ernstige hinder en vliegtuiggeluid suggereert.

De BR-relatie tussen L_{night} en ernstige slaapverstoring was minder duidelijk. Slechts bij geluidswaarden van > 20 dB was er een relatie te zien tussen blootstelling en slaapverstoring. Dit betrof ongeveer 10 procent van de deelnemers van het studiegebied. De op categorische en continue blootstelling gebaseerde BR-relaties verschilden sterker van elkaar, specifiek bij geluidswaarden van > 20 dB (L_{night} civiel) en > 25 dB (L_{night} totaal). Het gebruik van het categorisch model heeft de voorkeur, omdat het gebruik van het continue model tot een onderschatting van het aantal personen met ernstige slaapverstoring kan leiden, specifiek in gebieden met een relatief hoge L_{night} -blootstelling.

Wanneer de BR-relaties werden uitgesplitst naar ernstige hinder/slaapverstoring en geluidsblootstelling van civiel en militair vliegverkeer waren er verschillen te zien. Bij gelijke geluidsblootstelling, binnen de range van 25-40 dB L_{den} voor hinder en 0-35 dB L_{night} voor slaapverstoring, voorspelde de militaire BR-relatie meer ernstige hinder/slaapverstoring dan de civiele BR-relatie bij gelijke L_{den}/L_{night} -blootstelling.

De nieuwe BR-relatie voor ernstige hinder door totaal vliegverkeer uit het huidige onderzoek kwam ongeveer overeen met de BR-relatie gebaseerd op het GGD-Belevingsonderzoek uit 2014. Alleen bij blootstellingen tussen de 35-40 dB en 47-52 dB was er een significant (95% zekerheid) verschil tussen de curves van de BR-relaties. Dit betekent dat bij geluidsblootstelling tussen de 35-40 dB (34% van de inwoners van het studiegebied) er meer ernstige hinder is volgens de 2023 BR-relatie in vergelijking tot de 2014 BR-relatie. Bij blootstellingen tussen de 47-52 dB (10% van de inwoners van het studiegebied) geeft de 2023 BR-relatie juist minder ernstige hinder dan de 2014 BR-relatie.

Er waren grotere verschillen tussen de BR-relatie van dit onderzoek en de BR-relaties gebaseerd op de uitkomsten van de gezondheidsmonitor van 2020 en 2016. Dat kan verklaard worden door de verschillen in onderzoeksopzet, studiegebied en aantal vliegbewegingen. In 2026 zullen er nieuwe BR-relaties voor onder andere Eindhoven Airport worden opgesteld gebaseerd op de gezondheidsmonitor 2024.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Eindhoven Airport is een militaire luchthaven met burgermedegebruik. In 2023 waren er 46.777 vliegbewegingen (starts en landingen) op Eindhoven Airport. Hiervan kwamen 41.496 vliegbewegingen voor rekening van de burgerluchtvaart, het merendeel met Boeing 737-varianten (71%). Militaire vliegtuigen voerden de overige 5.281 vliegbewegingen uit, waaronder C-130 Hercules-transportvliegtuigen, A330 MRTT's en helikopters (Hoekerswever & Lemstra, 2024). Op verzoek van de omliggende gemeenten van Eindhoven Airport onderzocht de GGD Brabant-Zuidoost met enige regelmaat hoe de omwonenden de luchthaven en het vliegverkeer ervaren (Van Ballegooij & Van Gestel, 2012, 2015, 2019; Van Gestel & Van Duijnhoven, 2017). Vooral de mate van hinder en slaapverstoring zijn daarbij belangrijke effecten.

In 2023 werd dit onderzoek voor de vierde keer uitgevoerd (Van Ballegooij, Van Gestel & Blous, 2024). In aanvulling hierop vroeg de GGD wederom aan het RIVM om de blootstelling-responsrelaties (BR-relaties) voor vliegtuiggeluid en hinder/slaapverstoring op te stellen. Eerder, in 2014, werden in samenhang met het belevingsonderzoek ook BR-relaties opgesteld voor vliegtuiggeluid en hinder voor Eindhoven Airport (Breugelmans, 2015). Met deze BR-relatie wordt de samenhang tussen jaargemiddelde geluidniveaus van vliegverkeer en de gerapporteerde hinder of slaapverstoring in het afgelopen jaar beschreven.

1.2 Doel

Het doel van het RIVM-onderdeel van het GGD-Belevingsonderzoek is om nieuwe BR-relaties op te stellen. Dit gebeurt op basis van vragenlijstinformatie van het GGD-Belevingsonderzoek en de geluidsberekeningen van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). De volgende BR-relaties worden opgesteld:

- Geluid van het totale vliegverkeer en ernstige hinder/slaapverstoring door het totale vliegverkeer aan de hand van de geluidsindicatoren L_{den} , Kosteneenheid (beide voor hinder) en L_{night} (slaapverstoring).
- Geluid van het civiele vliegverkeer en ernstige hinder/slaapverstoring door het civiele vliegverkeer aan de hand van de geluidsindicatoren L_{den} (hinder) en L_{night} (slaapverstoring).
- Geluid van het militaire vliegverkeer en ernstige hinder/slaapverstoring door het militaire vliegverkeer aan de hand van de geluidsindicatoren L_{den} , Kosteneenheid (beide voor hinder) en L_{night} (slaapverstoring).

Een belangrijk doel van dit onderzoek is de vergelijking van de BR-relatie op basis van het 2023 belevingsonderzoek met de BR-relatie op basis van het belevingsonderzoek uit 2014.

Hoofdstuk 2 bespreekt de methodes, waaronder de blootstelling, effecten en gebruikte analyses, om tot de BR-relaties te komen.

Hoofdstuk 3 geeft de verschillende BR-relaties voor Eindhoven Airport weer en licht ze toe. In hoofdstuk 4 worden in de discussie de resultaten besproken, vergelijkingen gemaakt met eerder opgestelde BR-relaties en de conclusies gepresenteerd.

2 Methode

2.1 Effecten blootstelling aan geluid

2.1.1 GGD-Belevingsonderzoek

Het belevingsonderzoek 'Beleving van de leefomgeving 2023' is uitgevoerd door de GGD's Brabant-Zuidoost en Hart voor Brabant in het najaar van 2023. In totaal zijn 30.755 mensen uit zestien gemeentes rondom Eindhoven Airport uitgenodigd om de online of schriftelijke vragenlijst in te vullen. Dit leverde 10.938 deelnemers van negentien jaar en ouder op, dit is een responspercentage van 36 procent. De methodiek van het belevingsonderzoek is verder beschreven in het rapport 'Beleving leefomgeving rond vliegveld Eindhoven – meting 2023' (Van Ballegoij, Van Gestel & Blous, 2024).

2.1.2 Hinder

Hinder is een verzamelterm voor het ervaren van verschillende negatieve gevoelens, zoals ontevredenheid, ergernis, boosheid, verwarring en agitatie (WHO, 2011). Personen met een identieke blootstelling aan een potentiële hinderbron (bijvoorbeeld geluid) kunnen toch een andere mate van hinder ervaren. Dit komt omdat het ervaren van hinder niet alleen door de mate van blootstelling aan geluid komt, maar ook wordt beïnvloed door verschillende situationele, contextuele en persoonsgebonden factoren (niet-akoestische factoren of co-determinanten). Enkele voorbeelden van deze factoren zijn de persoonlijke gevoeligheid voor geluid, verwachtingen over komende veranderingen, angstreacties en de houding ten opzichte van een hinderbron. Omdat mensen verschillen in deze factoren en er meestal in de praktijk geen kennis over deze factoren beschikbaar is, is het niet mogelijk om op een individueel niveau voorspellingen te doen voor het ervaren van hinder. Wel is het mogelijk om uitspraken te doen over de verwachte hoeveelheid ervaren hinder op groepsniveau. Dit zal echter vanwege het gebrek aan informatie over de niet-akoestische factoren niet alle ervaren hinder kunnen verklaren.

Binnen dit onderzoek is de mate waarin mensen hinder en slaapverstoring van vliegtuiggeluid ervaren bepaald met de vragenlijst van het GGD-Belevingsonderzoek. Hiervoor is gebruikgemaakt van de internationale standaardvraag voor het meten van geluidhinder, die is vastgelegd in een ISO-norm (ISO, 2003, 2021). De vraag verwijst per geluidbron naar de hinder in de thuissituatie gedurende de afgelopen twaalf maanden. Deelnemers kunnen antwoord geven op een schaal van 0-10 in welke mate ze hinder ervaren. Voor het huidige onderzoek naar de relatie tussen geluidsblootstelling van vliegverkeer en ernstige hinder/slaapverstoring is de schaal gedichotomiseerd naar twee groepen. Deelnemers met een hinderscore van 8 (afkappunt) of meer worden beschouwd als 'ernstig gehinderd' en deelnemers met een lagere score (0-7) als 'niet ernstig gehinderd'.

2.1.3 Slaapverstoring

Slaap is een belangrijk herstelmechanisme voor de mens. Genoeg slaap zorgt ervoor dat mensen beter kunnen omgaan met stress, zich overdag

meer alert voelen en hun concentratie en geheugenfuncties beter werken. Verder kan een (chronisch) verstoorde slaap een negatief effect hebben op de gezondheid, zoals een verhoogde hartslag, toegenomen bewegingen tijdens de slaap, verandering in slaapritme, nachtelijk ontwaken en slapeloosheid (WHO, 2011). Net als bij de hinder is slaapverstoring gemeten aan de hand van de vraag in welke mate respondenten de afgelopen twaalf maanden in hun slaap zijn verstoord door geluid van vliegverkeer op een 0-10 schaal. Ook hier is de schaal gedichotomiseerd volgens dezelfde afkapwaarden als bij de hindervraag.

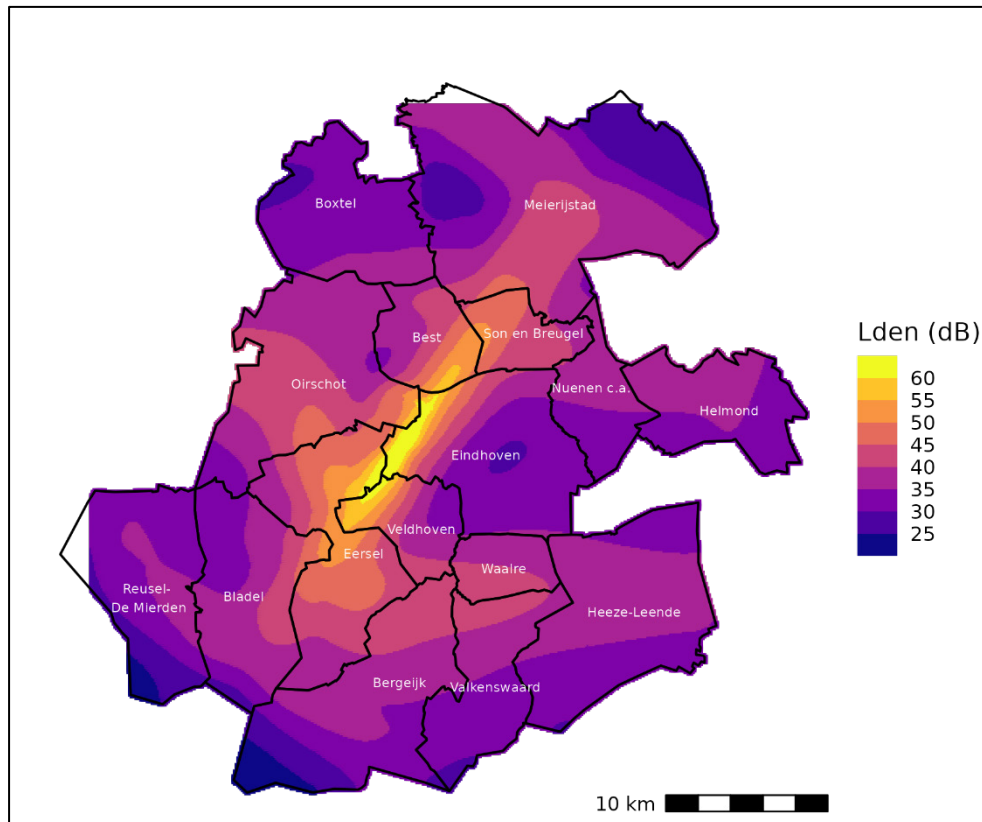
2.2 Berekening vliegtuiggeluid

Het NLR heeft de berekeningen van de geluidsblootstelling uitgevoerd. Een uitgebreidere beschrijving van de berekeningen is beschikbaar binnen de NLR-rapportage die de methodiek van de berekening beschrijft (Hogenhuis *et al.* 2023). Er is gebruikgemaakt van drie verschillende maten van geluidsblootstelling: L_{den} , L_{night} en de Kosteneenheid. De maten zijn berekend voor een periode van twaalf maanden (2023). De berekeningen zijn uitgevoerd in een gebied rondom Eindhoven Airport dat de deelnemende gemeentes van het belevingsonderzoek bevat. De geluidswaarden zijn berekend met een resolutie van 100 bij 100 meter, en in totaal bestaat het rekengebied uit 194.381 unieke rekenpunten. De gemeentes Meierijstad en Reusel-De Mierden vallen gedeeltelijk buiten dit rekengebied. De volgende paragraaf (2.3) bespreekt hoe hiermee is omgegaan. **Figuur 1** geeft de berekende L_{den} -waardes weer (per 5 dB categorieën) binnen de grenzen van de deelnemende gemeentes. In **Bijlage 1** zijn ook de jaargemiddelde Kosteneenheid (**Figuur B1**) en L_{night} (**Figuur B2**) waardes weergegeven. De gebruikte geluidsindicatoren worden in de volgende alinea's verder besproken.

2.2.1

L_{den}

De L_{den} is een maat van geluidsblootstelling die onder andere gehanteerd wordt in EU-regelgeving. De ' $_{den}$ ' is een afkorting van '*day-evening-night*' en de L_{den} , zoals toegepast binnen dit onderzoek, is een jaargemiddelde van de 24-uurs-waarde waarin verschillende wegenen worden toegepast voor blootstelling gedurende de dag (7-19 uur), avond (19-23 uur) en nacht (23-7 uur). Binnen de L_{den} wordt het verloop van het geluidniveau gedurende de gehele vliegbeweging meegenomen.



Figuur 1 De zestien gemeentes binnen het NLR-rekengebied met de L_{den} (dB) waarden voor het totale vliegverkeer. De geluidswaarden zijn berekend op een detail-niveau van 100 bij 100 meter. Gedeeltes van de gemeentes Reusel-De Mierden en Meierijstad vielen buiten het rekengebied.

2.2.2

L_{night}

De L_{night} is vergelijkbaar gedefinieerd als de L_{den} , maar bevat alleen de nachtelijk blootstelling en er worden geen extra wegingsfactoren toegepast. Net als de L_{den} wordt ook de L_{night} gebruikt als een dosismaat voor regelgeving in Europa.

In het rekengebied dat gebruikt is voor het belevingsonderzoek komen negatieve L_{night} -waarden voor (zie **Figuur B2**). Dit is mogelijk, doordat de dB-eenheid een verhouding weergeeft tussen een referentiewaarde en een geluidsintensiteit op een logaritmische schaal. Wanneer de gemiddelde intensiteit lager is dan de referentiewaarde (die de gemiddelde gehoorrens van 0 dB vertegenwoordigt), wordt de dB-waarde negatief. Ondanks dat negatieve dB-waarden niet hoorbaar zijn, vertegenwoordigt een jaargemiddelde geluidswaarde van -5 dB wel een grotere belasting dan een waarde van -15 dB. Omdat het gebruik van negatieve L_{night} in de praktijk veel vragen oproept en beperkte praktische meerwaarde heeft, zijn de negatieve waarde getransformeerd naar waarden van 0 dB binnen de analyses.

2.2.3

Kosteneenheid

De Kosteneenheid (Ke) is een geluidsmaat die gebaseerd is op het vliegverkeer gedurende een jaar en wordt bepaald door maximale geluidsniveaus (LA_{max}) van individuele vliegtuigbewegingen bij elkaar op

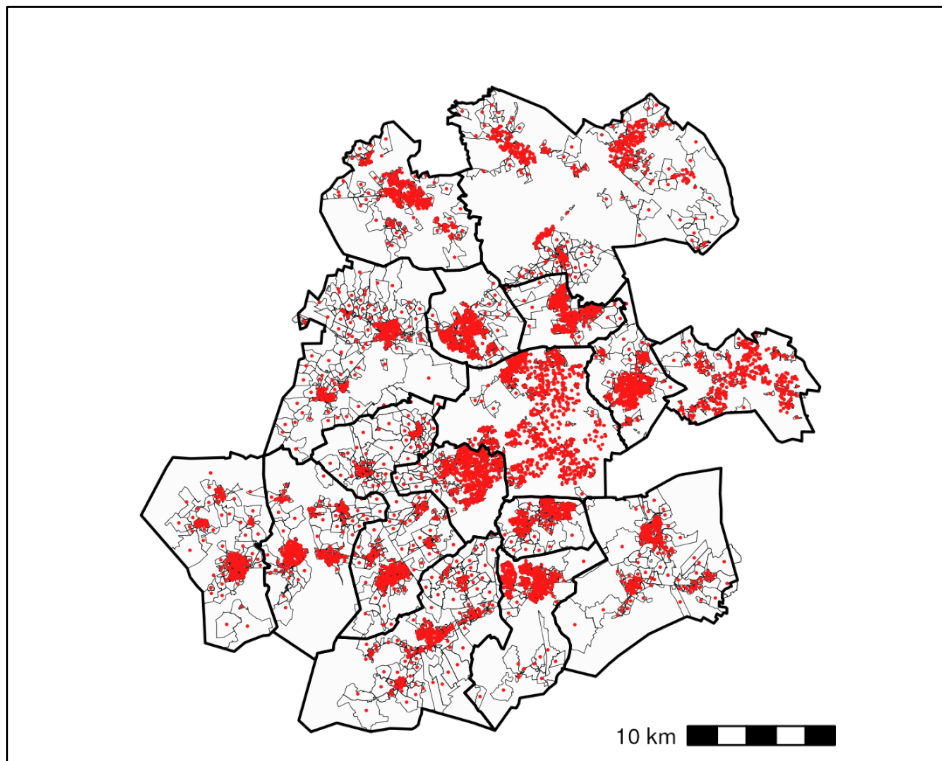
te tellen. Aan vliegtuigbewegingen gedurende de avond en nacht wordt een extra weging gegeven, waardoor deze zwaarder meewegen. De Ke is de eenheid van de geluidbelastingsmaat voor vliegtuiggeluid die in de jaren zestig werd opgesteld door de commissie Kosten. De maat wordt toegepast voor handhavingsberekeningen voor Nederlandse militaire luchthavens en wordt niet meer gebruikt voor civiel luchtverkeer.

2.3 Koppeling van gegevens

Om BR-relaties te kunnen opstellen, moet de geluidsblootstelling gekoppeld worden aan het woonadres van deelnemers van het belevingsonderzoek. Het exacte woonadres (6-positie postcode én huisnummer) is echter niet beschikbaar binnen het belevingsonderzoek en daarom wordt als vervanging de 6-positie postcode gebruikt. Het betreft hier de volledige postcode bestaande uit 4 cijfers en 2 letters, ook wel de PC6 genoemd. De 10.938 unieke deelnemers van het belevingsonderzoek woonden verspreid over 5.623 PC6-gebieden binnen zestien gemeentes. De meeste PC6-gebieden hadden één of twee deelnemers, maar er waren enkele PC6-gebieden met een groter aantal deelnemers (Zie **Figuur B3**).

Omdat niet bekend was waar de deelnemers binnen een PC6-gebied wonen, werd het geografische middelpunt van het PC6-gebied gebruikt als het woonadres van alle deelnemers binnen het gebied. Dit middelpunt werd bepaald aan de hand van zogenaamde *shapefiles*, bestanden die de vorm van het PC6-gebied weergeven (Zie **Figuur 2**). Vervolgens werd gekeken naar binnen welk rekenpunt van het NLR een PC6-middelpunt viel. De geluidswaarde van het desbetreffende rekenpunt werd tenslotte toegewezen aan de deelnemer.

Er waren twee PC6-gebieden (beide in de gemeente Meierijstad) waarvan het PC6-middelpunt buiten het NLR-rekengebied viel, waardoor er geen geluidswaarden toegewezen konden worden. Voor deze twee gebieden is daarom de waarde gebruikt van het naastgelegen PC6-gebied die wel binnen het rekengebied valt.



Figuur 2 De PC6-gebieden van deelnemers aan het belevingsonderzoek binnen de zestien gemeentes. De rode punten geven het middelpunt van het PC6-gebied weer.

2.4 Analyses

Alle statistische analyses voor de BR-relaties zijn uitgevoerd met het programma R (R Core Team, 2024). De gepresenteerde BR-relaties zijn met behulp van zogenaamde weegfactoren gecorrigeerd voor de gehele bevolking binnen de zestien deelnemende gemeentes. Deze weegfactoren zijn berekend door de GGD Brabant-Zuidoost (van Ballegooij, Van Gestel & Blous, 2024). Ze hebben als doel om te corrigeren voor een eventuele selectieve respons door wegen naar leeftijdsklasse, geslacht en gebied. Hierdoor zijn de BR-relaties een vertegenwoordiging van de gehele populatie van het onderzoeksgebied.

2.4.1 BR-relaties

Blootstelling-responsrelaties (BR-relaties) tonen de samenhang tussen de blootstelling (zoals geluidswaardes) en de verwachte proportie of aandeel individuen in een populatie die naar verwachting reageert met een bepaald effect (bijvoorbeeld hinder, ziekteverschijnselen) op deze blootstelling (Breugelmans *et al.* 2019). Binnen dit onderzoek zijn BR-relaties opgesteld voor de relatie tussen geluidsblootstelling door vliegverkeer (bijvoorbeeld L_{den} en L_{night}) en het aandeel van de bevolking (het percentage) dat daarbij ernstige hinder of ernstige slaapverstoring ervaart rondom Eindhoven Airport.

De BR-relaties zijn afgeleid met logistische regressiemodellen via de *svyglm*-functie van de R package *survey* (Lumley, 2024). Om meer inzicht te krijgen in de relatie, is de geluidsblootstelling op verschillende manieren meegenomen (zie onderstaand) binnen de analyse. Deze

modellen kunnen vervolgens met elkaar vergeleken worden op basis van de modelfit, waarmee gekeken kan worden welk model het dichtst bij de daadwerkelijke waarden ligt. Dit kan aan de hand van de zogenaamde *Akaike information criterion* (AIC)-waarde, een relatieve indicator die de kwaliteit van een voorspellend regressie model aangeeft. Hoe lager de AIC-waarde, hoe beter de fit is van het model. Een verschil van 10 AIC-eenheden wordt gezien als een significant verschil in de fit van twee modellen (Del Giudice, 2019). Omdat het hier een relatieve maat betreft, zegt de waarde van AIC op zichzelf niks, en de AIC mag niet gebruikt worden om modellen gebaseerd op verschillende onderliggende data te vergelijken.

Hieronder worden de twee manieren beschreven waarop de blootstelling binnen de logistische regressie modellen is meegenomen.

Continue blootstelling: De geluidsblootstelling wordt als een continue waarde opgenomen in het model. Hierbij wordt een lineair verband verondersteld tussen de blootstelling en ernstige hinder/slaapverstoring. Op basis van deze blootstelling kan een formule worden opgesteld, die gebruikt kan worden om ernstige hinder/slaapverstoring op basis van de geluidsbelasting in te schatten. Hierbij neemt het model de aanname dat er sprake is van een lineair verband tussen de blootstelling en uitkomstmaat.

Blootstellingsgroepen: Hierbij is de blootstelling opgenomen als een categorische variabele. De indeling van de categorieën is gebaseerd op stappen van 5 dB voor de L_{den} , L_{night} en 10 Ke- stappen voor de Kosteneenheid. Een voordeel van deze methode is dat er geen aanname wordt gedaan over de richting van het effect. Een nadeel van deze methode is echter dat er geen formule beschikbaar is. Dat maakt de toepassing in de praktijk lastiger. Aan de hand van een tabel met de waarden kan echter wel een inschatting gemaakt van de verwachte hoeveelheid hinder/slaapverstoring per 5dB- of 10 Ke-groep.

3 Resultaten

3.1 Beschrijvende statistieken van de respons en blootstelling

Tabel 1 geeft het aantal deelnemers en de respons op de vragenlijst weer van het GGD-Belevingsonderzoek en de specifieke vragen rondom hinder/slaapverstoring van respectievelijk het totale, militaire en civiele vliegverkeer. Ook geeft de tabel het (ongewogen) aantal respondenten weer dat ernstige hinder, dan wel slaapverstoring ondervindt.

Tabel 1 Overzicht aantal deelnemers en percentage respons, aantal ernstige gehinderden en slaapverstoorden voor totale, militaire en civiele luchtvaart van Eindhoven Airport.

	Hinder	Slaapverstoring
N uitgenodigd belevingsonderzoek	30.755	30.755
N deelnemers belevingsonderzoek ¹	10.938	10.938
% respons deelname	36%	36%
Totaal vliegverkeer		
N respons vraag	10.770	10.716
% respons vraag	98,5%	98,0%
N ernstig hinder/slaapverstoring	1.997	1.001
% ernstig hinder/slaapverstoring	18,5%	9,3%
Militair vliegverkeer		
N respons vraag	10.778	10.719
% respons vraag	98,5%	98,0%
N ernstig hinder/slaapverstoring	2.108	903
% ernstig hinder/slaapverstoring	19,5%	8,4%
Civiel vliegverkeer		
N respons vraag	10.800	10.737
% respons vraag	98,7%	98,2%
N ernstig hinder/slaapverstoring	1.912	1.026
% ernstig hinder/slaapverstoring	17,7%	9,5%

1. Deelnemers van 19 jaar en ouder.

In **Tabel 2** is de berekende blootstelling aan vliegtuiggeluid (L_{den} , L_{night} en Kosteneenheid) rondom Eindhoven Airport weergegeven met percentielen. Hiermee wordt aangegeven welk gedeelte van de deelnemers aan het belevingsonderzoek een blootstelling heeft, die kleiner of gelijk is aan de waarde van het desbetreffende percentiel. Zo heeft 50 procent van de deelnemers een geluidsblootstelling door het totale vliegverkeer van L_{den} 39 dB of minder.

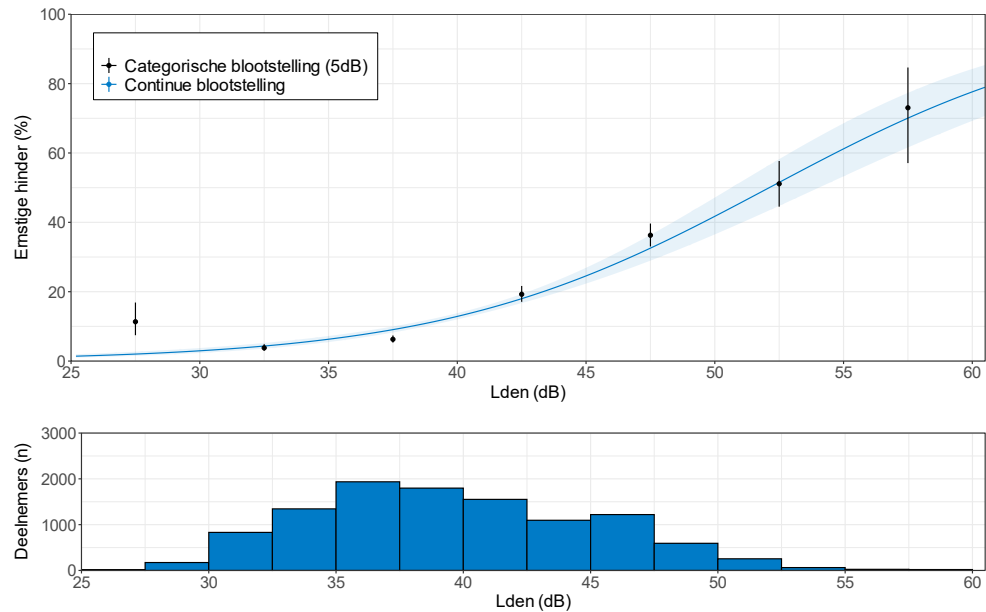
Tabel 2 Blootstellingsverdeling naar percentielen (p) voor L_{den} , L_{night} en kosteneenheid voor totale, militaire en civiele luchtvaart van Eindhoven Airport.

	p0	p1	p10	p25	p50	p75	p90	p99	p100
L_{den} totaal	25	29	29	35	39	44	47	53	64
L_{den} militair	24	28	28	31	35	39	42	48	60
L_{den} civiel	12	22	22	33	37	42	45	52	61
L_{night} totaal	<0	<0	<0	<0	5	13	20	24	34
L_{night} militair	<0	<0	<0	<0	<0	4	9	14	22
L_{night} civiel	<0	<0	<0	<0	2	13	19	24	33
Ke totaal	-24	-18	-18	-2	4	12	19	28	46
Ke militair	-31	-26	-26	-17	-11	-2	3	13	32

3.2 BR-relaties voor totaal vliegverkeer

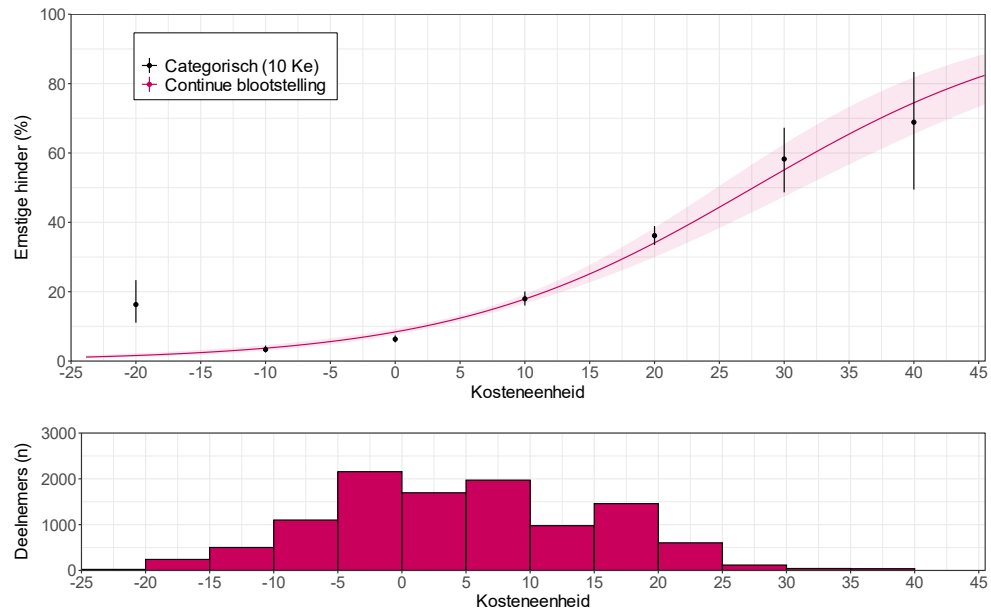
Er zijn BR-relaties opgesteld voor ernstige hinder/slaapverstoring en de geluidsblootstelling door het totale vliegverkeer. Eerst zal de BR-relatie tussen ernstig hinder en L_{den} besproken worden, gevolgd door de BR-relatie tussen ernstige hinder en de kosteneenheid. Tenslotte wordt de BR-relatie tussen ernstige slaapverstoring en L_{night} getoond.

In **Figuur 3** is de relatie weergegeven tussen ernstige hinder en L_{den} van het totale vliegverkeer. Het onderste gedeelte van de figuur toont de blootstellingsverdeling binnen de studiepoulatie. De twee methodes om BR-relaties af te leiden (gebruikmakende van een continue blootstelling of een categorische blootstelling per 5 dB-groepen) laten een zeer vergelijkbare curve zien over de gehele range van de blootstelling. Bij toenemende geluidsblootstelling neemt de kans op ernstige hinder geleidelijk toe. Alleen bij een blootstelling tussen de 25 en 30 dB is er een duidelijk verschil te zien tussen de twee methodes. Daarbij verwacht het categorisch model meer hinder dan het model met continue blootstelling. Wel is er hier sprake van een redelijk grote onzekerheid binnen de schatting van het categorisch model, te herkennen aan betrouwbaarheidsinterval in de figuur (zwarte lijnen). Het betreft hier ook een zeer kleine groep deelnemers (1,7% van de studiepoulatie).



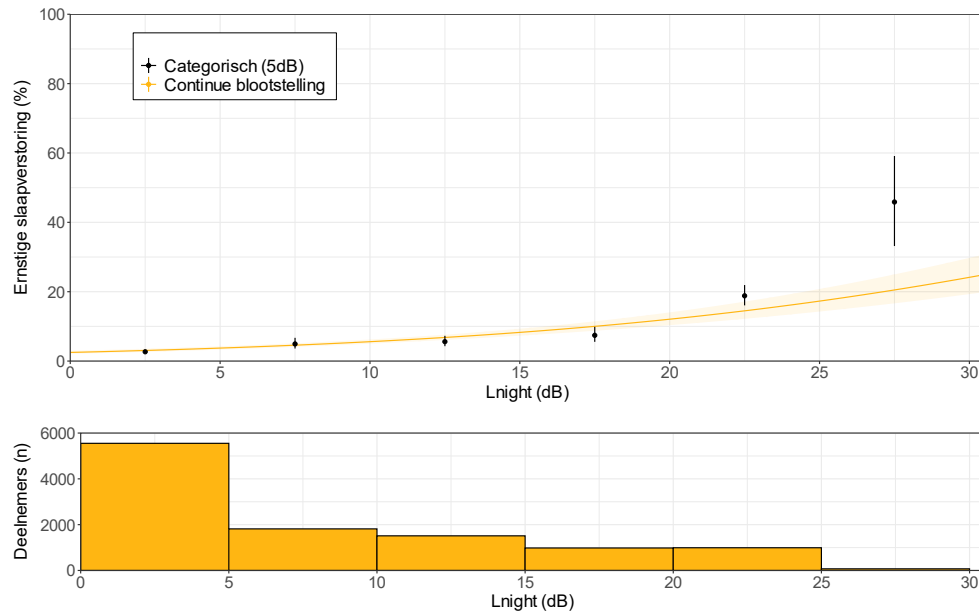
Figuur 3 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van het totale vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer op basis van een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer. Het gekleurde vlak rondom de lijn geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan geluid binnen de studie-populatie.

Figuur 4 toont de relatie tussen ernstige hinder en de kosteneenheid van het totale vliegverkeer. Ook hier lopen de twee opgestelde BR-relaties erg gelijk aan elkaar, behalve voor de groep met de laagste Ke-blootstelling. Hier voorspelt het model met categorische blootstelling duidelijk meer ernstige hinder voor de blootstellingsgroep '-25 tot -15 Ke' dan het model met lineaire blootstelling. Net als bij L_{den} is ook hier sprake van grotere onzekerheid en is de voorspelling gebaseerd op slechts een kleine groep deelnemers (2,4%).



Figuur 4 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van het totale vliegverkeer (Kosteneenheid) en ernstige hinder. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer op basis van een categorische blootstelling (10 Ke-groepen) en continue blootstelling. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling binnen de studiepopulatie. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan geluid binnen de studie-populatie.

In **Figuur 5** worden de BR-relaties weergegeven van ernstige slaapverstoring en L_{night} -blootstelling. De twee BR-relaties lopen ongeveer gelijk tot aan de hoogst blootgestelde groep deelnemers (L_{night} 25-30 dB), waarbij de BR-relatie op basis van categorische blootstelling aanzienlijk meer ernstige slaapverstoring verwacht (ongeveer 40% van de populatie) dan het continue model (circa 20% ernstige slaapverstoring). Ongeveer 1 procent van deelnemers heeft een blootstelling van >25 dB. Omdat beide modellen significant van elkaar verschillen bij hogere blootstelling (de 95%-betrouwbaarheidsintervallen overlappen elkaar niet vanaf > 25 dB), is het hier van belang om de twee modellen met elkaar te vergelijken op basis van de modelfit. Het categorisch model had een lagere AIC-waarde (AIC = 2.634) dan het continue model (AIC = 2.667). Dat geeft aan dat het categorische model de beste model-fit heeft en beter aansluit op de onderliggende gegevens.

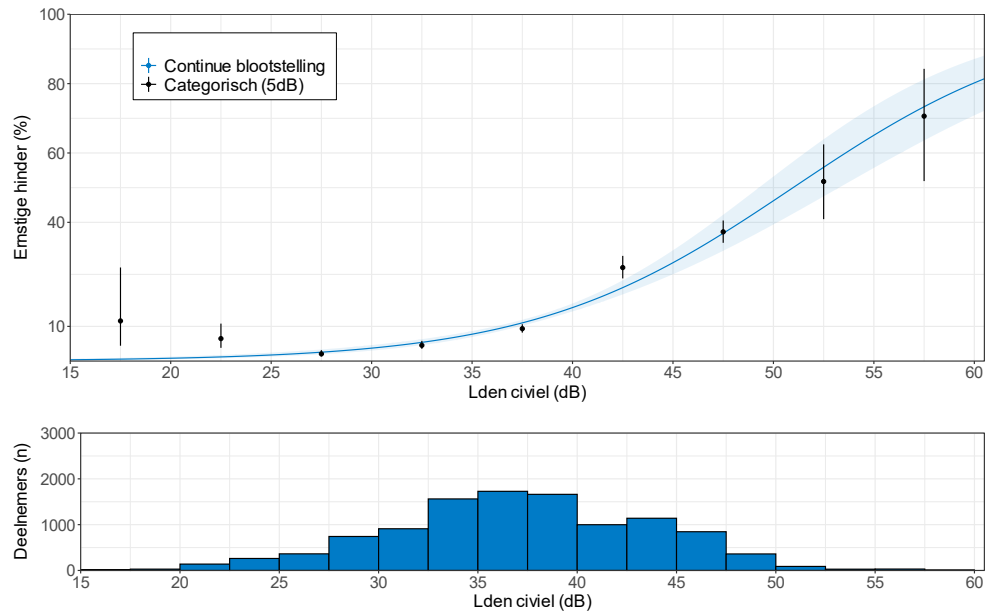


Figuur 5 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van totale nachtelijk vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer op basis van een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan nachtelijk geluid binnen de studiepopulatie. Deelnemers met een L_{night} -blootstelling van < 0 dB hebben de waarde van 0 dB gekregen binnen de analyse.

3.3 BR-relaties voor civiel vliegverkeer

Figuur 6 toont de BR-relatie tussen ernstige hinder door civiel vliegverkeer en geluidsblootstelling van civiel vliegverkeer (L_{den} civiel). Deze BR-relatie is gebaseerd op de blootstelling en vragen uit het belevingsonderzoek die specifiek over civiel vliegverkeer gaan. De geluidsblootstelling en ernstige hinder door civiel vliegverkeer zijn iets lager dan dat van het totale vliegverkeer (Zie **Tabel 1** en **Tabel 2**).

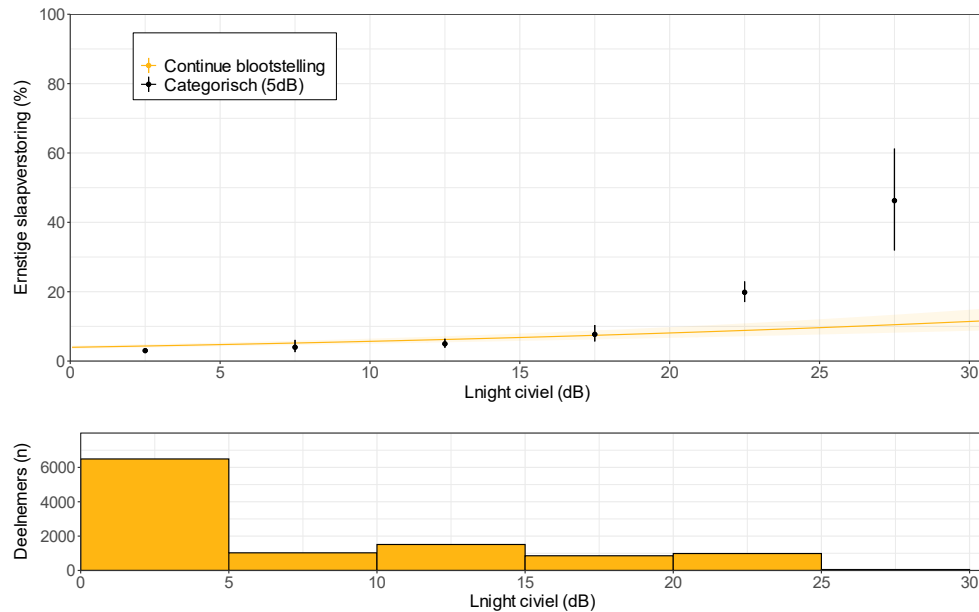
De BR-relaties op basis van continue en categorische blootstelling zijn vanaf 25 dB zo goed als gelijk aan elkaar. Bij lagere geluidsbelasting verwacht de BR-relatie van categorische model meer ernstige hinder dan de BR-relatie op basis van het continue model. De schattingen voor de lagere blootstellingsgroepen zijn gebaseerd op een zeer kleine groep mensen (15-20 dB-groep = 0,6% van de deelnemers; 20-25 dB-groep = 3,6%). Daarom is er sprake van meer onzekerheid rondom deze schattingen.



Figuur 6 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van civiel vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder van civiel vliegverkeer. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer op basis van een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan geluid binnen de studie-populatie.

Figuur 7 toont de BR-relatie van blootstelling aan geluid van nachtelijk civiel vliegverkeer (L_{night} civiel) en ernstige slaapverstoring door civiel vliegverkeer. Bij blootstellingen lager dan 20 dB lopen de curves van de BR-relaties op basis van een continue en categorische blootstelling gelijk aan elkaar. Bij hogere geluidswaarden dan 20 dB schat de categorische BR-relatie aanzienlijk meer ernstige slaapverstoring dan het continue model (ongeveer 20% versus 10% bij waarden tussen 20-25 dB, 47% versus 12% bij waarden tussen 25-30 dB). Ongeveer 10 procent van de deelnemers aan het belevingsonderzoek heeft een L_{night} -geluidsblootstelling dat hoger is dan 20 dB. Het model op basis van de categorische blootstelling heeft een betere model-fit (AIC = 2.634) dan het model met continue blootstelling (AIC = 2.667). De BR-relatie die gebaseerd is op de categorische blootstelling past dus beter op de onderliggende data.

Het gebruik van de BR-relatie op basis van het continue blootstelling-model zal naar verwachting een onderschatting geven van het totaal aantal personen dat ernstige slaapverstoring door civiele luchtvaart ervaart bij L_{night} -waarden boven de 20 dB.

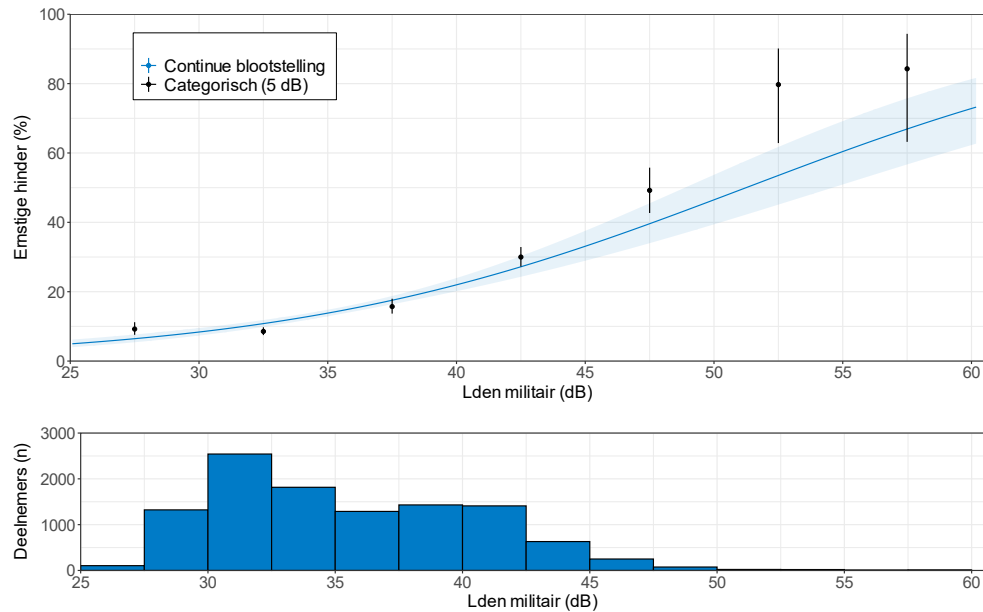


Figuur 7 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van nachtelijk civiel vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer, gebaseerd op een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan nachtelijk geluid binnen de studiepopulatie. Deelnemers met een L_{night} -blootstelling van < 0 dB hebben de waarde van 0 dB gekregen binnen de analyse.

3.4 BR-relaties voor militair vliegverkeer

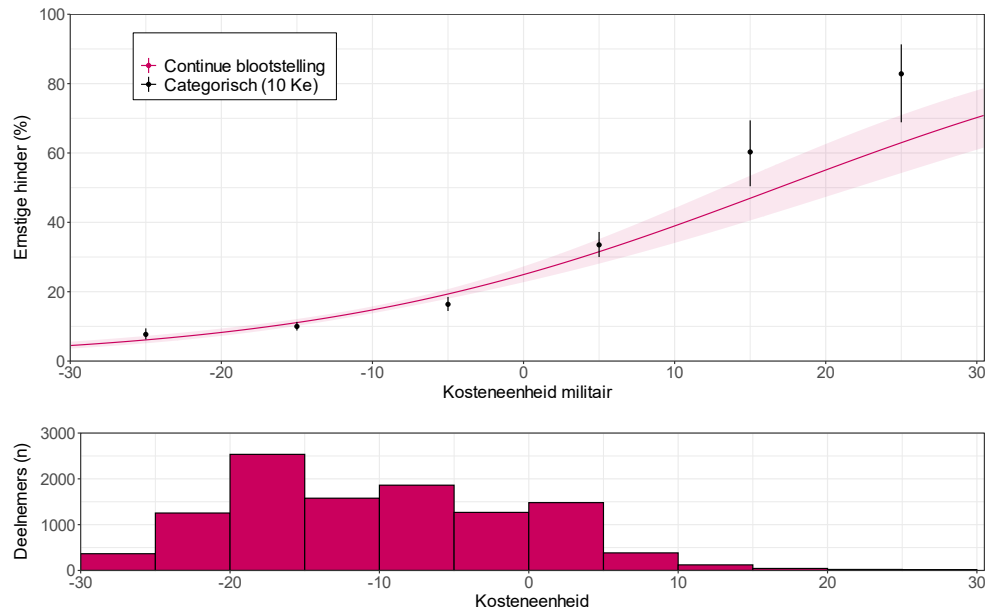
Figuur 8 toont de BR-relatie tussen ernstige hinder van militair vliegverkeer en de geluidsbelasting van militair vliegverkeer (L_{den} militair). Net als bij de BR-relaties voor civiel vliegverkeer (zie 3.3) zijn de militaire BR-relaties specifiek gebaseerd op de hindervraag over militair vliegverkeer en is er alleen gebruikgemaakt van de geluidswaardes die afkomstig zijn van militaire vliegbewegingen.

De BR-relaties op basis van het model met continue blootstelling en het model met een categorische blootstelling lopen voor L_{den} -waardes lager dan 50 dB, zo goed als gelijk aan elkaar. Bij hogere geluidswaardes voorspelt het categorisch model meer hinder dan het continue model, maar er is wel sprake van een grote onzekerheid bij deze voorspelling (zwarte verticale lijnen). Dit wordt veroorzaakt door het lage aantal deelnemers met geluidsbelasting hoger dan 50 dB van militair vliegverkeer (<1% van deelnemers).



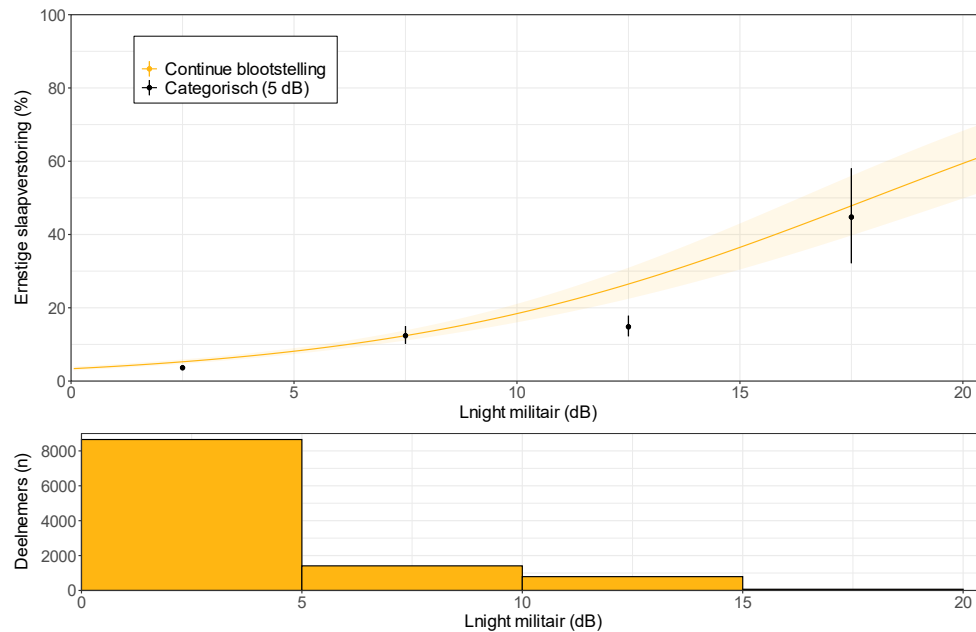
Figuur 8 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van militair vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder van civiel vliegverkeer. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer gebaseerd op een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan geluid binnen de studiepopulatie.

Figuur 9 laat de BR-relatie zien tussen ernstige hinder van militair vliegverkeer en de geluidsbelasting door militair vliegverkeer, gemeten in de Kosteneenheid. De twee verschillende methodes om een BR-relatie op te stellen, laten een vrijwel identieke BR-relatie zien tot 10 Ke. Bij blootstellingen boven de 10 Ke liggen de BR-relaties verder uit elkaar en voorspelt het categorische model meer ernstige hinder dan de BR-relatie op basis van een continue blootstelling. Dit zijn echter geen significante verschillen, omdat de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van beide modellen elkaar alsnog overlappen.



Figuur 9 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van militair vliegverkeer (Kosteneenheid) en ernstige hinder van militair vliegverkeer. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer gebaseerd op een categorische blootstelling (10 Ke-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan geluid binnen de studie-populatie.

In **Figuur 10** is de BR-relatie van ernstige slaapverstoring door militair vliegverkeer en nachtelijke geluidsblootstelling aan militair vliegverkeer (L_{night}). Slechts voor geluidswaardes tussen de 10-15 dB is er een verschil tussen de BR-relaties op basis van een continue en een categorische blootstelling. Bij deze waarden voorspelt het categorische model minder slaapverstoring dan het model dat gebaseerd is op een continue blootstelling. Net als bij het totale en civiele vliegverkeer, heeft ook hier het categorische model een sterkere model-fit ($AIC = 3.085$) dan het continue model ($AIC = 3.111$). De BR-relatie op basis van categorische blootstelling past dus beter op de onderliggende data.



Figuur 10 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van nachtelijk militair vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring van militair vliegverkeer. Het bovenste deel van de figuur geeft BR-relaties weer, gebaseerd op een categorische blootstelling (5 dB-groepen) en continue blootstelling. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval. De zwarte punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Het onderste deel toont de blootstellingsverdeling aan nachtelijk geluid binnen de studie-populatie. Deelnemers met een L_{night} -blootstelling van < 0 dB ($n = 5.931$) hebben de waarde van 0 dB gekregen binnen de analyse.

3.5 Formules BR relaties

In **Tabel 3** zijn de formules weergegeven van de BR-relaties die gebaseerd zijn op de uitkomsten van het belevingsonderzoek 2023. Het betreft hier de formules van de BR-relaties op basis van de continue geluidsblootstelling. Omdat met name bij BR-relaties voor slaapverstoring verschillen zaten tussen het categorische en continue model, zijn in **Tabel 4** de voorspellingen op basis van de categorische modellen ook weergegeven.

Tabel 3 Formules van BR-relaties Eindhoven Airport 2023

Indicator	Formule
Totaal vliegverkeer	
L _{den}	$\%EH^1 = (1 / (1 + e^{-(-8,22242 + 0,15778 * L_{den})})) * 100$
L _{night}	$\%ES^2 = (1 / (1 + e^{-(-3,40181 + 0,07029 * L_{night})})) * 100$
Kosteneenheid	$\%EH = (1 / (1 + e^{-(-2,38885 + 0,08649 * K_e)})) * 100$
Civiel vliegverkeer	
L _{den}	$\%EH = (1 / (1 + e^{-(-7,90304 + 0,15503 * L_{den})})) * 100$
L _{night}	$\%ES = (1 / (1 + e^{-(-3,18706 + 0,03792 * L_{night})})) * 100$
Militair vliegverkeer	
L _{den}	$\%EH = (1 / (1 + e^{-(-5,77135 + 0,11262 * L_{den})})) * 100$
L _{night}	$\%ES = (1 / (1 + e^{-(-2,70376 + 0,08974 * L_{night})})) * 100$
Kosteneenheid	$\%EH = 1 / (1 + e^{-(-1,10177 + 0,06529 * K_e)}) * 100$

1. Het verwachte percentage van de populatie wat ernstige hinder ervaart.
2. Het verwachte percentage van de populatie wat ernstige slaapverstoring ervaart.

Tabel 4 Verwachte percentages ernstige slaapverstoring van categorische BR-relaties voor slaapverstoring rondom Eindhoven Airport 2023

L _{night}	%ES ¹ Totaal vliegverkeer	%ES ¹ Civiel vliegverkeer	%ES ¹ Militair vliegverkeer
0-5 dB	2,7 (2,2-3,2)	3,0 (2,6-3,5)	3,6 (3,1 - 4,2)
5-10 dB	4,9 (3,6-6,7)	4,0 (2,6-6,1)	12,4 (10,2 - 15,0)
10-15 dB	5,6 (4,3-7,3)	5,0 (3,8-6,4)	14,8 (12,2 - 17,8)
15-20 dB	7,4 (5,5-9,9)	7,7 (5,7-10,4)	44,8 (32,2 - 58,1)
20-25 dB	18,8 (16,1-21,9)	19,8 (17,0-23,0)	²
25-30 dB	45,9 (33,2 - 59,1)	46,3 (32,9 - 61,3)	²

1. Het verwachte percentage van de populatie wat ernstige slaapverstoring ervaart samen met het 95%-betrouwbaarheidsinterval
2. Er waren te weinig deelnemers met een L_{night} militair > 20 dB om voorspellingen te kunnen voor deze geluidswaardes.

4 Discussie en Conclusie

In dit rapport zijn in totaal acht verschillende BR-relaties opgesteld tussen ernstige hinder/slaapverstoring en drie verschillende indicatoren van blootstelling aan (nachtelijk) vliegtuiggeluid (L_{den} , L_{night} , Kosteneenheid) rondom Eindhoven Airport. De onderstaande paragrafen bespreken de belangrijkste uitkomsten en andere onderdelen van de studie verder. Ook staan er vergelijkingen in met eerder opgestelde BR-relaties rondom Eindhoven Airport.

4.1 Opstellen van de BR-relatie

Binnen de rapportage zijn er op twee manieren BR-relaties opgesteld, namelijk op basis van een continue geluidsblootstelling en een stapsgewijze, categorische blootstelling (5 dB-groepen voor L_{den}/L_{night} en 10 Ke voor Kosteneenheid). Een logistisch regressiemodel op basis van een continue blootstelling veronderstelt een lineair verband tussen de blootstelling en de uitkomstmaat. Wanneer de blootstelling als een categorische blootstelling wordt meegenomen in het model, worden geen veronderstellingen over een verband gedaan en kunnen er zowel lineaire als non-lineaire verbanden gevonden worden.

De BR-relaties tussen ernstige hinder en L_{den}/Ke gebaseerd op het continue en het categorische model zijn zo goed als gelijk aan elkaar. Dat is een sterke aanwijzing dat er inderdaad een lineair verband bestaat tussen de ernstige hinder en geluidsbelasting. Slechts bij de laagste blootstellingsgroepen waren er verschillen te zien, namelijk een hoger aandeel gehinderden in de laagste blootstellingsklasse volgens het categorische model. Dit fenomeen is ook te zien in de enquêtegegevens: de laagste blootstellingsgroep (binnen 5 dB-/10 Ke-groepen) heeft niet het laagste percentage ernstige hinder binnen de studiebevolking. Dit opvallende en onlogische resultaat is gedeeltelijk te verklaren door het zeer lage aantal deelnemers binnen deze groep en de daardoor grote onzekerheid rondom de voorspelling. Een verkenning van de samenstelling van de blootstellingsgroep met de laagste L_{den} -totaalblootstelling (25-30 dB) suggereert dat er ook sprake kan zijn van een onderschatting van de geluidsblootstelling binnen deze groep.

Van de 185 deelnemers binnen de 25-30 dB-blootstellingsgroep rapporteerde 17 procent ernstige hinder. Alle deelnemers met ernstige hinder binnen deze groep woonden echter in de gemeente Meierijstad, met name aan de noordoostelijke kant van de gemeente rondom de plaats Veghel. In totaal waren er 132 deelnemers met $L_{den} < 30$ dB binnen de gemeente Meierijstad (61% van alle deelnemers binnen de blootstellingsgroep 25-30 dB), van wie 28% ernstig gehinderd was. Dit kan verklaard worden door dat deze deelnemers ook worden blootgesteld aan geluid dat afkomstig is van vliegbewegingen van en naar de militaire vliegbasis Volkel. Deze vliegbasis is gelegen in de aangrenzende gemeente Maashorst en bevindt zich hemelsbreed op korte afstand (ongeveer 15 Km) van Veghel. De geluidsberekeningen van het NLR binnen de studie zijn slechts gebaseerd op vliegbewegingen van en naar Eindhoven Airport. Hierdoor vindt er zeer waarschijnlijk een

onderschatting plaats van de totale L_{den} -blootstelling binnen het gebied dat ook blootgesteld wordt aan geluid van andere vliegbewegingen. De impact van deze onderschattingen op de op een continue blootstelling gebaseerde BR-relatie is waarschijnlijk minimaal gezien het erg lage aantal deelnemers binnen deze groep. Bij het categorische model heeft het alleen impact op de voorspelling van de 25-30 dB-blootstellingsgroep, die een hoger aantal ernstig gehinderden voorspelt dan op basis van de blootstelling wordt verwacht. Vanwege deze redenen heeft het gebruik van de continue BR-relaties voor ernstige hinder en geluidsblootstelling op basis van de formules uit **Tabel 3** de voorkeur.

De nachtelijke geluidsblootstelling binnen het studiegebied is gemiddeld erg laag. Een groot gedeelte van de deelnemers heeft negatieve L_{night} -waardes (37%) en er zijn maar weinig deelnemers met een (relatief) hoge L_{night} -blootstelling. Bij de BR-relaties voor ernstige slaapverstoring en nachtelijke geluidsbelasting verschilden de curves gebaseerd op de twee methodes van elkaar bij hogere geluidsbelasting (>25 dB L_{night} van totale vliegverkeer en >20 dB L_{night} van civiele vliegverkeer). Omdat de modelfit van het categorisch model beter was dan dat van het continue model, suggereert dit dat de relatie tussen L_{night} en slaapverstoring niet lineair is. Het gebruik van de BR-relatie op basis van het continue (lineaire) model kan dan een onderschatting geven van het aandeel personen met een ernstige slaapverstoring bij (relatief) hoge L_{night} -blootstelling. Dit heeft wel maar effect op een klein gedeelte van de inwoners van het studiegebied, aangezien slechts ongeveer 1 procent van de studiebevolking een L_{night} van totale vliegverkeer blootstelling heeft van meer dan 25 dB en 10 procent van de populatie heeft een L_{night} van civiel vliegverkeer-blootstelling van 20 dB of meer. De formules uit **Tabel 3** en de waarden uit **Tabel 4** kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van de verwachte hoeveelheid slaapverstoring bij specifieke L_{night} -waardes.

Zoals ook besproken in sectie 2.1.2, wordt het ervaren van hinder/slaapverstoring door geluid niet alleen door de mate van blootstelling aan geluid beïnvloed, maar ook door niet-akoestische factoren/co-determinanten. Deze factoren zijn echter niet meegenomen binnen de analyse of verder onderzocht, omdat dit buiten de doelstelling (het opstellen van BR-relaties) van de huidige rapportage valt. Binnen de rapportage van het GGD over het belevingsonderzoek worden deze factoren wel verder besproken (Van Ballegooij, Van Gestel & Blous, 2024).

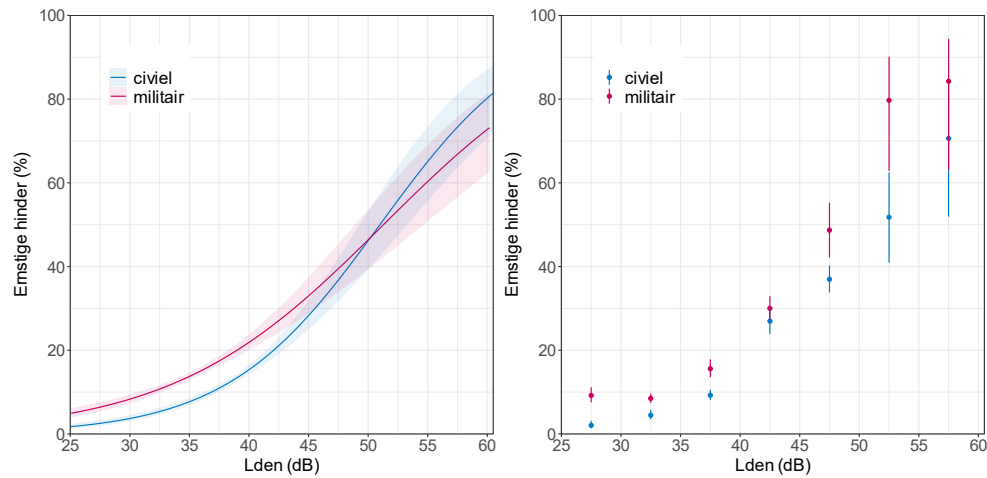
4.2 Detailniveau van de blootstelling

De postcode (PC6) was het kleinste ruimtelijke niveau waarop informatie beschikbaar was over de woonlocatie van de deelnemers aan het belevingsonderzoek. Het middelpunt van elk PC6-gebied is daarom gebruikt als een schatting om de geluidsblootstelling aan de deelnemers te koppelen. Postcodegebieden hebben verschillende groottes en hoe kleiner het postcodegebied, hoe groter de waarschijnlijkheid/kans is dat het woonadres van deelnemer op korte afstand van het middelpunt ligt. Hierdoor zullen de gekoppelde geluidswaardes ook meer precies zijn voor kleinere PC6-gebieden. Omdat PC6-gebieden in stedelijke

omgevingen kleiner zijn dan in meer landelijke gebieden met minder bebouwing (Zie **Figuur 2**), is het aannemelijk dat met name in de landelijke omgevingen er meer onzekerheid is over de exacte geluidswaardes per deelnemer. De verwachting is echter dat dit geen significant effect had op de uitkomsten, omdat de geluidswaarden niet veel verschillen binnen korte afstanden en de blootstelling in de gebieden waar dit vooral speelt (de buitenranden aan de zuid- en westkanten van het studiegebied) relatief laag is. Het is echter mogelijk dat dit een bijdrage heeft geleverd aan de observaties dat de deelnemers in laagste blootstellingsgroep niet het laagste percentage ernstige hinder hebben.

4.3 Militaire en civiele BR-relaties

Meer deelnemers rapporteerden ernstige hinder door militair vliegverkeer (19,5%) dan door civiel vliegverkeer (17,7%). De mediaan van de geluidsbelasting (in L_{den}) van militair vliegverkeer (35 dB) was iets lager in het studiegebied ten opzichte van het civiele vliegverkeer (37 dB), maar de verdeling van de blootstelling verschilde wel aanzienlijk, met name in het lagere bereik van de blootstelling (zie **Tabel 2**). Wanneer de aparte BR-relaties met elkaar vergeleken worden, is te zien dat bij een L_{den} van <45 dB de militaire BR-relatie meer ernstige hinder voorspelt dan de civiele BR-relatie bij gelijke L_{den} waardes. Bij hogere geluidsblootstellingen zijn er geen significante verschillen meer te zien (**Figuur 11**). Een mogelijke verklaring voor de verschillen tussen de 2 BR-relaties kan het verschil in blootstelling tussen L_{den} -militair en L_{den} -civiel zijn. De L_{den} -militair blootstelling lag lager dan de L_{den} -civiel blootstelling in het studiegebied. Dit, gecombineerd met een hoger percentage gerapporteerde ernstige hinder door militair vliegverkeer, kan ervoor zorgen dat er meer hinder verwacht wordt bij een lagere geluidsblootstelling door militair vliegverkeer dan door civiel vliegverkeer.

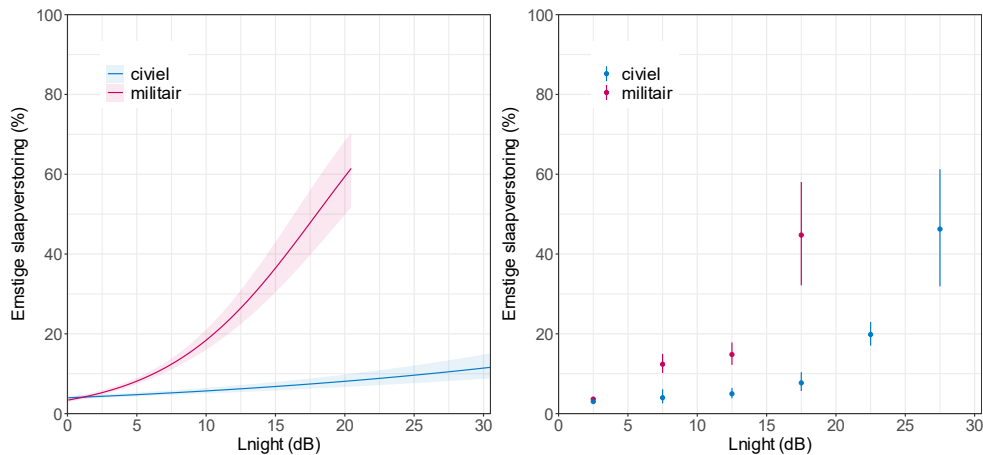


Figuur 11 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder, gebaseerd op civiel en militair vliegverkeer. Het linkerdeel van de figuur geeft op een continue blootstelling gebaseerde BR-relaties weer en het rechterdeel die op een categorische blootstelling (5 dB) gebaseerd zijn. De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval (links). De punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale lijnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval (rechts).

Binnen het studiegebied was de L_{night} -blootstelling van militair vliegverkeer lager dan de L_{night} van civiel vliegverkeer. Ook werd er minder ernstige slaapverstoring gerapporteerd door militair vliegverkeer (8,4% van deelnemers) dan door civiel vliegverkeer (9,5%). De BR-relaties tussen L_{night} en militair/civiel vliegverkeer verschillen van elkaar. Voor gelijke L_{night} -waardes voorspelt de militaire BR-relatie meer ernstige slaapverstoring dan de civiele BR-relatie (Zie **Figuur 12**).

De uitkomsten suggereren dat geluidsblootstelling door militair en civiel vliegverkeer anders ervaren worden door de deelnemers.

De L_{den} en L_{night} vertegenwoordigen een jaargemiddelde blootstelling, waardoor eventuele piekbelastingen minder duidelijk worden. Het is mogelijk dat ondanks de lagere L_{den}/L_{night} -waardes er bijvoorbeeld meer piekbelasting wordt ervaren door militair vliegverkeer of dat er vliegbewegingen plaatsvinden op afwijkende tijdstippen dan de bedoeling is. Ook kan geluid afkomstig van militaire vliegtuigen anders ervaren worden dan door vliegtuigen die gebruikt worden voor civiel vliegverkeer.



Figuur 12 BR-relaties tussen blootstelling van geluid van vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring gebaseerd op civiel en militair vliegverkeer. Het linkerdeel van de figuur geeft op een continue blootstelling gebaseerde BR-relaties weer en het rechterdeel die gebaseerd zijn op een categorische blootstelling (5 dB). De doorlopende lijn geeft de voorspelling van het model met continue blootstelling weer en het gekleurde vlak rondom de lijn het 95%- betrouwbaarheidsinterval (links). De punten geven de schattingen weer van het categorische model per 5 dB-groep en de verticale zwarte lijnen het 95%- betrouwbaarheidsinterval (rechts).

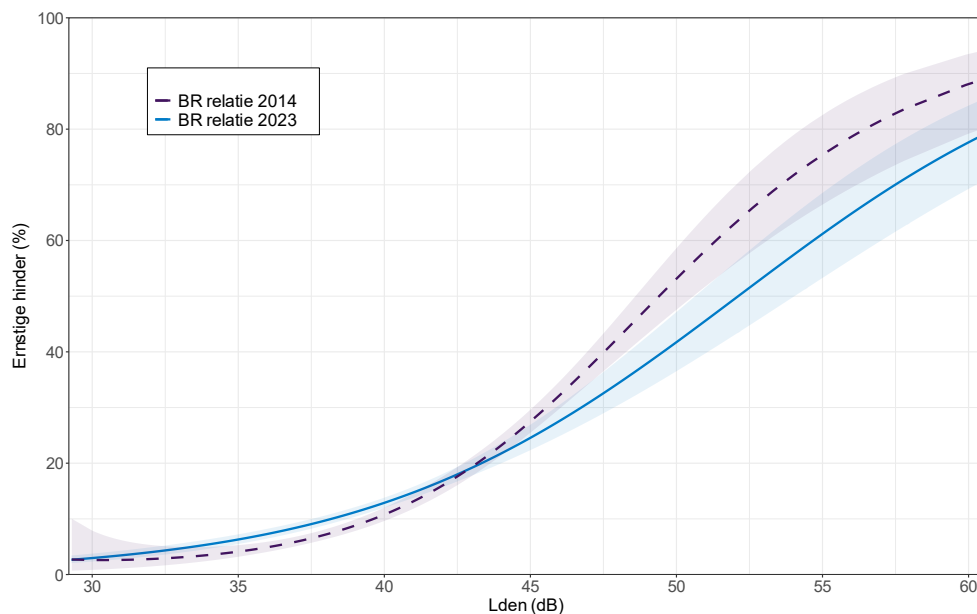
4.4 Vergelijking met BR-relaties op basis van GGD-belevingsonderzoek 2014

In 2014 zijn er ook BR-relaties opgesteld voor Eindhoven Airport op basis van het GGD-Belevingsonderzoek (Breugelmans, 2015). Er zijn meerdere verschillen tussen de opzet en de blootstelling van de belevingsonderzoeken in 2014 en 2023. In 2014 betrof het aantal vluchten ongeveer 29.000 (Breugelmans, 2015) en in 2023 was dit gegroeid tot rond de 47.000 vluchten. Ook is in 2014 het onderzoek uitgevoerd in een kleiner studiegebied rondom Eindhoven Airport dan in 2023. De gemeentes Boxtel, Bladel, Reusel-De Mierden, Valkenswaard, Heeze-Leende en Helmond waren in 2014 geen onderdeel van het studiegebied (zie **Figuur B4**). Het aantal deelnemers aan het onderzoek in 2014 ($n = 8.232$) was ook lager dan het aantal deelnemers in 2023 ($n = 10.938$). De toename in het aantal vluchten heeft vermoedelijk ook geleid tot een hogere geluidsbelasting rondom de luchthaven. Maar tegelijkertijd bevat het studiegebied in 2023 meer gemeentes die verder weg van de luchthaven liggen en daardoor ook een lagere geluidsbelasting hebben. Hierdoor is het lastig om uitspraken te doen of de geluidsbelasting is toegenomen in 2024 ten opzichte van 2014.

In **Figuur 13** is de BR-relatie uit 2014 vergeleken met de nieuwe BR-relatie op basis van het huidige belevingsonderzoek uit 2023. Ondanks alle genoemde verschillen zijn de twee BR-relaties zeer vergelijkbaar met elkaar. Bij blootstellingen lager dan 42.5 dB voorspelt de BR-relatie van 2023 meer ernstige hinder dan de 2014 BR-relatie. Bij hogere waarden geeft juist de 2014 BR-relatie meer hinder aan. Wel overlappen de betrouwbaarheidsintervallen van de curves elkaar grotendeels over het gehele L_{den} -bereik. Bij waarden tussen 35-40 dB en 47-52 dB is er

echter geen overlap tussen de intervallen. Voor L_{den} -waarden tussen 35-40 dB voorspelt de BR-relatie van 2023 meer ernstige hinder (ter illustratie, bij een L_{den} van 37 dB is het verwachte aandeel ernstig gehinderden 8,5% volgens de 2023 BR-relatie en 6,0% gebaseerd op de 2014 BR-relatie). Bij blootstellingen tussen de 47-52 dB is de situatie omgedraaid, en verwacht de BR-relatie van 2023 juist minder ernstig gehinderden. Als voorbeeld, bij een blootstelling van L_{den} 50 dB voorspelt de 2023 BR-relatie een aandeel ernstig gehinderden van 42 procent en de 2014 BR-relatie 53 procent. Het verschil tussen de twee curves is dus aanzienlijk hoger bij hogere blootstelling, maar dat geldt ook voor de onzekerheid rondom de curves, te zien aan de grotere betrouwbaarheidsintervallen. Er zijn relatief weinig mensen met hoge blootstellingen, waardoor er met minder nauwkeurigheid voorspellingen kunnen gedaan voor deze groep in vergelijking met de laag blootgestelde populatie.

Statistisch gezien is er erg weinig verschil tussen de twee BR-relaties en zullen voorspellingen gebaseerd op beide curves een erg vergelijkbaar beeld laten zien van de impact van geluid op het aandeel ernstig gehinderden. Er is echter een duidelijk verschil tussen de twee relaties binnen het 35-40 dB- en het 47-52 dB-bereik van de curves. Personen met een blootstelling tussen de 35-40 dB (34%) en 47-52 dB (10%) vertegenwoordigen een relatief grote groep deelnemers binnen de studiepopulatie. Deze keuze voor welke BR-relatie gebruikt wordt, kan dus wel degelijk van invloed (e.g. een onder- of overschatting van het aandeel ernstig gehinderden). Daarom zou het wel de voorkeur hebben om de nieuwe 2023 BR-relatie te gebruiken voor Eindhoven in plaats van de 2014 BR-relatie.



Figuur 13 De BR-relaties voor ernstige hinder door vliegverkeer en de geluidsbelasting van het totale vliegverkeer (L_{den}), gebaseerd op het GGD-Belevingsonderzoek van 2014 (gestreepte lijn) en 2023 (doorgetrokken lijn). De gekleurde vlakken rondom de lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de relaties weer.

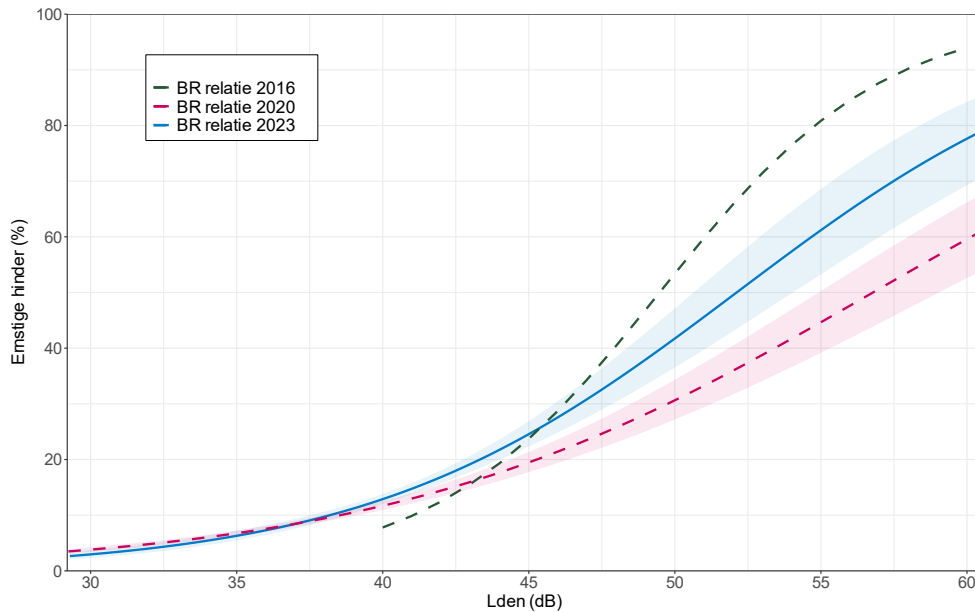
4.5 Vergelijking met BR-relaties op basis van gezondheidsmonitor

Naast de BR-relaties op basis van het GGD-Belevingsonderzoek zijn er ook eerder BR-relaties opgesteld op basis van de Gezondheidsmonitor Volwassenen en Ouderen uit 2016 en 2020 (Van Poll *et al.*, 2023). De Gezondheidsmonitor is een landelijk vragenlijstonderzoek met als doel het monitoren van de gezondheid, het welzijn en de leefstijl van de Nederlandse bevolking (CBS, 2016). De vragenlijst bevat standaardvragen voor het meten van geluidhinder van vliegbewegingen maar de monitor gaat niet specifiek over de impact van geluid van vliegverkeer op de gezondheid. Ook zijn de BR-relaties van de GM gebaseerd op een ander studiegebied dan dat binnen het belevingsonderzoek (zie **Figuur B4**).

In **Figuur 14** worden de BR-relaties gebaseerd op de Gezondheidsmonitor 2016 en 2020 vergeleken met de BR-relatie uit het huidige belevingsonderzoek. Voor geluidswaarden lager dan 40 dB komt de 2023 BR-relatie sterk overeen met de BR-relatie van 2020. Bij hogere waarden voorspelt de 2023 BR-relatie aanzienlijk meer ernstige hinder dan de 2020 BR-relatie. De 2016-curve kan pas worden toegepast vanaf 40 dB, en voorspelt minder ernstige hinder bij geluidswaarden onder de 45 dB dan de 2023-curve. Bij hogere geluidswaarden wordt juist meer ernstige hinder voorspeld door de 2016 BR-relatie. Er zijn geen betrouwbaarheidsintervallen beschikbaar van de 2016-BR-relatie, waardoor het niet mogelijk is een duidelijk vergelijking tussen de curves te maken.

De BR-relatie op basis van de Gezondheidsmonitor van 2020 wijkt erg af van eerdere opgestelde BR-relaties voor Eindhoven Airport. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de effecten van het COVID-19-pandemie op de luchtvaart (minder vliegbewegingen, relatief meer militaire vluchtbewegingen) en de ervaren hinder, zoals besproken in de bijbehorende RIVM-rapportage (Van Poll *et al.*, 2023). Ook wordt in de GM niet in de context van effecten van vliegverkeer gevraagd. Dit is wel het geval binnen het GGD-belevingsonderzoek.

In 2026 zullen nieuwe BR-relaties voor ernstige hinder van vliegverkeer worden opgesteld op basis van de uitkomsten van de Gezondheidsmonitor 2024. Hierbij zal ook een specifieke BR-relatie voor Eindhoven Airport gemaakt worden.



Figuur 14 De BR-relaties voor ernstige hinder door vliegverkeer en de geluidsbelasting van het totale vliegverkeer (L_{den}), gebaseerd op de gezondheidsmonitor van 2016, 2020 (gestreepte lijnen) en het belevingsonderzoek van 2023 (doorgetrokken lijn). De gekleurde vlakken rondom de lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de relaties weer. Voor de BR-relatie van 2016 is destijds geen betrouwbaarheidsinterval gerapporteerd en deze kan daarom niet getoond worden. Ook is er in 2016 pas gerekend met waarden vanaf 40 dB.

4.6 Conclusies

- Er zijn duidelijke BR-relatie op te stellen tussen ernstige hinder van vliegverkeer en de geluidsbelasting, gemeten in L_{den} en de Kosten-eenheid. De BR-relaties op basis van een continue en categorische blootstelling komen grotendeels overeen, en het gebruik van de continue BR-relatie aan de hand van de bijbehorende formule heeft in deze situatie de voorkeur.
- De nachtelijke geluidsbelasting L_{night} van deelnemers binnen het studiegebied is laag, ongeveer 10 procent van de deelnemers heeft een blootstelling >20 dB L_{night} . Pas bij waarden vanaf 20 dB is er een duidelijk blootstelling-response-effect te zien tussen L_{night} en ernstige slaapprostoring. Dit effect is duidelijk zichtbaar binnen BR-relaties op basis van een categorische blootstelling, maar minder duidelijk binnen BR-relaties die gebaseerd zijn op continue blootstellingen. Voor het inschatten van de hoeveelheid ernstige slaapprostoring op basis van L_{night} is daarom het advies om de categorische BR-relatie toe te passen, omdat de continue BR-relatie tot een onderschatting kan leiden van het aantal slaapprostoringen bij L_{night} waarden van > 20 dB. De onzekerheid is hier wel groter gezien het lage aantal deelnemers waarop deze voorspelling gebaseerd zijn.
- De BR-relaties uitgesplitst naar militair en civiel vliegverkeer verschillen van elkaar. Bij gelijke geluidsbelasting, binnen de range van 25-40 dB L_{den} en 0-35 dB L_{night} , voorspelt de militaire

BR-relatie meer ernstige hinder/slaapverstoring dan de civiele BR-relatie bij gelijke L_{den}/L_{night} -waardes.

- Ondanks verschillen in de tijd en onderzoeksopzet komt de BR-relatie voor ernstige hinder door totaal vliegverkeer uit het huidige 2023 GGD-Belevingsonderzoek redelijk overeen met de BR-relatie op basis van het GGD-Belevingsonderzoek uit 2014. Alleen binnen de ranges van 35-40 dB en 47-52 dB wijken de BR-relaties met 95 procent zekerheid van elkaar af. Bij inwoners van het studiegebied met een blootstelling van 35-40 dB (34% van de studie populatie) is er meer ernstige hinder te verwachten volgens de 2023 BR-relatie t.o.v. de 2014 BR-relatie. Bij blootstellingen van 47-52 dB (10% van de studie populatie) verwacht de 2023 BR-relatie juist minder ernstige hinder.
- Er zijn grotere verschillen tussen de BR-relatie uit het huidige onderzoek en de BR-relaties op basis van de gezondheidsmonitor uit 2016 en 2020. Dit is verklaarbaar door de verschillen in opzet tussen het GGD-belevingsonderzoek en de gezondheidsmonitor. In 2026 zullen er nieuwe BR-relaties voor onder andere Eindhoven Airport worden opgesteld gebaseerd op de gezondheidsmonitor 2024.

Literatuur

Van Ballegooij MC., Van Gestel AM., & Blous L., (2024), Beleving leefomgeving rond luchthaven Eindhoven – meting 2023, 2024, GGD Brabant-Zuidoost

Van Ballegooij-Gevers & Van Gestel AM., (2019), Beleving Leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven. Vierde meting, 2018, GGD Brabant-Zuidoost.

Van Ballegooij-Gevers MC. & Van Gestel AM., (2012), Beleving Leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven. Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid, GGD'en Brabant/Zeeland.

Van Ballegooij-Gevers MC. & Van Gestel AM., (2015), Beleving Leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven. Tweede Meting 2014. Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid, GGD'en Brabant/Zeeland

Breugelmans O., Houthuijs D. & Van Kempen E., (2019), Geluidhinder rond Nederlandse luchthavens Monitoring, enquêtes en blootstelling-responsrelaties, RIVM-rapport 2019-0110.

Breugelmans O., Houthuijs D., Veerbeek H. & Van Poll R., (2015), Relatie vliegverkeergeluid en geluidhinder rondom vliegveld Eindhoven: Blootstelling-responsrelatie, RIVM-rapport 2015-0118

CBS, GGD-en, RIVM (diverse data). Gezondheidsmonitor Volwassenen en Ouderen, 2016; 2020.

Del Giudice M., (2019), All About AI, https://marcodg.net/wp-content/uploads/2020/06/all_about_aic_v5.pdf

Van Gestel AM. & Van Duijnhoven MJM., (2017), Beleving leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven derde meting 2016. GGD Brabant-Zuidoost

Hoekerswever B. & Lemstra D., (2024), De geluidbelasting rondom de militaire Eindhoven Airport voor het jaar 2023, NLR.

Hogenhuis RH., Heblj SJ. & Veerbeek HW., (2021), Berekening vliegtuiggeluid 2020 rond civiele en militaire luchthavens. Berekeningen in het kader van de programmatische aanpak meten vliegtuiggeluid, NLR-CR-2021-13.

ISO, (2003), Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.

ISO, (2021), Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.

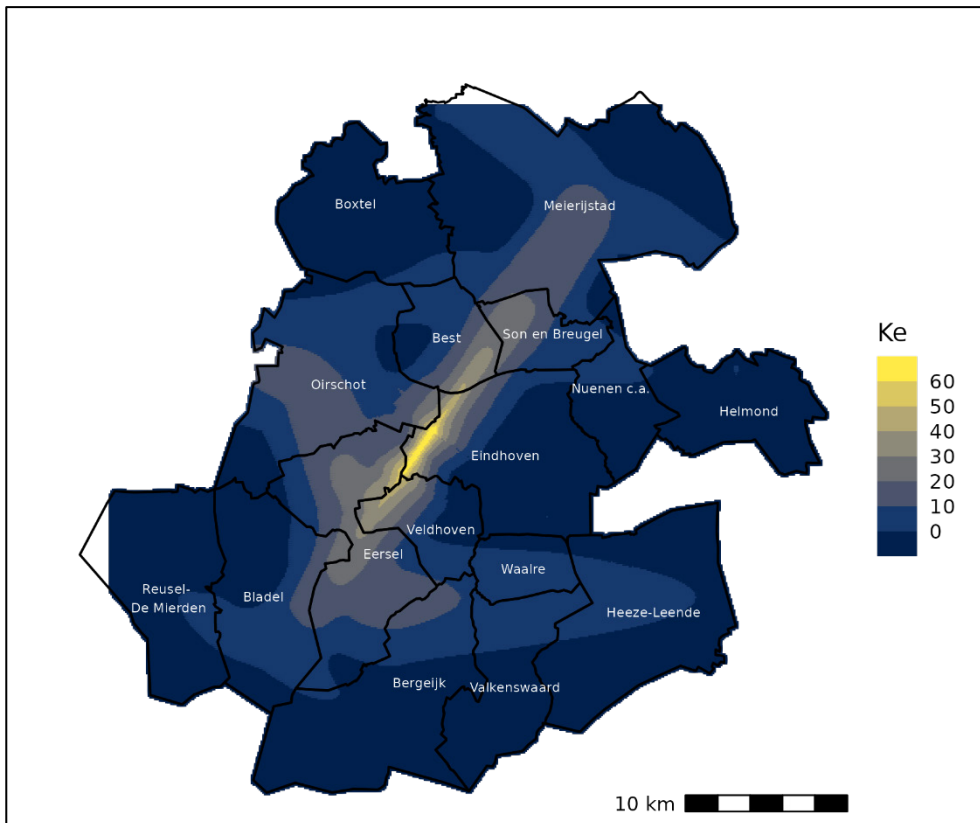
Lumley T., (2024), Survey: analysis of complex survey samples, R package version 4.4.

Van Poll R., Reedijk M., Hoekstra J., Swart W., Van de Kastele J. & Houthuijs D., (2023), Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020, RIVM.

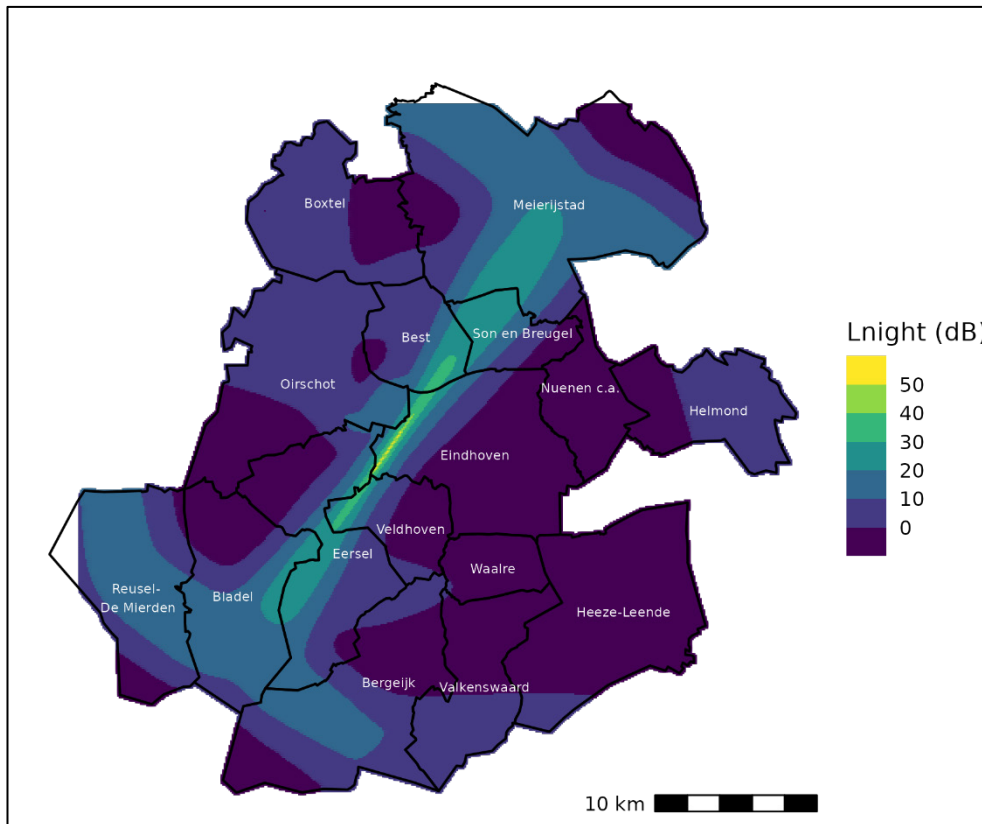
R Core Team, (2024), R: A Language and Environment for Statistical Computing

World Health Organization (2011), Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe.

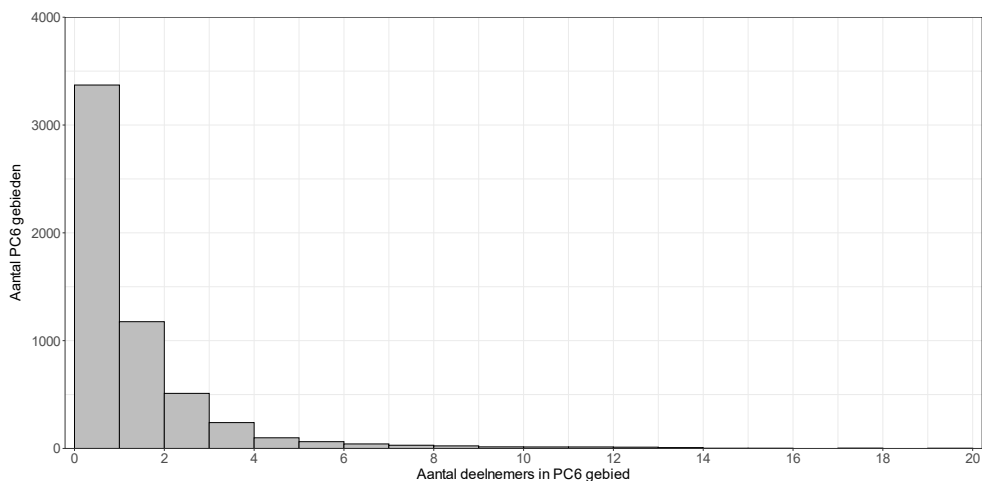
Bijlage 1 Extra Figuren



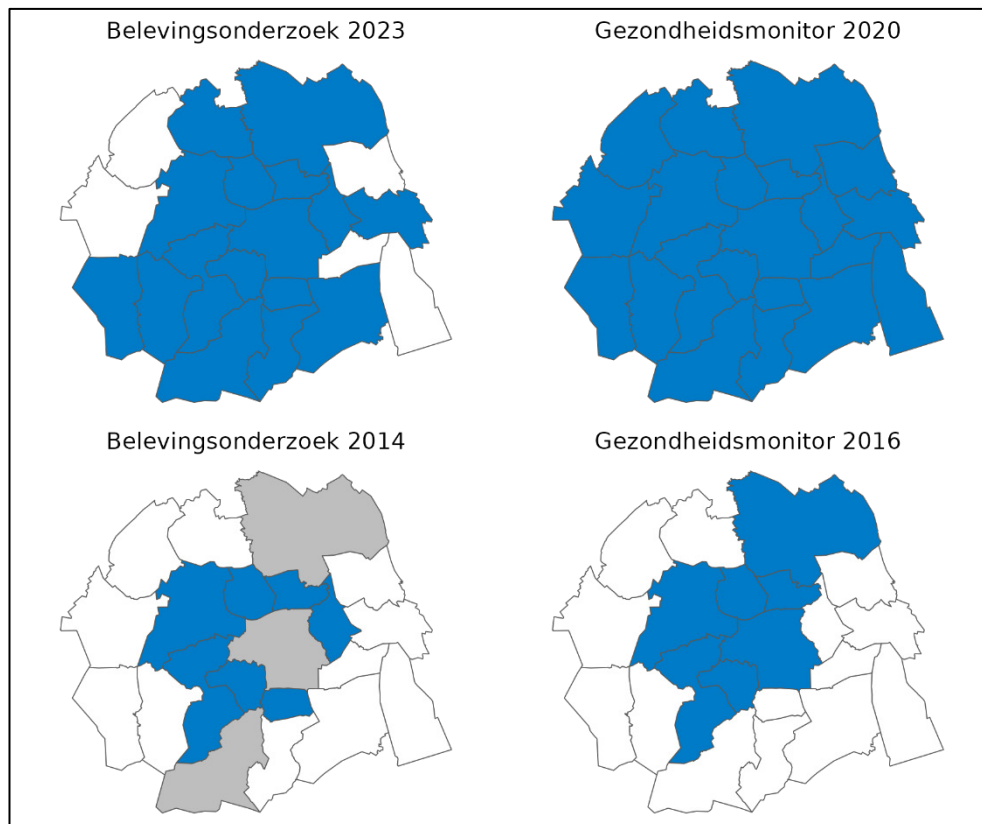
Figuur B1 De zestien gemeentes binnen het NLR-rekengebied met de Kosteneenheid-waardes voor het totale vliegverkeer. De geluidswaardes zijn berekend op een detail-niveau van 100 bij 100 meter. Gedeeltes van de gemeentes Reusel-De Mierden en Meierijstad vielen buiten het rekengebied.



Figuur B2 De zestien gemeentes binnen het NLR-rekengebied met de L_{night} -waarden voor het totale vliegverkeer. De geluidswaarden zijn berekend op een detail-niveau van 100 bij 100 meter. Gedeeltes van de gemeentes Reusel-De Mierden en Meierijstad vielen buiten het rekengebied.



Figuur B3 Het aantal deelnemers aan het GGD-Belevingsonderzoek ($n = 10.938$) per uniek PC6-gebied ($n = 5.623$) binnen het studiegebied.



Figuur B4 Overzicht van de verschillen in het studiegebied voor het opstellen voor BR-relaties rondom Eindhoven Airport in 2023, 2020, 2016 en 2014. De deelnemende gemeentes zijn weergegeven in blauw. In het belevingsonderzoek 2014 is slechts een gedeelte van de huidige gemeentes Bergeijk, Eindhoven en Meierijstad meegenomen (aangegeven in grijs).

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

november 2024

De zorg voor morgen
begint vandaag