Beantwoording vragen met betrekking tot de motie Eijsink

Opgesteld op verzoek van

Stuurgroep Uitvoering Motie Eijsink

NLR-CR-2015-186 - Februari 2016

Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
Nederland
Tel 088 511 31 13
www.nlr.nl

MANAGEMENTSAMENVATTING

Beantwoording vragen met betrekking tot de motie Eijsink

Probleemstelling

Tweede Kamerlid mevrouw Eijsink diende op 6 november 2013 een motie in omdat de omwonenden van de vliegbases Leeuwarden en Volkel onvoldoende duidelijkheid hadden over de hoeveelheid geluid die de F-35 produceert. De motie verzocht de regering onder andere om de geluidcontouren van de vliegbases te monitoren met een geluidmeetnet.

Het Ministerie van Defensie heeft de lokale overheden en omwonenden betrokken bij de uitvoering van de motie. Hiervoor is de stuurgroep uitvoering motie Eijsink opgericht. De stuurgroep wil, voordat het advies uitbrengt over de invulling van het meetnet, eerst meer inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van zowel meten als berekenen van vliegtuiggeluid. De stuurgroep heeft daarom een aantal onderzoeksvragen opgesteld en aan het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) gevraagd deze onafhankelijk van elkaar te beantwoorden. In dit rapport beantwoordt het NLR deze onderzoeksvragen.

Beschrijving van de werkzaamheden

Op basis van de informatie uit dit rapport zijn de volgende twee hoofdvragen van stuurgroep beantwoord:

1. Hoe kan een doorlopend door metingen onderbouwd monitoringprogramma worden opgezet waarmee de geluidbelasting in beeld wordt gebracht en gevalideerd?

2. Hoe kunnen omwonenden via monitoring helder worden geïnformeerd over de geluidbelasting in de omgeving van de bases Leeuwarden en Volkel?

Rapportnummer
NLR-CR-2015-186

Auteur(s)
R.H. Hogenhuis
M.P.G. van Miltenburg
S.J. Heblij

Rubricering rapport
ONGERUBRICEERD

Datum
Februari 2016

Kennisgebied(en)
Vliegtuiggeluidseffecten op de omgeving

Trefwoord(en)
geluidmeetnet
Eijsink
F-35

Dit rapport is geschreven voor een breed publiek zonder specialistische kennis van het meten en berekenen van vliegtuiggeluid. Daarnaast verstrekt dit rapport informatie over geluid in het algemeen en geluid van vliegtuigen in het bijzonder.

Om de vragen te kunnen beantwoorden gaat het rapport in op zowel het berekenen als het meten van vliegtuiggeluid. Voor beide wordt aandacht besteed aan de toepassingen en de beperkingen. Ook worden de verschillen tussen meten en rekenen in kaart gebracht en wordt stilgestaan bij de mogelijkheden om meten en rekenen te combineren.

Bij de beantwoording van de vragen is ook onderzoek gedaan naar bestaande meetnetten, zowel nationaal als internationaal. Zes van deze meetnetten staan in dit rapport beschreven. Het gaat hierbij om meetnetten van de van vliegbases Geilenkirchen en Williamtown en van de luchthavens Schiphol, Eindhoven, Vancouver International en Heathrow. Naast de belangrijkste kenmerken komen ook de doelen van deze netten aan bod. Vervolgens wordt beschreven welke invloed de eigenschappen van een meetnet hebben op de kosten van het meetnet.

Op basis van de voorgaande informatie worden uiteindelijk twee mogelijke invullingen gegeven voor een meetnet. Deze voorstellen dienen als voorbeeld van hoe een meetnet voor Volkel en Leeuwarden er uiteindelijk uit zou kunnen zien. De eerste invulling is hierbij gericht op de informatievoorziening richting omwonenden. De tweede invulling heeft een ander doel, namelijk meetresultaten genereren die geschikt zijn voor verschillende analyses. Hierbij gaat het zowel om het analyseren van piekniveaus als om een controle van invoergegevens voor geluidberekeningen. Bij het realiseren van een meetnet is het van belang om vooraf te bepalen of een meetnet toegevoegde waarde heeft naast reeds beschikbare informatie, zoals jaarberekeningen.

Resultaten en conclusies

Met deze informatie over geluidsmeetnetten en de wensen voor een geluidsmeetnet van de stuurgroep in het achterhoofd, kunnen de vragen van de stuurgroep worden beantwoord.

Antwoord op hoofdvraag 1, *hoe kan een doorlopend door metingen onderbouwd monitoringprogramma worden opgezet waarmee de geluidbelasting in beeld wordt gebracht en gevalideerd?* Met behulp van een meetnet kunnen de geluidniveaus van individuele vliegbewegingen worden gemeten. Deze geluidniveaus kunnen bij elkaar worden opgeteld om de geluidbelasting ten gevolge van vliegverkeer over een langere periode op een meetpunt te bepalen. Deze resultaten kunnen vervolgens gebruikt worden om een trendvalidatie uit te voeren voor dat specifieke meetpunt. Dit wil zeggen dat trends in gemeten en berekende geluidbelasting worden vergeleken.

Antwoord op hoofdvraag 2, *hoe kunnen omwonenden via monitoring helder worden geïnformeerd over de geluidbelasting in de omgeving van de bases Leeuwarden en Volkel?* Omwonenden kunnen op meerdere manieren worden geïnformeerd over de resultaten van geluidmetingen, door het beschikbaar maken van meetgegevens van vliegverkeer via een website of het maken van rapportages. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld ook historische meetgegevens en achtergrondinformatie over de metingen gegeven worden, zoals aantallen gemeten vliegbewegingen en tijdstippen waarop is gemeten.

Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
Anthony Fokkerweg 2, 1059 CM Amsterdam,
Postbus 90502, 1006 BM Amsterdam, Nederland
Telefoon 088 511 31 13, Fax 088 511 32 10, www.nlr.nl

Beantwoording vragen met betrekking tot de motie Eijsink

R.H. Hogenhuis, M.P.G. van Miltenburg en S.J. Heblij

Opgesteld op verzoek van

Stuurgroep Uitvoering Motie Eijsink

Februari 2016

Beantwoording vragen met betrekking tot de motie Eijsink

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar.

Opgesteld op verzoek van	Stuurgroep Uitvoering Motie Eijsink
Contractnummer	001-15-1011-01
Eigenaar	Stuurgroep Uitvoering Motie Eijsink
NLR Divisie	Air Transport
Verspreiding	Beperkt
Rubricering titel	Ongerubriceerd
Datum	Februari 2016

Goedgekeurd door:

Auteur	Reviewer	Beherende afdeling
R.H. Hogenhuis	T.A. van Veen	A.D.J. Rutten
Datum: 05 februari 2016	Datum: 05 februari 2016	Datum: 05 februari 2016

Inhoud

Afkortingen 5

1 Inleiding 7

1.1 Probleemstelling (motie) 7

1.2 Onderzoeksvragen 8

1.3 Leeswijzer 10

2 Achtergrondinformatie 11

2.1 Geluid, geluidniveaus en geluidbelasting 11

2.1.1 Geluid en de decibel 11

2.1.2 Het menselijk gehoor en de A-weging 11

2.1.3 Het verschil tussen geluidniveaus en geluidbelasting 12

2.2 Geluidmaten 13

2.2.1 Geluidmaten voor een afzonderlijke vliegbeweging 13

2.2.2 Geluidmaten voor meerdere vliegbewegingen 14

2.3 Milieukaders en regelgeving 17

2.4 Geluidhinder 19

3 Meten en berekenen 23

3.1 Hoe werken meten en rekenen 23

3.1.1 Uitvoering van metingen 23

3.1.2 Uitvoering van berekeningen 24

3.1.3 Oorzaken van verschillen tussen meten en berekenen 26

3.2 Alleen meten 27

3.2.1 Toepassingen van metingen 27

3.2.2 Beperkingen van metingen 31

3.3 Alleen berekenen 35

3.3.1 Toepassingen van berekeningen 35

3.3.2 Beperkingen van berekeningen 36

3.4 Combinaties meten en rekenen 37

3.4.1 Gebruik van meten en rekenen naast elkaar 37

3.4.2 Gekalibreerd rekenen 37

3.4.3 Trendvalidatie 39

4 Voorbeelden van bestaande meetnetten 41

4.1 Vliegbasis Geilenkirchen 42
4.2 Schiphol 43
4.3 Vancouver International Airport 44
4.4 Luchthaven Eindhoven 45
4.5 Royal Australian Air Force Base Williamtown 46
4.6 Heathrow 47

5 Specificaties en kosten van meetnetten 48
5.1 Aantal en eigendom van de meetposten 48
5.2 Aard van de meetlocatie 50
5.2.1 Beveiliging en veiligheid 50
5.2.2 Stroomvoorziening en dataverbinding 51
5.2.3 Eigendom locatie 51
5.3 Kwaliteit meetapparatuur 51
5.4 Benodigde gegevens, dataverwerking en informatievoorziening 52
5.5 Samenvatting kostenbepalende elementen 53
5.6 Indicatie van kosten van meetnetten 55
5.7 Mogelijke invulling voor meetnet Leeuwarden en Volkel 57

6 Beantwoording onderzoeksvragen en aanbevelingen 62
6.1 Antwoorden op de vragen 62
6.1.1 Hoofdvraag 1 62
6.1.2 Hoofdvraag 2 65
6.1.3 Hoofdvraag 3 68
6.2 Aanbevelingen 68

Referenties 71

Index 74

Appendix A Motie Eijsink 75

Afkortingen

Afkorting	Omschrijving
ANOMS	Airport Noise and Operation Monitoring System
B&K	Brüel & Kjær
BML	Besluit Militaire Luchthavens
dB	Decibel
dB(A)	A-gewogen decibel
COVM	Commissie Overleg Voorlichting Milieuhygiëne
EU	Europese Unie
F- 35	Lockheed Martin F-35 Lightning II (jachtvliegtuig)
GRHS	Gemiddelde Relatieve Hinderscore
Hz	Hertz
ISO	International Organization for Standardization
Ke	Kosteneenheid
L	Geluidniveau of Geluidbelasting
L_A	A-gewogen geluidniveau
L_{Amax}	Maximaal A-gewogen geluidniveau of piekniveau
L_{AE}	Equivalent geluidniveau, verwijst in de meeste gevallen naar SEL niveau
L_{Aeq}	Equivalente geluidbelasting
L_{den}	Day-Evening-Night equivalente geluidbelasting
MLA	Militaire Luchtvaart Autoriteit
NA_X	Number Above; het aantal keren dat een piekwaarde boven een geluidniveau van X dB(A) ligt
NFPMS	Noise and Flight Path Monitoring System
NLR	Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
NOMOS	Noise Monitoring System
NRM	Nederlands Rekenmodel
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SEL	Sound Exposure Level
SPL	Sound Pressure Level
TA_X	Time Above; de tijd gedurende welke het geluidniveau boven de X dB(A) ligt

Deze pagina is opzettelijk blanco.

1 Inleiding

In september 2013 verscheen de nota *in het belang van Nederland* (ref. 1) waarmee het kabinet koos voor de Lockheed Martin F-35A Lightning II (F-35) als opvolger van de F-16 jachtvliegtuigen voor de Nederlandse krijgsmacht. De F-35's worden gestationeerd op de vliegbases Leeuwarden en Volkel. Het is voor de omwonenden van de vliegbases onduidelijk hoeveel geluid de F-35 gaat maken. De omwonenden, vertegenwoordigd door de Stuurgroep uitvoering motie Eijsink (kortweg stuurgroep), willen daarom weten of een geluidmeetnet hier inzicht in geeft.

1.1 Probleemstelling (motie)

Tweede Kamerlid mevrouw Eijsink diende op 6 november 2013 een motie in (zie Appendix A, ref. 2) omdat de omwonenden van de vliegbases Leeuwarden en Volkel onvoldoende duidelijkheid hebben over de hoeveelheid geluid die de F-35 produceert. De motie verzoekt de regering onder andere om de geluidcontouren van de vliegbases te monitoren met een meetnet.

De motie ontving Kamerbrede steun en in haar reactie gaf de minister van Defensie aan positief te staan tegenover de motie. Voor de minister is het uitgangspunt "de omwonenden zo goed mogelijk te bedienen" (ref. 3). Daarom heeft het Ministerie van Defensie de lokale overheden en omwonenden betrokken bij de uitvoering van de motie. Hiervoor is de stuurgroep uitvoering motie Eijsink opgericht.

De stuurgroep heeft richting het NLR aangegeven dat ze "een advies wil voorbereiden voor de bestuurders" met betrekking tot de motie, zodat de bestuurders de vraag kunnen beantwoorden hoe omwonenden het beste bediend kunnen worden. Om dit advies op te kunnen stellen, wil de stuurgroep meer inzicht in de mogelijkheden en tekortkomingen van zowel meten als berekenen en in de mogelijkheden om ze eventueel in combinatie met elkaar in te zetten.

De stuurgroep heeft later ook de volgende gewenste doelen van een meetnet geformuleerd voor de vliegbases Leeuwarden en Volkel:

a. Monitoren geluidscontour (betrouwbaarheid rekensysteem verbeteren en waarborgen)
b. Piekniveaus signaleren (monitoren en analyseren)
c. Informatievoorziening aan omwonenden

Deze doelstellingen zijn meegenomen bij het opstellen van dit rapport.

De stuurgroep heeft onderzoeksvragen opgesteld en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) uitgenodigd deze vragen te beantwoorden. Deze beantwoording geschiedt parallel en zonder onderling overleg tussen NLR en RIVM. De opdracht voor het uitvoeren van deze werkzaamheden is gegeven door de stuurgroep. De kosten hiervoor worden verdeeld tussen het Ministerie van Defensie enerzijds en de provincies Friesland en Noord-Brabant anderzijds.

1.2 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen van de stuurgroep zijn in overleg met het RIVM en het NLR vastgesteld, waarbij het doel is te onderzoeken “of, en zo ja hoe, het plaatsen van een geluidmeetnet voor duidelijkheid kan zorgen” over de hoeveelheid geluid die de F-35 zal produceren. De stuurgroep heeft om deze vraag te beantwoorden een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. De definitieve lijst met vragen is door de stuurgroep op 26 maart 2015 naar het NLR verstuurd Deze vragen zijn hieronder weergegeven.

1. In relatie tot monitoren:
Hoe kan een doorlopend door metingen onderbouwd monitoringprogramma worden opgezet waarmee de geluidbelasting in beeld wordt gebracht en gevalideerd?

Onderzoekspunten hierbij zijn:

a. Validatie van de (jaarlijkse) 35 Ke geluidcontour rondom Leeuwarden en Volkel
b. Monitoring door meting (permanent vs. semi-permanent), berekening of combinatie daarvan (hybride)
c. Aan welke specificaties (aantallen meetpunten, meetlocaties, type microfoon, data verwerking, etc.) moet het geluidsmeetnet voldoen?
d. Wat zijn de kosten van een dergelijk geluidsmeetnet?
e. Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee geluidbelasting wordt vastgelegd; hoe wordt er eventueel gehandhaafd aan de hand van nationale wet/regelgeving?

2. In relatie tot informatievoorziening naar de omwonenden:
Hoe kunnen omwonenden via monitoring (zie onderdeel 1) helder worden geïnformeerd over de geluidbelasting in de omgeving van de bases Leeuwarden en Volkel?

Onderzoekspunten hierbij zijn:

a. Hoe kunnen de omwonenden de gerealiseerde meetgegevens/piekwaardes relateren aan hun eigen beleving.
b. Naast het actualiseren van de huidige niveaus, dient ook te worden gekeken naar de invoeringsperiode en het uiteindelijke operationele gebruik van de F-35?
c. Geef aan welke aspecten bij de bases Leeuwarden en Volkel naar verwachting van belang zijn voor de omwonenden.

Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee omwonenden worden geïnformeerd over geluidbelasting en meetresultaten, zoals piekniveaus. Wat wordt in die gevallen gepresenteerd?

3. Geef een algemene beschrijving van de belangrijkste begrippen die aan de orde komen bij het bepalen en monitoren van de geluidscontouren en het beleven van geluid door omwonenden:
bijvoorbeeld geluidhinder, Ke, Lden, SEL, A-weging, maximale geluidniveaus, pieken, gezondheid, etc. (naar keuze als inleiding, of anders daar waar van toepassing in het rapport).

1.3 Leeswijzer

Het doel van dit rapport is de beantwoording van de vragen van de stuurgroep. De antwoorden op deze vragen zijn te vinden in hoofdstuk 6 en kunnen gelezen worden zonder de andere hoofdstukken eerst te lezen. Daar waar een onderzoeksvraag wordt geciteerd is de vraag in een kader met een gesloten lijn geplaatst zodat deze duidelijk herkenbaar is. Bij de beantwoording van de vragen wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken, zodat de lezer gericht kan zoeken naar de achtergrondinformatie die aan het antwoord ten grondslag ligt.

Hoofdstukken en paragrafen uit dit rapport kunnen los gelezen worden, maar om losse onderdelen volledig in de context van het rapport te kunnen plaatsen verdient het aanbeveling om het gehele rapport te lezen. Dit wil ook zeggen dat losse citaten uit dit rapport een verkeerd beeld kunnen geven van de strekking van het rapport.

Dit rapport is geschreven voor een breed publiek, ook voor lezers die geen specialistische kennis bezitten van het meten en berekenen van vliegtuiggeluid. Daarom is in hoofdstuk 2 algemene

informatie opgenomen met betrekking tot (vliegtuig)geluid. Daar waar een nieuw begrip geïntroduceerd wordt in de tekst, volgt in een kader met een stippellijn een toelichting van het betreffende begrip. Op pagina 74 is een index van de begrippen opgenomen met een verwijzing naar de bladzijde waar deze worden toegelicht.

Hoofdstukken 3 tot en met 5 geven de onderbouwing van de antwoorden. Hierbij komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Meten en berekenen van vliegtuiggeluid, inclusief mogelijke combinaties van meten en berekenen (hoofdstuk 3)
- Voorbeelden van bestaande meetnetten voor zowel nationale als internationale luchthavens (hoofdstuk 4)
- Specificaties en kosten van meetnetten (hoofdstuk 5)

De antwoorden op de onderzoeksvragen staan in hoofdstuk 6. Daarnaast geeft dit hoofdstuk een advies over de invulling van de motie Eijsink.

2 Achtergrondinformatie

Dit hoofdstuk bevat algemene informatie met betrekking tot geluid, geluidniveaus en geluidbelasting (paragraaf 2.1), geluidmaten (paragraaf 2.2), milieukaders en regelgeving (paragraaf 2.3) en geluidhinder (paragraaf 2.4).

2.1 Geluid, geluidniveaus en geluidbelasting

In deze paragraaf wordt ingegaan op:

- Geluid en de decibel
- Het menselijk gehoor en de A-weging
- Het verschil tussen geluidniveaus en geluidbelasting

2.1.1 Geluid en de decibel

Geluid: geluid bestaat uit relatief kleine en snelle veranderingen van de luchtdruk.

Vliegtuiggeluid is samengesteld uit een mix van frequenties, van hoog tot laag, met elk een eigen intensiteit. Opgeteld resulteert dit in een geluidniveau (L) dat wordt uitgedrukt in decibel (dB). Het geluidniveau wordt ook wel Sound Pressure Level (SPL) genoemd.

Decibel: maat waarin de hoeveelheid geluid wordt uitgedrukt. De decibel wordt gehanteerd voor verschillende geluidmaten en wordt uitgedrukt in dB of dB(A).

De decibel is een logaritmische maat, waardoor dB-waarden van geluidniveaus van vliegtuigen niet direct bij elkaar kunnen worden opgeteld (twee bronnen van 60 dB geven gezamenlijk geen 120dB). Hieronder volgen enkele rekenvoorbeelden:

- 60 dB + 60 dB = 63.0 dB
- 5 dB x 60 dB = 67.0 dB
- 10 dB x 60 dB = 70.0 dB
- 70 dB - 60 dB = 69.5 dB

2.1.2 Het menselijk gehoor en de A-weging

Het menselijk gehoor is niet voor elke frequentie van het geluid (elke toonhoogte) even gevoelig. Daarom worden de frequenties gewogen om het geluidniveau te bepalen zoals mensen dat waarnemen.

Frequentie: aantal trillingen en/of drukveranderingen dat per seconde optreedt, uitgedrukt in Hertz (Hz). Een toon met snelle drukveranderingen, een hoge frequentie, resulteert in een hoge toon.

Er zijn meerdere vormen van weging; de zogeheten A-weging wordt in de praktijk het meest gebruikt voor vliegtuiggeluid.

A-weging: een weging waarbij de frequenties waarvoor het menselijk gehoor minder gevoelig is, minder zwaar worden meegewogen dan de frequenties waarvoor het menselijk gehoor wel gevoelig is. A-gewogen geluid wordt aangeduid met dB(A) en wordt in de praktijk toegepast bij het meten en berekenen van vliegtuiggeluid.

Het A-gewogen geluidniveau (L_A) wordt uitgedrukt in 'A-gewogen decibel', of dB(A). Hierbij worden de frequenties waarvoor het menselijk gehoor minder gevoelig is minder zwaar meegewogen dan de frequenties waarvoor het menselijk gehoor wel gevoelig is. Een A-gewogen geluidniveau zal door de aard van het vliegtuiggeluid, doorgaans lager zijn dan een ongewogen geluidniveau.

2.1.3 Het verschil tussen geluidniveaus en geluidbelasting

De hoeveelheid vliegtuiggeluid kan afhankelijk van de hoeveelheid vliegbewegingen op verschillende manieren worden uitgedrukt:

1. Voor elke vliegbeweging afzonderlijk. Het geluid van individuele vliegbewegingen wordt geluidniveau genoemd.
2. Voor alle vliegbewegingen samen. Het geluid van meerdere vliegbewegingen samen wordt geluidbelasting genoemd.

Een vliegbeweging betekent hier één start of één landing.

Geluidniveau: de hoeveelheid geluid geproduceerd door één vliegbeweging op een specifieke locatie.

Geluidbelasting: de hoeveelheid geluid geproduceerd door meerdere vliegbewegingen over een langere periode (bijvoorbeeld een jaar) op een specifieke locatie.

2.2 Geluidmaten

Een geluidmaat drukt de hoeveelheid geluid uit. Er bestaan geluidmaten voor geluidniveaus (paragraaf 2.2.1) en geluidbelasting (paragraaf 2.2.2).

2.2.1 Geluidmaten voor een afzonderlijke vliegbeweging

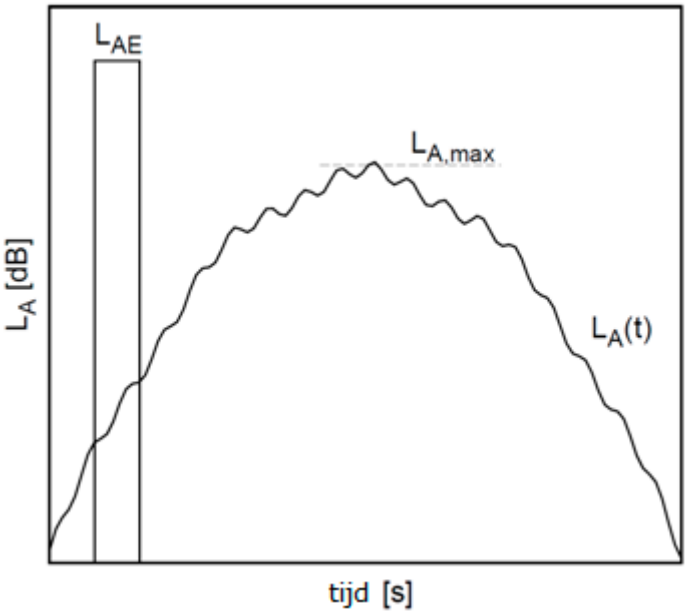
Tijdens een vliegtuigpassage zal het geluidniveau, en ook het A-gewogen geluidniveau eerst toenemen, een maximaal of piekniveau bereiken (L_{Amax}) en vervolgens afnemen. Dit is grafisch weergegeven in Figuur 1, waarin het geluidniveau (L_A) is uitgezet tegen de tijd. De verschillende geluidniveaus die gedurende de gehele duur van de passage worden geproduceerd, kunnen worden opgeteld. Vervolgens kan de gemiddelde hoeveelheid geluid over een bepaalde periode bepaald worden. Deze maat voor geluid wordt het equivalente geluidniveau (L_{AE}) genoemd.

Piekniveau: het hoogste geluidniveau dat wordt geproduceerd gedurende de passage van een vliegtuig op een specifieke locatie. Het piekniveau (ook wel L_{Amax} genoemd) wordt uitgedrukt in dB(A).

Het equivalente geluidniveau van een vliegtuigpassage over een periode van één seconde wordt het 'Sound Exposure Level' (SEL) genoemd.

Sound Exposure Level (SEL): alle geluidenergie die tijdens één vliegtuigpassage wordt geproduceerd, genormaliseerd naar een periode van één seconde wordt SEL genoemd. Dit wil zeggen dat de SEL het geluidniveau is dat, als de vliegtuigpassage slechts één seconde zou duren, dezelfde hoeveelheid geluidenergie zou produceren als de gehele beschouwde vliegtuigpassage.

Een A-gewogen SEL is gelijk aan de L_{AE} als de L_{AE} voor een periode van één seconde wordt bepaald (zie Figuur 1).



Figuur 1: Verschillende geluidmaten tijdens een vliegtuigpassage

Zowel piekniveaus als SEL waarden kunnen worden berekend en gemeten. Als ze gemeten worden, kunnen de uitkomsten van de metingen onderling verschillen ten gevolge van het gebruik, de specificaties en de nauwkeurigheid van de meetapparatuur. Indien resultaten van verschillende metingen worden vergeleken is het dus van belang om te controleren of de betreffende resultaten zoveel mogelijk op dezelfde wijze zijn bepaald. Voor het meten van vliegtuiggeluid bestaan meetstandaarden waarin wordt beschreven hoe de geluidsmetingen op een goede manier uitgevoerd kunnen worden, zoals referenties 4 en 21.

2.2.2 Geluidmaten voor meerdere vliegbewegingen

De geluidbelasting is de totale geluidproductie van meerdere vliegbewegingen. De geluidniveaus van alle individuele vliegbewegingen worden hiervoor bij elkaar opgeteld. Hierbij kan rekening gehouden worden met:

- Het geluidniveau van elke individuele vliegbeweging
- Het aantal vliegbewegingen gedurende een periode
- Het tijdstip van de vliegbewegingen

Hieronder staan enkele voorbeelden van geluidmaten voor de geluidbelasting van luchtvaart:

1. Kosteneenheden
2. L_{den} en L_{Aeq}
3. alternatieve geluidmaten (*number above* en *time above*)

Kosteneenheden

De geluidmaat Kosteneenheden (Ke) voor de geluidsbelasting is gebaseerd op het vliegverkeer gedurende een jaar op een specifieke locatie voor de situatie buitenshuis.

Kosteneenheid (Ke): maat waarin in Nederland de geluidbelasting wordt uitgedrukt rondom Nederlandse militaire velden en vliegbasis Geilenkirchen. Hierbij gaat het om de geluidproductie ten gevolge van het totaal aan vliegbewegingen gedurende een jaar. De Ke wordt bepaald door piekniveaus van afzonderlijke vliegbewegingen op te tellen, waarbij een nachtstraffactor wordt toegekend aan bewegingen gedurende de avond en de nacht, waardoor deze bewegingen zwaarder meewegen.

Nachtstraffactor: een wegingsfactor die ervoor zorgt dat vliegbewegingen gedurende de avond en nacht zwaarder meetellen bij het bepalen van de geluidbelasting.

Tabel 1 toont nachtstraffactoren die hierbij worden gehanteerd.

Tabel 1: Overzicht Ke nachtstraffactoren

Tijd	Nachtstraffactor
0800 tot 1800	1
1800 tot 1900	2
1900 tot 2000	3
2000 tot 2100	4
2100 tot 2200	6
2200 tot 2300	8
2300 tot 0600	10
0600 tot 0700	8
0700 tot 0800	4

Een berekening van de geluidbelasting uitgedrukt in Ke wordt gedaan volgens referentie 5 voor Volkel en volgens referentie 6 voor Leeuwarden. De Ke wordt in Nederland gebruikt bij de handhaving van luchtvaartgebonden geluid rondom militaire bases en bij de zonebewaking voor geluid aan de Nederlandse zijde van de grens bij vliegbasis Geilenkirchen. Daarnaast worden de eisen voor geluidsisolatie rondom militaire velden bepaald door de geluidsbelasting in Ke.

L_{den} (Day-Evening-Night Level) en L_{Aeq} (equivalente geluidbelasting)

De L_{den} is een andere geluidmaat voor de geluidbelasting buitenshuis waarin, voor een willekeurige periode, op een specifieke locatie.

Tabel 2 toont de drie tijdsblokken waarin verschillende nachtstraffactoren worden toegepast bij het bepalen van de L_{den}.

L_{den}: day-evening-night level; maat waarin de geluidbelasting wordt uitgedrukt rondom civiele Nederlandse vliegvelden. Hierbij gaat het om de geluidproductie ten gevolge van het totaal aan vliegbewegingen gedurende een langere periode (doorgaans een jaar). De totale hoeveelheid geluid wordt gedeeld door de tijdsduur van de te onderzoeken periode, waardoor een gemiddelde waarde wordt bepaald. Vliegbewegingen in de avond en de nacht tellen hierbij zwaarder mee.

Tabel 2: Overzicht L_{den} nachtstraffactoren

Tijd	Nachtstraffactor
0700 tot 1900	1
1900 tot 2300	3.16
2300 tot 0700	10

Net als bij de Ke wordt bij het bepalen van de L_{den} geluidbelasting meestal een periode van een jaar gebruikt. Als geen nachtstraffactoren worden toegepast, spreekt men van de equivalente geluidbelasting (L_{Aeq}). De L_{den} wordt in Nederland gebruikt bij de handhaving rondom civiele vliegvelden en wordt voor Schiphol bepaald volgens referentie 7.

Alternatieve geluidmaten

Naast de bovengenoemde maten, bestaan nog andere geluidmaten waarin de geluidproductie van meerdere vliegbewegingen kan worden uitgedrukt, zoals:

- Number Above (NA); dit is een maat voor het aantal vliegbewegingen dat een bepaald geluidniveau overschrijdt, gedurende een bepaalde periode, bijvoorbeeld per dag. Zo is de NA_{60} een maat voor het aantal vliegbewegingen dat een geluidniveau van minimaal 60 dB(A) produceert.
- Time Above (TA); dit is een maat voor de tijd dat een bepaald geluidniveau wordt overschreden, gedurende een bepaalde periode, bijvoorbeeld per dag. Zo is de TA_{60} een maat voor de tijd dat het geluidniveau op een bepaalde locatie minimaal 60 dB(A) bedraagt.

Deze maten worden in Nederland niet toegepast voor handhaving, maar kunnen wel gebruikt worden voor informatievoorziening (zie paragraaf 3.2.1).

2.3 Milieukaders en regelgeving

Voor luchtvaartgebonden geluid bestaan verschillende milieukaders en regelgeving voor burger- en militaire vliegvelden. Omdat de motie Eijsink betrekking heeft op luchtvaartgebonden geluid rondom de vliegbases Leeuwarden en Volkel, is deze paragraaf beperkt tot milieukaders en regelgeving voor militaire velden met betrekking tot luchtvaartgebonden geluid.

Luchtvaartgebonden geluid: geluid dat wordt geproduceerd door vliegtuigen tijdens de vlucht. Hierbij wordt het geluid op de baan tijdens de start en landing meegenomen, maar geluid ten gevolge van het proefdraaien van motoren niet.

De handhaving van luchtvaartgebonden geluid rondom militaire vliegvelden in Nederland is gebaseerd op berekeningen van de geluidbelasting uitgedrukt in Kosteneenheden. De berekeningen worden uitgevoerd volgens referentie 5 (voor Volkel) en referentie 6 (voor Leeuwarden). In deze berekeningsvoorschriften staan regels over de wijze van berekenen van de geluidbelasting door landende en opstijgende vliegtuigen.

Bij de berekening van de geluidbelasting wordt onder andere gebruik gemaakt van geluidtabellen.

Geluidtabel: een tabel die het geluidniveau van een bepaald vliegtuigtype geeft, als functie van de stuwkracht en de afstand tussen een vliegtuig en de ontvanger. De getallen in de tabel worden op basis van metingen bepaald. Dergelijke tabellen worden gebruikt als invoer voor een geluidberekening waarmee de geluidproductie van vliegtuigen wordt gemodelleerd.

Deze berekeningen worden uitgevoerd voor een grid met duizenden punten rondom elke basis, de zogenaamde rekenpunten. Er is in het voorschrift een formule opgenomen die de geluidbelasting in een rekenpunt bepaalt, gegeven de aantallen vliegtuigpassages in één jaar, het maximale geluidniveau in het rekenpunt tijdens iedere vliegtuigpassage en de nachtstraffactor. Deze nachtstraffactor is een weegfactor die afhankelijk is van het tijdstip waarop de vliegtuigpassage plaats heeft gevonden. Op basis van de berekende geluidbelasting in een grid kunnen vervolgens geluidcontouren worden bepaald.

Geluidcontour: een contourlijn verbindt punten met een gelijke geluidbelasting (of geluidniveau). Binnen de contourlijn heeft de geluidbelasting een hogere waarde, daarbuiten is de geluidbelasting lager.

De maximale hoeveelheid luchtvaartgebonden geluid rondom een vliegbasis wordt, over de periode van één jaar, gehandhaafd met behulp van een geluidzone. Deze geluidzone wordt ook wel zonecontour genoemd.

Geluidzone of **zonecontour**: de berekende geluidcontour die hoort bij de grenswaarde van de geluidbelasting van 35 Ke. De geluidzone speelt een rol bij de ruimtelijke ordening en geeft de maximaal toegestane geluidbelasting die in enig jaar mag optreden.

De zoneberekening speelt een rol bij de ruimtelijke ordening rondom vliegbases, zoals bepaald in het Besluit Militaire Luchthavens (BML, ref. 9). Hierbij zijn naast de 35 Ke contour, ook de 40 en 65 Ke contour van belang. Deze contouren hebben op hoofdlijnen de volgende betekenis:

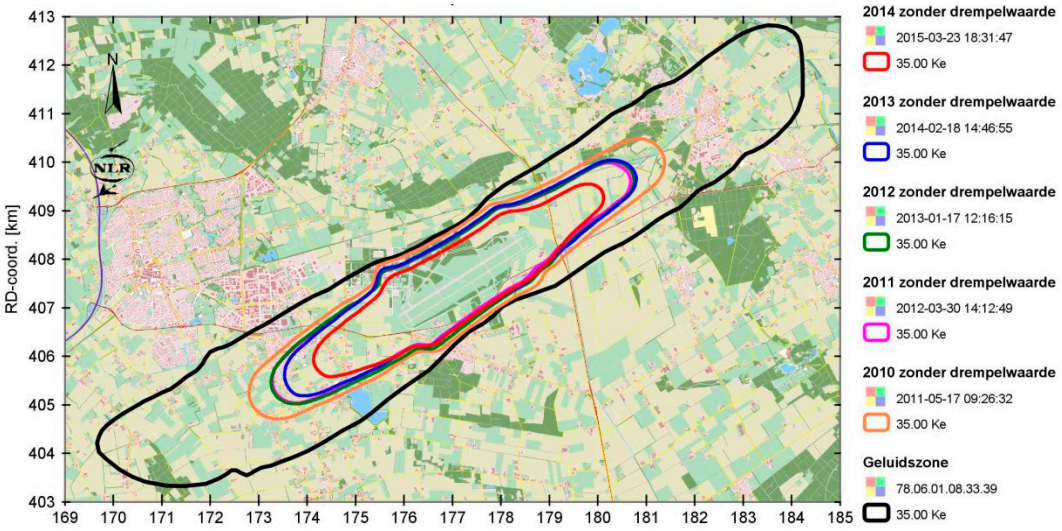
- 35 Ke contour van de zone: binnen deze contour is het bouwen van nieuwe woningen en andere geluidgevoelige gebouwen (gebouw met onderwijs- of gezondheidszorgfunctie) in principe niet toegestaan.
- 40 Ke contour van de zone: binnen deze contour zijn woningen in principe niet toegestaan, tenzij deze woningen voldoende geïsoleerd zijn of worden.
- 65 Ke contour van de zone: in principe is 65 Ke de maximaal toegestane geluidbelasting voor woningen en andere geluidgevoelige gebouwen.

Op de bovenstaande regels bestaan enkele uitzonderingen. Deze worden beschreven in referentie 9. Bij de invulling van de ruimtelijke ordening is alleen de zoneberekening van belang. Dit wil zeggen dat bij het berekenen van de zonecontour eenmalig wordt getoetst welke woningen binnen een van bovenstaande contouren liggen.

Naast de voorschriften met betrekking tot ruimtelijke ordening, mag de geluidzone niet worden overschreden door de jaarlijkse geluidbelasting. Dit wordt getoetst door per jaar, voor het werkelijke verkeer in dat jaar, de geluidbelasting rondom een basis te berekenen en door vervolgens te bepalen of de 35 Ke contour van de jaarberekening nergens buiten de geluidzone ligt. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 2, waar de in 1978 bepaalde 35 Ke contour van de geluidszone van de vliegbasis Volkel in het zwart is weergegeven, samen met de jaarcontouren

van 2010 tot en met 2014. Hierbij gaat het om de geluidzone die in de betreffende jaren van kracht was. Ondertussen is in 2015 een nieuwe zone bepaald voor deze basis.

De berekening van de geluidzone en van de opgetreden geluidsbelasting worden met hetzelfde model gedaan, zodat de norm en de jaarlijkse toets beide op een berekening met hetzelfde model gebaseerd zijn. Overigens is ook buiten de zonecontour vliegtuiggeluid hoorbaar en daar kan mogelijk ook hinder worden ervaren.



Figuur 2: Vergelijking van de 35 Ke zonecontour uit 1978 en contouren van jaarberekeningen van de vliegbasis Volkel (bron: ref. 8)

2.4 Geluidhinder

De mate van hinder die mensen rondom een vliegveld ondervinden is afhankelijk van meerdere factoren (ref. 11). Veranderingen van het geluid op een specifieke locatie kunnen een effect hebben op de mate van hinder op deze locatie aangezien het geluid één van de elementen is die invloed kan hebben op de mate van hinder. Aan het einde van deze paragraaf staan enkele andere factoren die de mate van hinder kunnen beïnvloeden.

Geluidhinder: de hinderbeleving van geluid. Hinder is subjectief: wat voor de ene persoon hinderlijk is, kan voor een ander acceptabel of zelfs wenselijk zijn.

De mate van geluidhinder die mensen ondervinden kan op verschillende manieren worden onderzocht. In het verleden is dit onder andere voor de geluidbelasting uitgedrukt in Kosteneenheden gedaan met de zogeheten gemiddelde relatieve hinderscore (GRHS). Informatie over de GRHS staat onder andere in referentie 10.

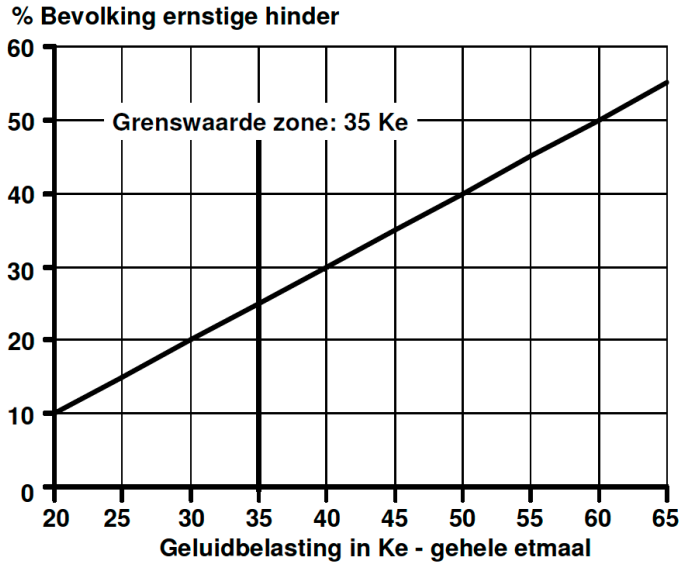
De GRHS werd bepaald met enquêtes die bij omwonenden van vliegvelden werden afgenomen. In de enquêtes werden op 7 deelgebieden één of meerdere vragen gesteld, bijvoorbeeld over hoe vaak men T.V. kijkt en radio luistert en hoe vaak men hierbij gestoord wordt door vliegtuiggeluid. Ook werd bijvoorbeeld gevraagd naar verstoring bij gesprekken en slapen.

Op basis van de (combinatie van de) antwoorden werd vervolgens voor elk van de 7 deelgebieden nul of één punt gegeven, waardoor voor elke persoon een hinderscore ontstaat tussen 0 en 7. Daarna werd het gemiddelde bepaald van de scores van alle ondervraagden die waren blootgesteld aan dezelfde geluidbelasting. Deze gemiddelde hinderscore werd uitgedrukt op een schaal van 0 tot 100. De waarde die op deze manier gevonden werd, is de GRHS.

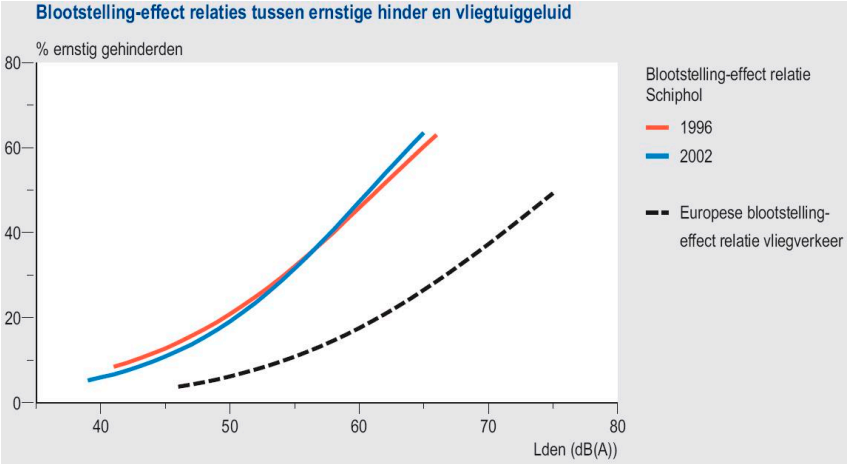
Om een inschatting te maken van de hoeveelheid mensen die rondom een vliegveld (ernstig) gehinderd worden, kunnen zogeheten dosis-effectrelaties worden gebruikt. Deze relaties geven aan welk percentage van de bevolking naar verwachting (ernstig) gehinderd zal worden bij een bepaalde hoeveelheid geluid. Door te bepalen hoeveel mensen worden blootgesteld aan een bepaalde hoeveelheid geluid, kan een schatting gemaakt worden van het aantal (ernstig) gehinderden. Het verschil tussen hinder en ernstige hinder en de methodiek waarmee dosis-effectrelaties bepaald kunnen worden staan beschreven in referentie 11.

Dosis-effectrelatie: een relatie tussen de mate van (ernstige) hinder of slaapverstoring (het effect) en de hoeveelheid geluid (de dosis). Dosis-effectrelaties zijn gebaseerd op wetenschappelijke onderzoeken naar het verband tussen de geluidbelasting en de hinder die mensen daarover rapporteren.

Wereldwijd zijn veel verschillende dosis-effectrelaties vastgesteld voor verschillende geluidbronnen (zoals treinverkeer, wegverkeer en vliegverkeer), voor verschillende vliegvelden en op verschillende momenten. Enkele voorbeelden van dit soort relaties zijn de dosis-effectrelatie voor Ke (zie Figuur 3) en de drie dosis-effectrelaties voor L_{den} in Figuur 4.



Figuur 3: Dosis-effectrelatie Ke (bron: ref. 12)



Figuur 4: Dosis-effectrelaties L_{den} (bron: ref. 13)

In Figuur 4 staan relaties die voor Schiphol zijn opgesteld door het RIVM in 1996 en 2002 en de door de Europese Unie (EU) gehanteerde relatie (ref. 13). De EU relatie is bepaald op basis van meerdere dosis-effectrelaties. Alle bovenstaande relaties hebben betrekking op civiel vliegtuiggeluid. Figuur 4 laat zien dat er duidelijke verschillen bestaan tussen de drie dosis-effectrelaties voor de L_{den} geluidmaat. Hieruit blijkt dat onderzoeksresultaten van de mate van hinder kunnen veranderen in de loop van de tijd (de rode en blauwe lijn zijn niet gelijk), maar ook bij een gelijke geluidbelasting per groep omwonenden kan verschillen (de relaties voor Schiphol en de EU relatie zijn niet gelijk). Daarnaast kan de manier waarop de hoeveelheid geluid wordt bepaald verschillen per dosis-effectrelatie (bijvoorbeeld door te meten of te rekenen). Ook dit kan tot verschillen tussen dosis-effectrelaties leiden.

De hoeveelheid geluid is zoals eerder vermeld niet de enige parameter die de mate van hinder bepaalt. In referentie 11 worden een aantal factoren genoemd, die ook invloed hebben op de mate van hinder. Dit betreft bijvoorbeeld geluidgevoeligheid, leeftijd, geslacht en de houding ten opzichte van het vliegveld en vliegverkeer. Dit betekent dat de hoeveelheid geluid slechts deels bepalend is voor de mate van hinder en dit verklaart waarom niet iedereen in dezelfde mate gehinderd wordt door een bepaalde hoeveelheid geluid.

Metingen en berekeningen worden regelmatig ingezet in situaties waar omwonenden hinder ondervinden van vliegtuiggeluid. Het uitvoeren van een meting of berekening zal de hoeveelheid vliegtuiggeluid (en de daardoor veroorzaakte hinder) niet beïnvloeden. Tevens wordt opgemerkt dat beide geluidniveaus of de geluidbelasting bepalen en dus niet direct de mate van hinder.

3 Meten en berekenen

Dit hoofdstuk geeft algemene informatie met betrekking tot het uitvoeren van metingen en berekeningen en de verschillen tussen meten en rekenen. Vervolgens gaat dit hoofdstuk in op de mogelijkheden en beperkingen van zowel het meten als berekenen van vliegtuiggeluid, zowel afzonderlijk als gecombineerd. De informatie in dit hoofdstuk is onder andere ontleend aan referentie 14.

3.1 Hoe werken meten en rekenen

Deze paragraaf geeft nadere informatie over het uitvoeren van metingen en berekeningen, waarbij de nadruk ligt op het meten en berekenen van vliegtuiggeluid. Daarna worden ook de verschillen tussen meten en rekenen toegelicht.

3.1.1 Uitvoering van metingen

Geluid kan worden gemeten met behulp van een geluidmeter. Deze bestaat in ieder geval uit een microfoon en elektronica waarmee het signaal dat de microfoon registreert tot een geluidniveau wordt verwerkt. Bij het meten van vliegtuiggeluid wordt vaak gebruik gemaakt van geluidmeetposten, waarbij de microfoon op een mast geplaatst wordt. Later in dit document worden hier voorbeelden van beschreven (zie Figuur 12 in paragraaf 5.6). De opstelling van een mast met microfoon en elektronica, kan desgewenst worden uitgebreid, bijvoorbeeld met apparatuur om de meetgegevens te verzenden of met een hekwerk om de meetpost te beschermen.

Bij het meten van geluid kan zowel gebruik gemaakt worden van een mobiele meetpost die eenvoudig op verschillende locaties kan worden gebruikt om geluid te meten, als van een geluidmeetpost die op één vaste locatie wordt geplaatst. Mobiele meetposten worden in het algemeen gebruikt bij relatief kortdurende metingen (maximaal enkele maanden), terwijl vaste meetposten zich juist lenen voor metingen die langer duren. Als slechts gedurende één of enkele dagen gemeten wordt, is het haalbaar om de meetpost continu te bemensen.

Bij het uitvoeren van metingen wordt geluid geregistreerd van alle geluidbronnen in de omgeving, zoals vliegtuigen, verkeer en industrie. Indien men alleen geïnteresseerd is in vliegtuiggeluid, kunnen vliegtuigpassages geautomatiseerd herkend worden, bijvoorbeeld door te bepalen wanneer het geluidniveau hoger wordt dan het achtergrondgeluidniveau of door de gegevens van meerdere meetposten te combineren. Immers, als een vliegtuig wordt gemeten door een meetpost onder de vliegroute, is de kans groot dat hetzelfde vliegtuig even later

gemeten wordt door een tweede meetpost verderop onder de vliegroute. Meer informatie over het geautomatiseerd detecteren van vliegtuiggeluid staat in referentie 4.

De geluidniveaus van individuele vliegbewegingen kunnen ook worden opgeteld om de geluidbelasting van vliegverkeer over een langere periode te bepalen. In de praktijk kan het voorkomen dat een vliegbeweging niet wordt gedetecteerd, bijvoorbeeld omdat het vliegtuiggeluid niet (voldoende) boven het achtergrondgeluid uitkomt.

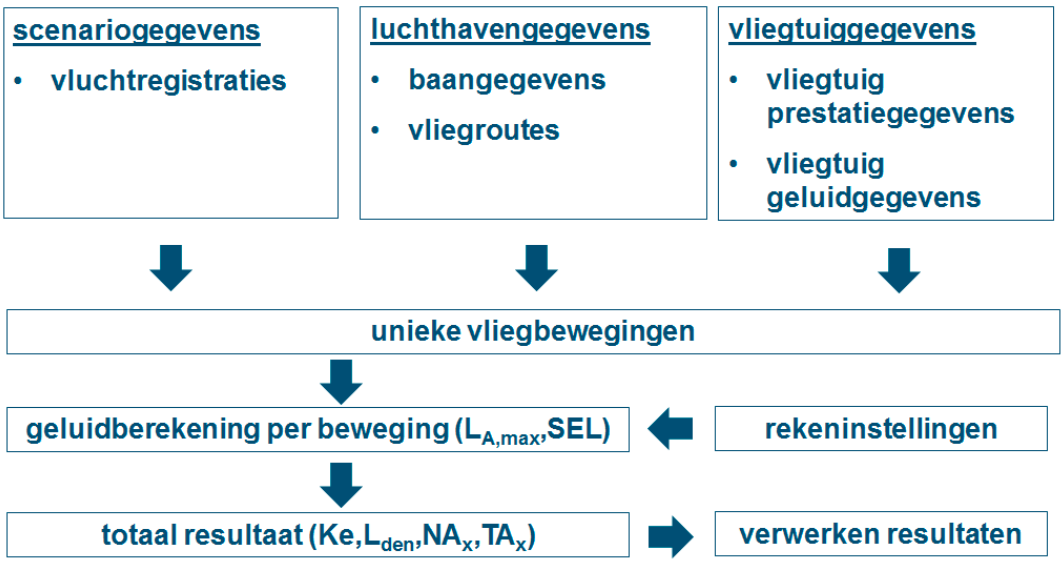
Metingen kunnen worden uitgevoerd met verschillende doelen. Het doel van de meting heeft invloed op de specificaties van de meetpost en op de gegevens die bij de meting (naast geluidgegevens) verzameld en geanalyseerd moeten worden:

- Bij metingen voor het verzamelen van geluidgegevens voor rekenmodellen wordt niet alleen vliegtuiggeluid gemeten, maar worden ook weersgegevens en vliegtuig prestatiegegevens verzameld. De invloed van bijvoorbeeld achtergrondgeluid, weerseffecten, afscherming en reflecties worden bij dergelijke metingen zoveel mogelijk vermeden of de meetresultaten worden achteraf voor deze invloeden gecorrigeerd op basis van de aanvullende meetgegevens.
- Bij metingen ten behoeve van informatievoorziening is het in principe voldoende om alleen geluid te meten. Eventueel kunnen aanvullende gegevens verzameld worden, zoals radargegevens om te controleren of er een vliegtuig in de buurt was ten tijde van een meting.

3.1.2 Uitvoering van berekeningen

Voor handhavingsberekeningen rondom militaire bases wordt een wettelijk voorgeschreven Nederlands rekenmodel (NRM) gebruikt. Deze paragraaf geeft een globaal overzicht van dit rekenmodel, dat wordt gebruikt bij het bepalen van de geluidbelasting ten gevolge van vliegverkeer in Ke (ref. 5 en 6) en L_{den} (ref. 7).

Figuur 5 geeft een globaal overzicht van geluidberekeningen met het NRM. Eerst worden alle relevante invoergegevens verzameld en bewerkt zodat ze in het rekenmodel gebruikt kunnen worden. Daarna wordt het geluidniveau per individuele vliegbeweging berekend en tot slot kunnen de bijdragen van alle vliegbewegingen worden opgeteld om zo tot de totale geluidbelasting te komen.



Figuur 5: Overzicht geluidberekeningen

Invoergegevens

Om vliegtuiggeluid nabij een luchthaven te berekenen zijn drie soorten invoergegevens nodig (zie de bovenste drie blokken in Figuur 5):

- Scenariogegevens definiëren per vliegbeweging het vliegtuigtype, de starttijd of landingstijd, de gevlogen route en de gevolgde procedure (start, landing of circuit, maar bijvoorbeeld ook wel of geen naverbrander). Voor het uitvoeren van handhavingsberekeningen worden deze gegevens geregistreerd op vliegbases, zodat alle uitgevoerde vliegbewegingen meegenomen kunnen worden in deze berekeningen.
- Luchthavengegevens bevatten informatie over zaken die gerelateerd zijn aan de luchthaven, zoals coördinaten van de uiteinden van de startbaan of startbanen en de ligging van de vliegroutes.
- Vliegtuiggegevens beschrijven prestaties en geluidproductie van een vliegtuig gedurende een vliegbeweging:
    - Vliegtuigprestaties betreffen het verloop van de hoogte, vliegsnelheid en stuwkracht van een vliegtuig als functie van de afgelegde weg. De vliegtuigprestaties zijn beschreven in zogeheten vliegprofielen of prestatieprofielen.
    - Het geluidniveaus van een vliegtuig wordt gemodelleerd met geluidtabellen (zie paragraaf 2.3 voor meer informatie).

Het rekenproces

Als de invoergegevens beschikbaar zijn, worden de rekeninstellingen gedefinieerd, zoals de ligging van het rekengebied (op welke punten dient geluid berekend te worden) en welke geluidmaat berekend dient te worden. Daarna kan een geluidberekening worden uitgevoerd voor iedere individuele vliegbeweging. Met behulp van het grondpad (deze volgt uit de route) en het hoogteprofiel (deze is gedefinieerd in een prestatieprofiel) wordt een 3D vliegbaan gemaakt, waarbij op ieder moment de 3D positie, de snelheid en de stuwkracht van het vliegtuig bekend zijn. De snelheid en stuwkracht worden bepaald aan de hand van het prestatieprofiel.

De volgende stap is om de bijdragen van iedere individuele vliegbeweging per rekenpunt op te tellen om zo tot een totale geluidbelasting per rekenpunt te komen. Bij deze optelling worden nachtstraffactoren toegepast, waardoor vliegbewegingen die gedurende de avond of nacht plaatsvinden zwaarder meetellen dan vliegbewegingen die tijdens de dag plaatsvinden (zie paragraaf 2.2.2). Na afronding van de berekening, kunnen de resultaten desgewenst verder verwerkt worden, bijvoorbeeld om contouren te bepalen.

3.1.3 Oorzaken van verschillen tussen meten en berekenen

In de praktijk zullen berekend en gemeten geluid bijna altijd verschillen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de resultaten van de validatiestudie met betrekking tot vliegbasis Geilenkirchen (ref. 15). De grootte van de verschillen varieert per meetlocatie en in de loop van de tijd.

Er bestaan meerdere mogelijke oorzaken van verschillen tussen meten en berekenen (zie ook paragraaf 3.3.2):

- Weersomstandigheden: bij berekeningen worden verschillen in weersomstandigheden niet altijd meegenomen terwijl deze zowel de vliegprestaties (hoogte, snelheid en stuwkracht) als de overdracht van het geluid van het vliegtuig naar de grond beïnvloeden. Metingen worden echter wel beïnvloed door de weersomstandigheden, zoals de windcondities, temperatuur en luchtvochtigheid (zie paragraaf 3.2.2).
- Vliegroutes: voor berekeningen worden de vliegroutes gemodelleerd, waardoor individuele routes in de praktijk kunnen afwijken van de in de berekening aangenomen routes. Deze afwijkingen hebben daarom geen effect op de rekenresultaten, maar hebben wel een effect op de meetresultaten van afzonderlijke vluchten.
- Omgeving: bij berekeningen worden aannames gedaan over de omgeving. Bijvoorbeeld dat de ondergrond vlak is, dat de bodem overal hetzelfde is en dat bebouwing geen invloed heeft. Metingen worden daarentegen wel beïnvloed door de werkelijke omgeving, inclusief reflecties en afscherming door objecten nabij de meetpost.

- Omgevingsgeluid: bij berekeningen wordt alleen de hoeveelheid vliegtuiggeluid bepaald. Meetresultaten kunnen worden beïnvloed door geluid van andere bronnen.
- Hoogte: berekeningen worden uitgevoerd op een bepaalde hoogte boven de grond. Deze hoogte kan anders zijn dan de hoogte waarop wordt gemeten, waardoor verschillen ontstaan tussen gemeten en berekend geluid.

Bij het vergelijken van resultaten van berekeningen en metingen is het van belang rekening te houden met deze verschillen.

3.2 Alleen meten

Deze sectie begint met een overzicht van verschillende toepassingen van geluidmetingen. Daarna volgt een beschrijving van de beperkingen van geluidmetingen.

3.2.1 Toepassingen van metingen

Metingen worden voor verschillende toepassingen gebruikt. Deze paragraaf geeft een aantal voorbeelden daarvan:

1. Informatievoorziening
2. Monitoring
3. Gedetailleerde metingen van vliegtuiggeluid

1. Informatievoorziening

Informatievoorziening: het presenteren van gegevens aan geïnteresseerden.

Een meetnet kan bijvoorbeeld informatie geven over:

- De actuele geluidniveaus zoals die door het meetnet worden geregistreerd (bijvoorbeeld elke seconde). Hierbij wordt niet aangegeven welke bron het geluid veroorzaakt.
- Geluidniveaus ten gevolge van individuele vliegbewegingen; zoals L_{Amax} en SEL (zie paragraaf 2.2.1).
- Geluidbelasting ten gevolge van meerdere vliegbewegingen; zoals Kosteneenheden en L_{den} (zie paragraaf 2.2.2).
- Historische informatie met bijvoorbeeld overzichten van meetresultaten gedurende voorgaande maanden of jaren.

- Achtergrondinformatie bij de geluidmetingen zoals aantallen gemeten vliegbewegingen en tijdstippen waarop is gemeten. Door ook tijdstippen van metingen te vermelden kan iemand die een vliegtuig heeft horen passeren, later terugzoeken hoeveel geluid de betreffende passage heeft geproduceerd ter hoogte van een meetlocatie.

Naast bovenstaande informatie kan ook achtergrondinformatie gegeven worden die niet direct uit het meetnet afkomstig is, maar wel via het zelfde portaal aangeboden wordt. Hier kan bijvoorbeeld gedacht worden aan informatie over het gebruik van de vliegbasis (oefeningen), weersinvloeden, en wanneer gevlogen wordt op afwijkende tijdstippen en met welke vliegtuigtypes.

Niet alle informatie mag openbaar gemaakt worden. Zo zijn op dit moment bijvoorbeeld de aantallen vliegbewegingen en de verdeling over het etmaal niet openbaar (ref. 9, artikel 34). In dat licht lijkt bijvoorbeeld het publiceren van aantallen metingen en de bijbehorende verdeling over de dag ook niet mogelijk.

De informatie kan vervolgens op één of meerdere manieren beschikbaar gemaakt worden voor een breed publiek (zie hoofdstuk 4 voor verschillende voorbeelden van informatievoorziening):

- Geluidniveaus van de meetpost aflezen. Op deze manier presenteren is niet praktisch, omdat het dan noodzakelijk is om op de meetlocatie aanwezig te zijn tijdens een vliegtuigpassage.
- Met een website of een smartphone applicatie.
- Informatie verschaffen via periodieke rapportages met bijvoorbeeld een samenvatting van de meetresultaten of informatie over de meest opvallende meetresultaten.
- Een samenvatting van de resultaten presenteren tijdens bijeenkomsten van de Commissie Overleg Voorlichting Milieuhygiëne (COVM).

2. Monitoring

Er bestaan verschillende definities voor *monitoren* en *monitoring* (zie ref. 16 en 17). In dit rapport is de volgende definitie van monitoring toegepast.

Monitoring: metingen over een langere periode waarbij de meetresultaten worden gebruikt om nadere analyses mee uit te voeren.

Voorbeelden van monitoring zijn:

1. Tellingen uitvoeren van het aantal meetbare vliegbewegingen
2. Toetsen hoe vaak de gemeten geluidniveaus een bepaalde drempelwaarde overschrijden
3. Handhaving (dit onderwerp wordt later in deze paragraaf besproken)
4. Het uitvoeren van een trendvalidatie (zie paragraaf 3.4.3)
5. Metingen ten behoeve van onderzoek naar het effect op de geluidbelasting van operationele veranderingen zoals de introductie van een nieuw vliegtuigtype (dit wordt later in deze paragraaf besproken)
6. Metingen om inzicht te geven in omgevingsgeluid en de invloed van vliegtuigen hierop (dit wordt later in deze paragraaf besproken).

Als meetgegevens voor analyses worden gebruikt, kunnen strengere eisen gelden voor de meetgegevens dan bij informatievoorziening. Referentie 15 beschrijft bijvoorbeeld hoe bepaald is of meetgegevens bruikbaar waren voor een trendvalidatie. Dit kan onder andere gaan om het toetsen of er een vliegtuig in de buurt was ten tijde van een meting.

Metingen kunnen gebruikt worden voor onderzoek naar het effect van operationele veranderingen op de geluidbelasting en bij het bepalen van de bijdrage van vliegtuiggeluid aan het totale omgevingsgeluid:

- Metingen in de situatie met en zonder operationele verandering geven inzicht in het effect van de betreffende verandering op de meetlocatie. Hierbij kan het wenselijk zijn om dit effect gedurende een langere periode te onderzoeken, bijvoorbeeld om te zorgen voor meer meetgegevens en dus een betere statistische onderbouwing van de resultaten.
- Langdurig meten verschaft inzicht in het omgevingsgeluid en de invloed van de vliegtuigen daarop. Dit geeft een beeld van het achtergrondgeluid, het gemiddelde geluid en de piekniveaus zoals die optreden of hoe lang en hoe vaak een bepaalde drempelwaarde wordt overschreden op de onderzochte locatie. Daarnaast ontstaat een beeld van eventuele verschillen die kunnen optreden gedurende een dag, week, seizoen of jaar. De resultaten van deze metingen kunnen bijvoorbeeld dienen om omwonenden van informatie te voorzien met betrekking tot het geluid in hun woonomgeving of om nadere analyses mee uit te voeren.

Rondom sommige buitenlandse vliegvelden is sprake van handhaving met metingen. In paragraaf 4.6 wordt een voorbeeld gegeven van een luchthaven (Heathrow) waar metingen voor handhaving gebruikt worden. Binnen de huidige Nederlandse handhavingssystematiek is dit echter niet mogelijk, omdat dit niet binnen de Nederlandse wet past en vanwege technische beperkingen. In paragraaf 3.2.2 wordt ingegaan op de beperkingen van het gebruik van metingen voor handhaving.

3. Gedetailleerde metingen van vliegtuiggeluid

Metingen kunnen een zeer gedetailleerd beeld geven van de geluidproductie van vliegtuigen in een bepaalde situatie. Hierbij gaat het doorgaans niet om metingen tijdens reguliere vluchten, maar om meetvluchten die worden uitgevoerd volgens een vooraf opgezet plan. Daarbij kunnen tegelijkertijd gedetailleerde gegevens worden verzameld met betrekking tot de condities waaronder de metingen worden uitgevoerd. Een dergelijke meting heeft doorgaans een korte looptijd, waardoor het mogelijk is om continu iemand aanwezig te laten zijn om te registreren of er tijdens de meting onregelmatigheden optreden.

Dergelijke metingen kunnen gedetailleerd inzicht geven in de samenstelling van het geluid. Dit wil zeggen dat gekeken wordt welke frequenties met welke geluidniveaus optreden. Hiermee kan bepaald worden welke invloeden de belangrijkste bijdrage leveren aan het karakter van het vliegtuiggeluid.

Het onderzoeken van de gedetailleerde samenstelling van geluid zal in de praktijk alleen gedaan worden met kortdurende metingen, bijvoorbeeld voor het opstellen van geluidstabellen. Hierbij gaat het om gedetailleerde metingen onder gecontroleerde omstandigheden. Het langdurig uitvoeren van gedetailleerde metingen is niet realistisch, bijvoorbeeld vanwege de hoge kosten.

In het geval van civiele vliegtuigen worden gedetailleerde metingen uitgevoerd tijdens de certificatie van een nieuw vliegtuigtype. Bij militaire vliegtuigen maken deze metingen geen onderdeel uit van de certificatie. Voor de F-35 zijn specifieke geluidsmetingen uitgevoerd voor het verkrijgen van de geluidtabel met een meetstandaard voor geluidmetingen aan militaire straalvliegtuigen (ref. 21).

3.2.2 Beperkingen van metingen

Bij het uitvoeren van geluidmetingen gelden een aantal beperkingen en kunnen verschillende externe factoren van invloed zijn op de resultaten:

- Beperkt aantal meetlocaties
- Verstoring door andere geluidbronnen
- Niet iedere vliegbeweging wordt gemeten
- Geen constant beeld van de geluidproductie van vliegtuigen
- De plaatsing van de microfoon beïnvloedt de meting
- Metingen geven geen inzicht in de situatie voor plaatsing van het meetpunt en in de toekomstige situatie
- Metingen zijn niet zonder meer bruikbaar voor handhaving

Als metingen worden ingezet, is het raadzaam om de beperkingen van metingen en de mogelijke spreiding in de meetresultaten vooraf te onderzoeken en te communiceren met de betrokken partijen en om eventuele verwachtingen bij het inzetten van metingen vooraf af te stemmen.

Beperkt aantal meetlocaties

Metingen vinden slechts op een beperkt aantal locaties plaats doordat het aantal meetlocaties om praktische en financiële redenen beperkt is. De kosten van metingen zullen oplopen als het aantal meetposten toeneemt (zie paragrafen 5.1 en 5.6) en niet iedere locatie is geschikt om te meten, bijvoorbeeld doordat er andere objecten zoals gebouwen in de weg staan, of door een hoog achtergrondgeluidniveau (bijvoorbeeld naast een drukke weg).

Verstoring door andere geluidbronnen

De meting van een vliegtuigpassage kan verstoord worden door een andere geluidbron. Als bijvoorbeeld een vrachtauto passeert op korte afstand van de meetpost, terwijl een vliegtuig overvliegt, kan het gemeten geluidniveau hierdoor toenemen. Ook kan de meting van een andere bron ten onrechte geregistreerd worden als vliegtuigpassage, of kan een vliegtuigpassage niet worden herkend.

Niet iedere vliegbeweging wordt gemeten

Met de huidige onbemande meetsystemen is het niet mogelijk op elke locatie alle passerende vliegbewegingen te registreren (zie paragraaf 3.1.1), bijvoorbeeld doordat metingen verstoord kunnen worden, of omdat het vlieggeluid niet (voldoende) boven het achtergrondgeluid uitkomt. Daarom is het wenselijk om een meetlocatie te kiezen met een laag achtergrondgeluidniveau en een kleine kans op verstoring door andere bronnen.

Spreiding in geluidproductie van verschillende vliegtuigpassages

Meetresultaten vertonen spreiding in de geluidsproductie van individuele vliegtuigpassages. Hierdoor ontstaat geen eenduidig beeld van de geluidproductie van vliegtuigen. Zo blijkt uit eerder onderzoek voor Schiphol dat de resultaten van een grote hoeveelheid metingen van landingen met één vliegtuigtype op één locatie tot 12 dB(A) kunnen verschillen (ref. 19). Meetresultaten hangen van veel variabelen af en de meetresultaten kunnen daardoor sterk verschillen. Hierbij kan het gaan om:

- Verschillen bij de bron; de hoeveelheid stuwkracht en dus de geluidproductie van een vliegtuig kan verschillen per situatie.
- Verschillen in de overdracht van het geluid door de atmosfeer van het vliegtuig naar de ontvanger. Zo zullen de weersomstandigheden de hoeveelheid geluid op de grond beïnvloeden.
- Variaties die optreden bij het bepalen van het geluidniveau ter hoogte van de meetpost door de meetnauwkeurigheid en het meetbereik van het meetsysteem.

Door deze zaken kunnen meetresultaten sterk variëren. De variaties zijn overigens niet altijd strijdig met het doel van een meting. Bij metingen ten behoeve van informatievoorziening hoeft dit verschijnsel bijvoorbeeld geen belemmering te zijn. Hieronder worden de gevolgen van weersomstandigheden op de voortplanting van geluid door de atmosfeer en op de meetnauwkeurigheid en het meetbereik van meetsystemen beschreven.

Voortplanting van geluid: gedurende de voortplanting of propagatie van geluid door de atmosfeer verandert het geluidniveau en de frequenties van het geluid. Hoe dit gebeurt, hangt af van de atmosferische condities en van de afstand tussen de geluidbron en de ontvanger.

De weersomstandigheden zullen de uitkomst van geluidmetingen beïnvloeden. Indien een zelfde vliegtuig meerdere keren met een gelijke geluidproductie en op gelijke afstand van de meetpost passeert, kan het gemeten geluidniveau toch variëren. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in de temperatuur en temperatuurgradiënten (het verloop van de temperatuur als functie van hoogte en locatie), luchtvochtigheid en de wind.

Bij verschillende combinaties van deze parameters kunnen de geluidniveaus zowel afnemen als toenemen. Daarom is het bijvoorbeeld niet mogelijk om een beperkt aantal kentallen te geven waarmee eenvoudig een inschatting gemaakt kan worden van het effect van weerscondities op

de geluidniveaus die op de grond hoorbaar zijn. Wel is het mogelijk om een globaal beeld te geven van het effect van weersomstandigheden op het geluid waarbij aannames worden gedaan over de werkelijke weersomstandigheden.

Daarnaast kunnen bepaalde weersomstandigheden zorgen dat het achtergrondgeluid toeneemt, waardoor het niet meer mogelijk is om een vliegtuigpassage te detecteren. Dit is vooral aan de orde als het regent of hard waait. Internationale meetvoorschriften zoals referentie 18 geven richtlijnen over de weersomstandigheden waarbinnen het mogelijk is om betrouwbare metingen uit te voeren.

Bij het bepalen van het geluidniveau ter hoogte van de meetpost, wordt de uitkomst beïnvloed door de meetonzekerheid en het meetbereik van het meetsysteem. Bij een klasse één systeem (een gangbaar microfoontype voor nauwkeurige metingen aan vliegtuiggeluid) mag het gemeten geluid ter plaatse van de microfoon maximaal ±0.5 dB afwijken van het daadwerkelijke geluidniveau. Dit wil zeggen dat metingen binnen een bepaalde marge de werkelijk optredende geluidniveaus op de positie van de microfoon weergeven. Daarnaast is een microfoon ontworpen voor het meten binnen een bepaald meetbereik. Dit wil zeggen dat de microfoon geschikt is om geluid te meten binnen een bereik van frequenties en een bereik van geluidniveaus. Indien geluiden geregistreerd worden die niet binnen het meetbereik vallen, kunnen grotere afwijkingen optreden.

<u>De plaatsing van de microfoon beïnvloedt de meting</u>

De plaatsing van een microfoon kan invloed hebben op de meetresultaten. Als een microfoon dicht bij objecten zoals gebouwen wordt geplaatst kan dit leiden tot reflecties van geluid (resulterend in hogere meetwaarden) of afscherming van geluid (resulterend in lagere meetwaarden). Wanneer een microfoon dicht bij de grond staat wordt het gemeten geluidniveau beïnvloed door grondreflecties. Hierbij heeft ook het type ondergrond, naast de microfoonhoogte, invloed op de hoeveelheid geluid die via de grond weerkaatst.

<u>Geen inzicht in de situatie voor plaatsing van het meetpunt en in de toekomstige situatie</u>

Daarnaast is het niet mogelijk om met terugwerkende kracht of in de toekomst metingen uit te voeren, waardoor geen meetgegevens beschikbaar zullen zijn over de periode voor installatie van een meetpost en waardoor geen inzicht verkregen kan worden in toekomstige geluidniveaus. Ook in geval van storingen of onderhoud aan een meetpost, kan de meetpost gedurende een bepaalde periode geen gegevens leveren.

Indien metingen gebruikt worden om het effect van een geluidreducerende maatregel te onderzoeken, dan moet deze maatregel gedurende een langere tijd worden onderzocht, waardoor het ook lang duurt voordat de resultaten van het onderzoek beschikbaar komen. Berekeningen kunnen al voor de implementatie van een dergelijke maatregel inzicht geven in de verwachte effecten.

Metingen zijn niet zondermeer bruikbaar voor handhaving

Veel van de bovengenoemde beperkingen leiden ertoe dat handhaving op basis van metingen niet zonder meer mogelijk is. Enkele belangrijke beperkingen zijn:

- Beperkt aantal locaties: handhaving is slechts op een beperkt aantal locaties mogelijk doordat het aantal meetlocaties om praktische en financiële redenen beperkt is. Omdat een meetpost alleen lokaal inzicht geeft in de geluidbelasting, is een zeer groot aantal meetposten nodig om te kunnen handhaven in het volledige gebied rondom een vliegveld.
- Alleen handhaving dicht bij een vliegveld: dicht bij een vliegveld kan mogelijk nog worden gehandhaafd, omdat daar voldoende vliegbewegingen gemeten kunnen worden. Verder weg is dit wellicht niet meer mogelijk, omdat de kans daar aanwezig is dat het vliegtuiggeluid niet (altijd) boven het achtergrondgeluid uitkomt, of omdat meetposten te ver uit elkaar staan om de gewenste bescherming te geven.
- Niet altijd handhaving: handhaving is niet altijd mogelijk bijvoorbeeld vanwege weerscondities of als de meetpost een storing kent of in onderhoud is. Dit is vooral een bezwaar bij handhaving van individuele vliegbewegingen. Indien een geluidbelasting bepaald wordt met alle metingen gedurende een jaar kan gecorrigeerd worden voor niet gemeten vliegbewegingen.
- Effect op de ruimte voor het aantal vliegbewegingen: zoals eerder in deze paragraaf is toegelicht geven meetresultaten een variabel beeld van de geluidproductie van vliegtuigen. Het is mogelijk om deze variaties in de geluidproductie mee te nemen in een L_{den} of Ke normwaarde voor een meetlocatie. Hierdoor kan ruimte ontstaan voor extra vliegbewegingen als de marge wordt opgeteld bij de norm, of kan het aantal toegestane vliegbewegingen lager worden als de marge van de norm wordt afgetrokken. Dit leidt tot respectievelijk een slechtere bescherming van de omgeving of minder operationele ruimte voor een vliegveld.

3.3 Alleen berekenen

Met behulp van geluidberekeningen kan de geluidbelasting in het gebied rondom een luchthaven in kaart worden gebracht. Dit kan zowel worden gedaan voor al gerealiseerd vliegverkeer (een werkelijke situatie) als ook voor een toekomstscenario. Deze informatie kan voor verschillende doeleinden gebruikt worden waarvan een aantal hieronder besproken worden.

3.3.1 Toepassingen van berekeningen

Berekeningen kunnen onder andere de volgende toepassingen hebben:

- Handhaving
- Inzicht verkrijgen in en het analyseren van de geluidniveaus en geluidbelasting rondom vliegvelden
- Informatievoorziening

Een belangrijke toepassing van geluidberekeningen is de handhaving van de wet- en regelgeving (zie paragraaf 2.3). Handhaving kan worden uitgevoerd door na afloop van een jaar met een berekening te controleren of een luchthaven binnen de geluidnormen is gebleven. Ook is het mogelijk om al tijdens een lopend jaar op basis van het reeds geproduceerde geluid en het nog te verwachten geluid te bepalen of er een overschrijding van de maximale hoeveelheid geluid (de 35 Ke geluidszone) dreigt. Op basis van de resultaten kunnen dan tijdig maatregelen genomen worden.

Ook worden berekeningen toegepast bij onderzoek naar veranderingen rondom luchthavens. Als er veranderingen optreden in het gebruik van een luchthaven, bijvoorbeeld door het implementeren van geluidreducerende maatregelen, het in gebruik nemen van een nieuw vliegtuigtype of een verandering van het aantal vliegbewegingen, dan kan met behulp van berekeningen voorspeld worden hoe de geluidbelasting zal wijzigen. De berekeningen geven inzicht in de gevolgen voor de geluidbelasting, nog voordat een verandering is doorgevoerd. Ook kan met behulp van dosis-effectrelaties het aantal (ernstig) gehinderden worden ingeschat.

Een derde toepassing is informatievoorziening, waarbij vele soorten van informatie kunnen worden berekend. Op basis van berekeningen kunnen bijvoorbeeld geluidcontouren bepaald worden die inzicht geven in de hoeveelheid geluid waaraan een specifieke locatie wordt blootgesteld. Deze informatie kan ook gebruikt worden door mensen die overwegen om op een bepaalde locatie te gaan wonen.

3.3.2 Beperkingen van berekeningen

Bij het uitvoeren van berekeningen wordt gebruik gemaakt van een rekenmodel (zie paragraaf 3.1.2). Afhankelijk van het gekozen rekenmodel worden aannames gedaan en als berekeningen worden toegepast is het van belang om hierover vooraf te communiceren met de betrokken partijen. Voor handhavingsberekeningen rondom militaire bases wordt een wettelijk voorgeschreven Nederlands rekenmodel gebruikt, met de volgende aannames:

- Er wordt uitgegaan van een standaardatmosfeer. Daardoor worden vaste weersomstandigheden verondersteld, dit wil bijvoorbeeld zeggen dat veranderingen in wind, temperatuur en luchtvochtigheid gedurende het jaar niet worden meegenomen. De weersomstandigheden zullen in de praktijk zowel invloed hebben op de prestaties van het vliegtuig als op de voortplanting van het geluid door de atmosfeer en zo dus op het waargenomen geluidniveau.
- Tevens wordt verondersteld dat de vliegtuigprestaties zoals de het verloop van snelheid en stuwkracht tijdens een start of landing voor een bepaalde procedure altijd gelijk zijn. Voor verschillende vliegprocedures worden wel verschillende prestatiegegevens gebruikt (voor een start zonder naverbrander worden bijvoorbeeld andere prestatiegegevens gebruikt dan voor een start met naverbrander).
- De positie van het vliegtuig (zowel de route als het hoogteverloop over de route) wordt gemodelleerd. In de praktijk zal zowel het hoogteverloop als de route variëren per vliegbeweging. De verschillen in vlieghoogte hangen onder andere samen met de verschillende vliegprocedures die worden gevlogen. Daarom wordt bij berekeningen gebruik gemaakt van het hoogteverloop van verschillende procedures. Daarnaast wordt bij het modelleren van de vliegroute een bepaalde horizontale spreiding rondom de nominale route aangenomen.
- Over de situatie op en rondom het vliegveld worden de volgende aannames gedaan:
    - De omgeving is vlak
    - Er is geen bebouwing
    - De bodem is overal gelijk

Voor de berekeningen zijn gegevens nodig, bijvoorbeeld vliegplangegevens (welk type vliegtuig vloog hoe laat via welke route en met welke procedure), prestatiegegevens en gegevens over de geluidproductie van vliegtuigen. De kwaliteit van deze gegevens heeft invloed op het resultaat van de berekeningen.

Het rekenmodel, met de gemaakte aannames en gebruikte invoergegevens, geeft een benadering van de werkelijkheid waardoor verschillen optreden tussen de berekende

geluidniveaus en de daadwerkelijk optredende geluidniveaus. Bij het bepalen van de jaarlijkse geluidbelasting worden dezelfde aannames gedaan als bij het vaststellen van de geluidzone (de maximaal toegestane geluidbelasting). Hierdoor is er sprake van een zuivere vergelijking tussen de berekenende jaarlijkse geluidbelasting en de bijbehorende norm waartegen getoetst wordt. Berekeningsresultaten van de jaarlijkse geluidsbelasting worden met de berekende geluidszone vergeleken. Voor beide berekeningen wordt dezelfde rekenmethode gebruikt.

3.4 Combinaties meten en rekenen

In deze paragraaf worden mogelijke toepassingen besproken waarbij metingen en berekeningen worden gecombineerd.

3.4.1 Gebruik van meten en rekenen naast elkaar

De eerste combinatie van meten en rekenen is om bij één vliegveld onafhankelijk van elkaar geluidmetingen en geluidberekeningen toe te passen, waarbij beide hun eigen doelen hebben. Voorbeelden hiervan zijn Schiphol en de luchthaven Eindhoven, waar de handhaving plaatsvindt op basis van berekeningen en de geluidmetingen voor informatievoorziening bedoeld zijn.

3.4.2 Gekalibreerd rekenen

Bij het berekenen van vliegtuiggeluid wordt gebruik gemaakt van geluidtabellen waarmee de geluidproductie van vliegtuigen wordt gemodelleerd als functie van de stuwkracht van het vliegtuig en de afstand tot het vliegtuig. In het verleden is op verzoek van de Commissie voor de m.e.r. gekeken naar het kalibreren van deze geluidtabellen voor Schiphol (ref. 20). Hierbij zijn een aantal beperkingen van deze methode geconstateerd die niet specifiek voor de situatie rond Schiphol gelden. Deze beperkingen hebben tot gevolg dat gekalibreerd rekenen in het geval van de F-35 niet tot een verbetering van de geluidstabellen zal leiden.

Het doel van de kalibratie is om het verschil tussen berekende en gemeten geluidniveaus te verkleinen door op basis van een grote hoeveelheid aanvullende metingen correctiefactoren voor deze geluidtabellen te bepalen. Deze metingen kunnen, als gekalibreerd rekenen nuttig wordt geacht, starten vanaf het moment waarop het vliegtuig in bedrijf is.

Omdat het verschil tussen gemeten en berekende geluidniveaus voor individuele vliegbewegingen zal variëren, moet over een lange periode gemeten worden. Daarna kan het gemiddelde verschil tussen gemeten en berekend geluid bepaald worden. Het doel van gekalibreerd rekenen is om op basis van dit gemiddelde verschil een correctiefactor te bepalen

voor de geluidtabel, om het gemiddelde verschil tussen gemeten en berekende geluidniveaus te verkleinen.

Hierbij worden in referentie 20 wel enkele kanttekeningen geplaatst:

- Deze methode kan mogelijk leiden tot kleinere gemiddelde verschillen tussen gemeten en berekend geluid, maar niet tot een kwaliteitsverbetering van het model (hiermee wordt in referentie 20 bedoeld dat het model de werkelijkheid niet anders/beter zal gaan beschrijven).
- Het is niet mogelijk om met behulp van geluidmetingen een zinvolle uitspraak te doen over het geluidniveau op locaties waar niet gemeten wordt. Dit komt onder andere doordat de stuwkracht van het vliegtuig niet geregistreerd wordt. Omdat op een groot aantal punten wordt gerekend en op een beperkt aantal punten gemeten, is het onbekend of gekalibreerd rekenen tot een verkleining van verschillen tussen meten en rekenen leidt op de punten waar niet gemeten wordt.
- Om de gemiddelde verschillen te kunnen verkleinen dient de kwaliteit van de toegepaste metingen van hoog niveau te zijn.

De metingen waarmee de geluidtabellen van de F-35 zijn bepaald, zijn uitgevoerd volgens een meetstandaard voor geluidmetingen aan militaire straalvliegtuigen (ref. 21). Door het gebruik van deze meetstandaard zijn de geluidtabellen bepaald met metingen van hoge kwaliteit, onder eenduidig vastgestelde meetcondities. Het is praktisch niet haalbaar om met een meetnet metingen uit te voeren die aan deze meetstandaard voldoen. Daardoor zal in het geval van de F-35 een meetnet geen metingen geven van een hogere kwaliteit, en zullen deze metingen daarom niet tot een verbetering van de geluidstabellen leiden.

Gekalibreerd rekenen is niet direct toepasbaar na ingebruikname van een nieuw vliegtuigtype, omdat er eerst metingen nodig zijn alvorens de kalibratie kan plaatsvinden. Daarom worden in de huidige handhavingsberekeningen de geluidinvoergegevens gekoppeld aan geluidresultaten van metingen die zijn uitgevoerd voorafgaand aan de ingebruikname van het nieuwe type, zoals metingen tijdens certificatievluchten van civiele vliegtuigen. Voor de F-35 zijn, zoals hierboven beschreven, geluidmetingen uitgevoerd om de geluidtabel te bepalen.

Bij gekalibreerd rekenen worden de geluidtabellen aangepast. Hierdoor verandert de jaarlijkse berekende geluidbelasting, maar niet de geluidzone die is vastgesteld met de oorspronkelijke geluidtabellen. Door een berekening op basis van de aangepaste geluidtabellen te toetsen aan deze geluidzone zal de mate van bescherming veranderen. Dit is een beperking van de toepassing

van deze methode omdat dit tot juridische bezwaren leidt. Daarom zal bij het toepassen van gekalibreerd rekenen, (vooraf) afgesproken dienen te worden, hoe dit ondervangen wordt.

3.4.3 Trendvalidatie

Deze paragraaf beschrijft een methode waarmee de met een rekenmodel berekende veranderingen in de geluidsbelastingen gevalideerd kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld gewenst worden op het moment dat de situatie rondom een vliegveld mogelijk verandert doordat de F-35 in gebruik wordt genomen. Trendvalidatie kan dan worden gebruikt om te toetsen of het rekenmodel de veranderingen in de geluidbelasting volgt.

Trendvalidatie: Bepalen van de mate waarin veranderingen in de berekende geluidbelasting gedurende een aantal jaren (trends) overeenkomen met veranderingen in de geluidbelasting op basis van metingen (validatie).

Trendvalidatie werkt op hoofdlijnen als volgt:

- Op bepaalde punten wordt het verloop van de geluidbelasting in de tijd (bijvoorbeeld gedurende een aantal jaren), op basis van berekeningen en metingen bepaald. Dit verloop in de tijd wordt ook wel een trend genoemd.
- Een trend kan worden gevalideerd door te onderzoeken of berekende veranderingen in de geluidsbelasting ook zichtbaar zijn in de geluidmetingen. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt in hoeverre berekende veranderingen in de geluidbelasting (trends) overeenkomen met trends in de geluidbelasting op basis van metingen.
- Hiermee wordt op een (beperkt) aantal meetlocaties bepaald in hoeverre het rekenmodel geschikt is om de veranderingen in de geluidbelasting te volgen. Als dit het geval is wordt geconcludeerd dat het rekenmodel geschikt is om veranderingen in de geluidbelasting te voorspellen.

Met deze methode wordt onderzocht in hoeverre beide geluidbelastingen dezelfde trends volgen en dus of het rekenmodel het verloop in de geluidbelasting correct modelleert. Het betreft dus geen validatie van de absolute waarde van de geluidbelasting ter hoogte van de 35 Ke contour of elders in het rekengebied. Indien een meetnet gebruikt wordt voor trendvalidatie, is het van belang dat de meetposten op plaatsen staan met relatief veel vliegverkeer.

Deze methodiek is toegepast in referentie 15. Dit betreft een studie naar de geluidbelasting op Nederlands grondgebied nabij de NAVO vliegbasis Geilenkirchen (Duitsland), waarbij de berekende geluidbelasting tussen 2008 en 2012 gevalideerd is met meetgegevens van verschillende meetlocaties.

Het NLR heeft deze validatie uitgevoerd door trends in de berekende geluidbelasting te vergelijken met trends in de geluidbelasting op basis van metingen. Om een zo zuiver mogelijke validatie uit te voeren, zijn de meetgegevens bijvoorbeeld gecorrigeerd voor vliegtuigpassages die niet gemeten zijn en voor metingen die onterecht zijn aangezien voor vliegtuiggeluid. In referentie 15 staat nader toegelicht hoe bepaald is welke meetposten bruikbaar waren voor de trendvalidatie en hoe de meetgegevens gecorrigeerd zijn.

4 Voorbeelden van bestaande meetnetten

Ongeveer 85% van de honderd drukste luchthavens in de wereld hebben geluidmeetsystemen geïnstalleerd voor het meten van geluidniveaus (ref. 22). Deze systemen geven inzicht in het gemeten geluid rondom deze vliegvelden. In dit hoofdstuk worden enkele voorbeelden gegeven van bestaande meetnetten waarmee de door vliegverkeer veroorzaakte geluidniveaus en/of geluidbelasting rondom luchthavens wordt gemeten.

Dit hoofdstuk beschrijft zes typerende meetnetten:

- van verschillende omvang
- met verschillende doelen
- voor civiel en militair vliegverkeer

Hierbij wordt ingegaan op de doelen en eigenschappen van ieder meetnet. De voorbeelden van meetnetten zijn mede gekozen op basis van de hoeveelheid beschikbare informatie.

Tabel 3 vat de informatie over de verschillende meetnetten samen en in het vervolg van dit hoofdstuk wordt in meer detail ingegaan op de verschillende meetnetten.

Tabel 3: Overzicht van voorbeelden van bestaande meetnetten

Vliegveld	Aantal actieve meetposten	Land	Civiel of militair	Doel
Vliegbasis Geilenkirchen (Duitsland)	10	Nederland[1]	Militair	Informatievoorziening[2]
Schiphol	34	Nederland	Civiel	Informatievoorziening
Vancouver International Airport	20	Canada	Civiel	Informatievoorziening
Luchthaven Eindhoven	9	Nederland	Civiel en militair	Informatievoorziening
RAAF Base Williamtown	17	Australië	Militair	Informatievoorziening en monitoring[3]
Heathrow	11	Verenigd Koninkrijk	Civiel	Informatievoorziening en handhaving

[1] Vliegbasis Geilenkirchen ligt in Duitsland, maar de metingen vinden op Nederlands grondgebied plaats.
[2] Dit meetnet is ook gebruikt voor trendvalidatie, maar dit was oorspronkelijk niet het doel van het meetnet.
[3] Referentie 26 geeft aan dat dit meetnet niet alleen voor informatievoorziening wordt gebruikt, maar ook om “de blootstelling aan vliegtuiggeluid van de gemeenschap te managen”. Dit wil zeggen dat er sprake is van monitoring, maar hoe dit gebeurt, is niet nader uitgewerkt en daarom wordt hier niet verder op ingegaan in dit rapport.

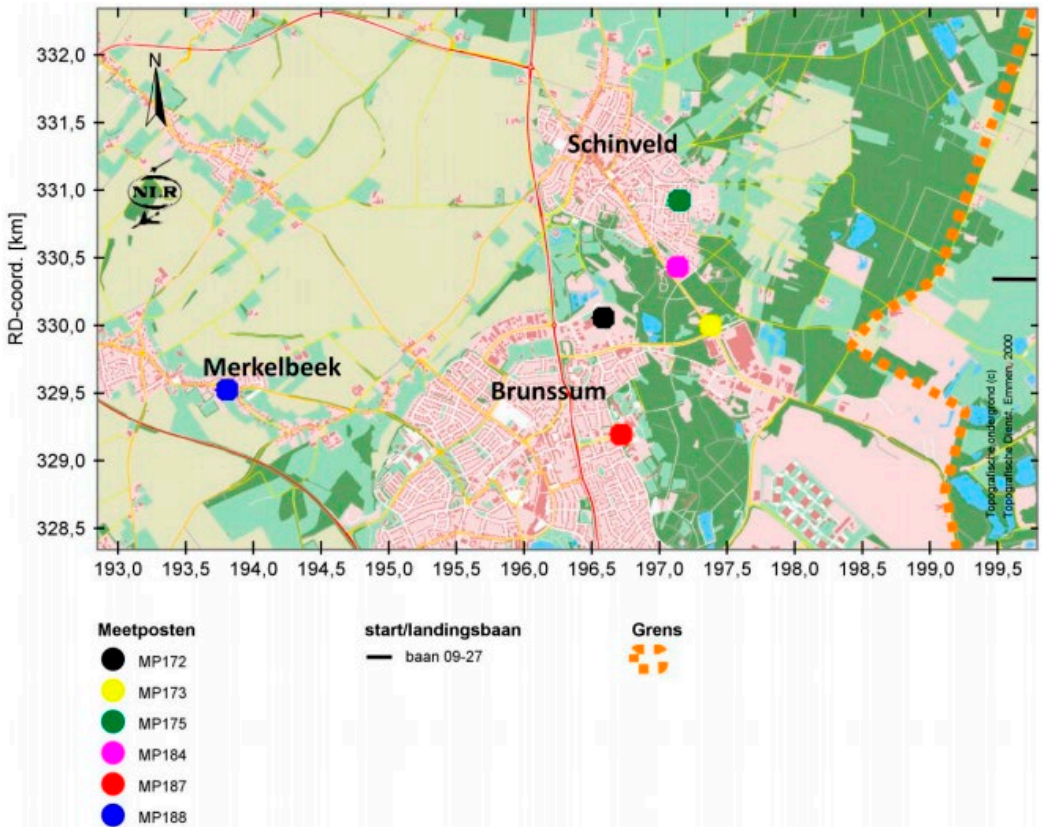
Voorbeelden van Nederlandse leveranciers zijn Casper[4], Sensornet[5] en Geluidconsult[6]. Voorbeelden van internationale leveranciers van geluidmeetsystemen zijn Brüel & Kjær (B&K)[7], Topsonic[8], Cirrus[9] en 01dB[10].

4.1 Vliegbasis Geilenkirchen

In de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen in Zuid-Limburg worden sinds 2008 geluidmetingen uitgevoerd om inzicht te geven in het geluid van AWACS vliegbewegingen van en naar de NAVO-vliegbasis Geilenkirchen. Het meetnet bestaat momenteel uit tien actieve meetposten van Sensornet op het Nederlands grondgebied en de meetresultaten kunnen continu worden bekeken via een website[11].

In 2010 heeft de Tweede Kamer de regering verzocht om de uitkomsten van geluidberekeningen te valideren met behulp van metingen (ref. 23). Om aan dit verzoek te voldoen is een trendvalidatie uitgevoerd met behulp van meetgegevens van het meetsysteem van Sensornet (ref. 15). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit meetsysteem oorspronkelijk niet bedoeld was voor het uitvoeren van een trendvalidatie. Figuur 6 toont de locatie van de meetposten die zijn gebruikt bij de trendvalidatie en de baan van vliegbasis Geilenkirchen (geheel rechts in de figuur).

[4] http://casper.aero
[5] www.sensornet.nl
[6] www.geluidconsult.nl
[7] www.bksv.com/
[8] http://topsonic.aero/en/
[9] www.cirrusresearch.co.uk/applications/aircraft-noise/
[10] http://01db.acoemgroup.com/airport-noise-abatement
[11] http://www.sensornet.nl/project/awacs



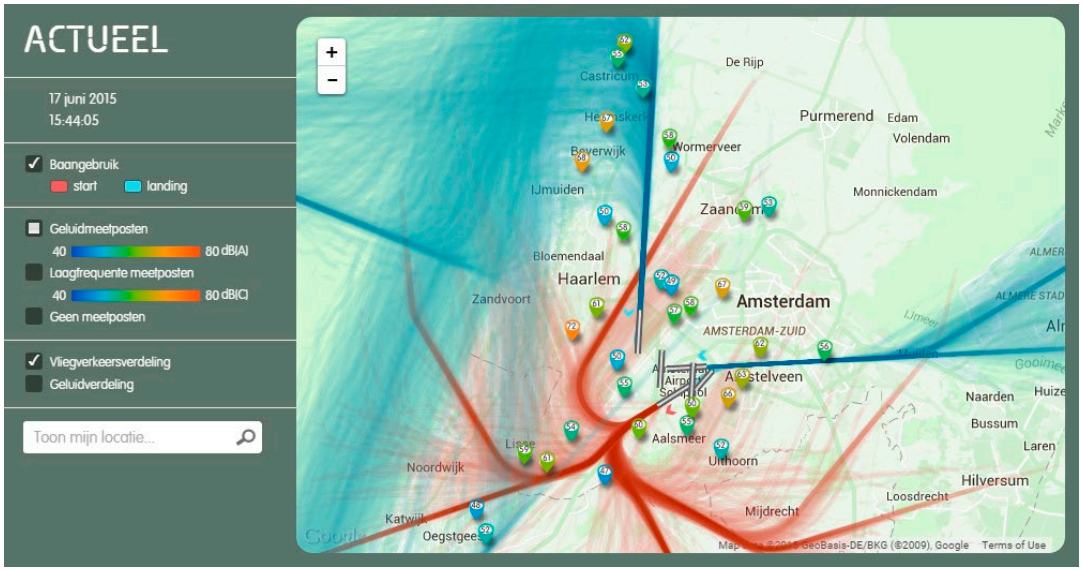
Figuur 6: Ligging van de zes meetposten die zijn gebruikt voor trendvalidatie

4.2 Schiphol

Het Noise Monitoring System (NOMOS) is een geautomatiseerd systeem dat het vliegtuiggeluid rondom Schiphol meet en vastlegt. Het systeem omvat momenteel 34 meetposten en wordt beheerd en onderhouden door Brüel & Kjær (B&K) in opdracht van Amsterdam Airport Schiphol (ref. 24).

De resultaten van de metingen worden gebruikt voor informatievoorziening, bijvoorbeeld met rapportages richting gemeentes en milieudiensten en via een openbare website[12]. Figuur 7 toont een screenshot van de website van NOMOS voor real-time informatievoorziening. Zoals uit de figuur blijkt wordt het systeem in dit geval niet enkel gebruikt voor het presenteren van gemeten geluidniveaus, maar is het ook mogelijk om de actuele vliegbanen afkomstig uit de radargegevens te visualiseren, evenals de in gebruik zijnde start- en landingsbanen.

[12] http://nomos.schiphol.nl



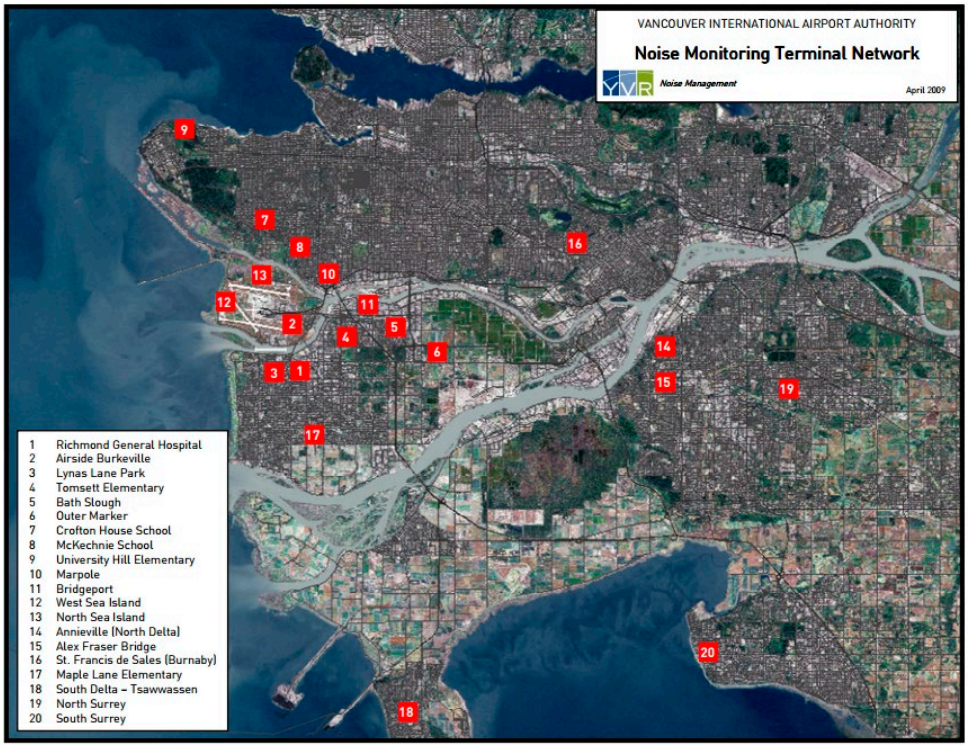
Figuur 7: Screenshot van de website NOMOS Online met real-time informatie over gemeten geluidniveaus (bron: http://nomos.schiphol.nl)

4.3 Vancouver International Airport

Sinds 1995 heeft de luchthaven van Vancouver een 'Airport Noise & Operation Monitoring System' (ANOMS), wat beheerd en onderhouden wordt door B&K. Het systeem registreert geluidniveaus op 20 permanente meetposten in de omgeving van het vliegveld (zie Figuur 8).

De verkregen informatie wordt jaarlijks in een rapport samengevat (ref. 25) en daarnaast is de online tool WebTrak[13] geïmplementeerd, waarmee omwonenden de mogelijkheid krijgen om real-time en historische data van vluchten en gemeten geluidniveaus te zien (informatievoorziening). De informatie uit het jaarlijkse rapport wordt gebruikt voor discussies tussen de omwonenden en andere belanghebbenden.

[13] www.yvr.ca/en/community-environment/Noise-management/Webtrak.aspx



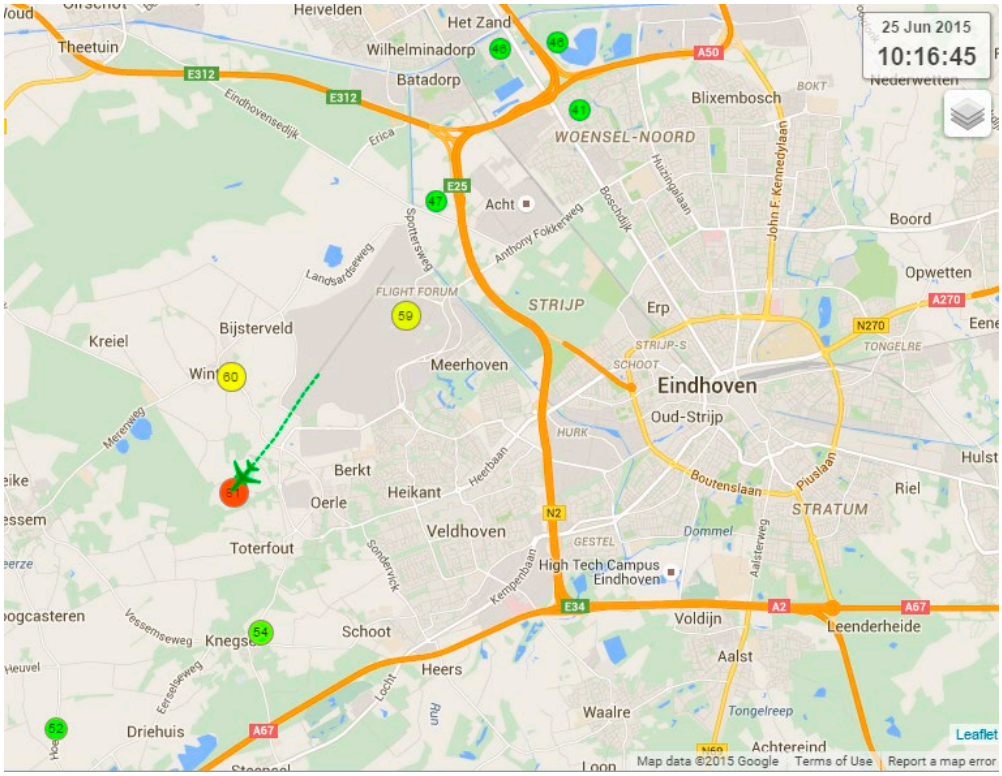
Figuur 8: Meetpostlocaties rondom de luchthaven van Vancouver (bron: ref. 25)

4.4 Luchthaven Eindhoven

Rondom de luchthaven Eindhoven staan negen meetposten van B&K die dagelijks meetgegevens naar het registratiesysteem ANOMS sturen. De meetposten liggen in Eindhoven, Best, Wintelre, Veldhoven, Knegsel en Duizel (zie Figuur 9). De meetgegevens worden gekoppeld aan de vluchtgegevens van het civiele luchtverkeer. Voor militaire vliegbewegingen wordt dit niet gedaan vanwege wetgeving die de geheimhouding van dergelijke gegevens vereist.

Om actuele en historische vliegbanen en gemeten geluidniveaus te tonen is de online tool WebTrak geïmplementeerd. Deze tool is via een website[14] te bereiken. Via deze website kan ook toegang worden verkregen tot het My Neighbourhood-systeem waarmee historische informatie over het gebruik van de luchthaven opgevraagd kan worden per periode van een maand, kwartaal of jaar. Hiermee wordt bijvoorbeeld inzichtelijk hoe vaak in een bepaalde richting wordt gevlogen en hoe de verdeling van het verkeer is over de uren van de dag. Tevens kan er per meetpost nadere informatie van de geluidniveaus worden opgezocht, zoals het totaal aantal geluidregistraties per meetlocatie en de verdeling per uur per geluidniveau.

[14] www.samenopdehoogte.nl; dit is een initiatief van de Alderstafel Eindhoven.

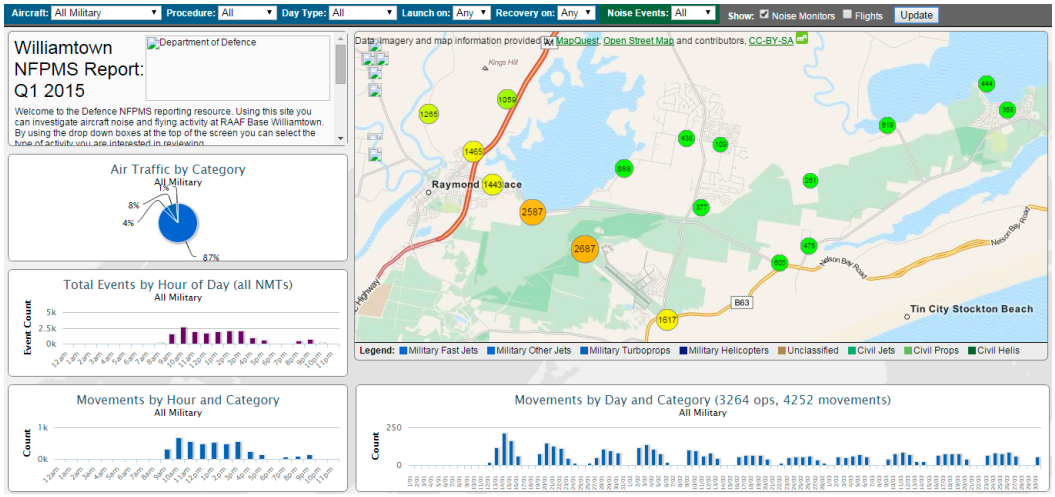


Figuur 9: WebTrak met real-time informatievoorziening van negen meetposten in de omgeving van de luchthaven Eindhoven (bron: www.samenopdehoogte.nl)

4.5 Royal Australian Air Force Base Williamtown

B&K beheert en onderhoudt in Australië de geluidmeetnetten rondom negen civiele én de drie militaire luchthavens van Amberley, Darwin en Williamtown (ref. 26). Rondom de vliegbasis Williamtown staan zeventien meetposten die meetgegevens naar het 'Noise and Flight Path Monitoring System' (NFPMS) sturen.

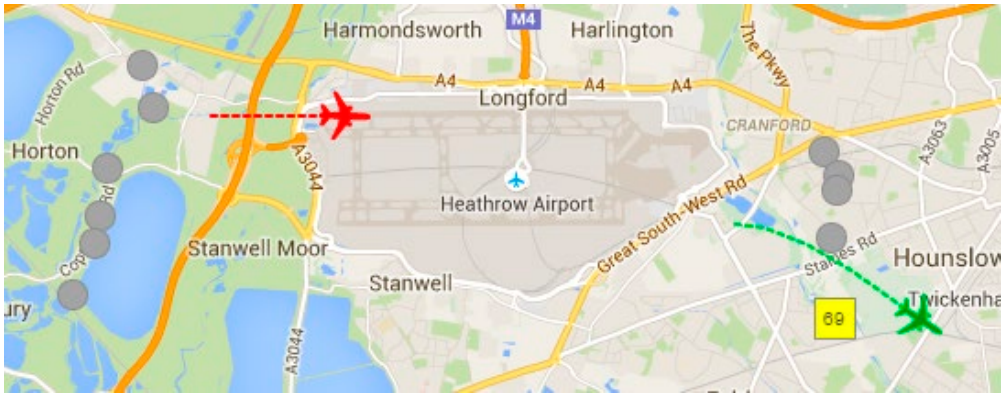
De meetgegevens van de meetposten worden gekoppeld aan (civiele of) militaire radartrack gegevens, waarvan elk kwartaal een rapport wordt uitgebracht (zie Figuur 10 voor het rapport over het eerste kwartaal van 2015). De gemeenschap krijgt deze informatie in een interactief formaat, met als doel de informatie op een begrijpelijke manier te presenteren.



Figuur 10: 'Defence NFPMS reporting'-website van de RAAF Base Williamtown voor eerste kwartaal van 2015 (bron: ref. 26)

4.6 Heathrow

Rondom Heathrow Airport staan elf meetposten die meetgegevens naar het registratiesysteem ANOMS sturen (zie Figuur 11). De meetgegevens worden gelinkt met de vluchtgegevens van het civiele luchtverkeer zodat informatie over individuele vluchten (zoals vliegtuigtype) kan worden opgezocht. Met WebTrak en My Neighbourhood kan informatie verkregen worden over vliegbewegingen en geluidmetingen (zoals in paragraaf 4.4 beschreven geven beide systemen ook inzicht in vliegbewegingen en geluidmetingen rondom de luchthaven Eindhoven).



Figuur 11: Ligging meetposten Heathrow, weergegeven met grijze cirkels en geel vierkant (bron: http://webtrak5.bksv.com/lhr4)

Naast deze vorm van informatievoorziening, worden de metingen ook gebruikt om boetes op te leggen aan een luchtvaartmaatschappij als de gemeten geluidniveaus de normen bij een van de meetposten overschrijden. Deze boetes worden besteed ten behoeve van de lokale gemeenschappen (ref. 27). Sinds 2014 kunnen de boetes oplopen tot £ 4000 per dB(A) overschrijding (zie ref. 28).

5 Specificaties en kosten van meetnetten

In dit hoofdstuk wordt, in algemene zin, voor verschillende specificaties en eigenschappen van meetnetten (zoals aantal meetlocaties en nauwkeurigheid van de microfoon) aangegeven welk effect deze hebben op de kosten van een meetnet en hoe ze gerelateerd zijn aan het doel van de metingen.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende aspecten die een rol spelen in de kostenopbouw:

- Aantal en eigendom van de meetposten; de prijs neemt bijvoorbeeld toe bij toenemend aantal meetposten (zie paragraaf 5.1).
- Aard van de locatie; de kosten nemen toe naarmate meer maatregelen nodig zijn om de beoogde meetlocatie geschikt te maken voor geluidmetingen. Mogelijk kunnen er ook kosten verbonden zijn aan het gebruik van een bepaalde locatie (zie paragraaf 5.2).
- Kwaliteit van de meetapparatuur; de kosten nemen toe indien een hogere kwaliteit vereist wordt (zie paragraaf 5.3).
- Benodigde functionaliteit, zoals dataverwerking en informatievoorziening en analyses; de kosten lopen op als analyses met de meetgegevens worden uitgevoerd en naarmate meer functionaliteit gewenst wordt. Bijvoorbeeld als gegevens beschikbaar gemaakt moeten worden voor informatievoorziening, indien aanvullende gegevens nodig zijn zoals weersgegevens en naarmate de metingen langer duren (zie paragraaf 5.4).

Paragraaf 5.6 geeft een indicatie van de kosten van geluidmeetnetten en paragraaf 5.7 beschrijft de specificaties van meetnetten voor twee verschillende toepassingen. Deze informatie is vervolgens in hoofdstuk 6 gebruikt als input bij het vaststellen van aanbevelingen voor meetnetten nabij Leeuwarden en Volkel.

5.1 Aantal en eigendom van de meetposten

Hoe meer meetpunten er geplaatst worden, hoe duurder de aanschaf van het meetnet wordt. Naarmate het aantal meetposten toeneemt, zullen ook de jaarlijks terugkerende kosten stijgen. Deze kosten hangen bijvoorbeeld samen met onderhoud van de meetposten en kalibratie van de microfoons.

Het aantal meetposten is sterk afhankelijk van het doel van de metingen. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Indien het meetnet tot doel heeft om inzicht te geven in de geluidsniveaus in de omgeving waar mensen wonen, dan ligt het voor de hand om in woonkernen te meten en is het aantal woonkernen en het aantal meetposten per woonkern bepalend. Dit aantal zal lager zijn als alleen gekozen wordt voor de woonkern(en) met de hoogste geluidbelasting. Een ander uitganspunt kan zijn om alleen te meten in woonkernen met een minimum aantal inwoners binnen de 35 Ke geluidzone. Indien gemeten wordt op alle locaties waar hinder wordt ondervonden ten gevolge van vliegbewegingen, zal ook buiten de 35 Ke contouren gemeten dienen te worden.
- Als van iedere vliegbeweging een meting gewenst wordt (bijvoorbeeld om aantallen bewegingen te tellen of om met de resultaten van één meetpost zoveel mogelijk vliegbewegingen onderling te kunnen vergelijken), ligt het voor de hand om meetposten op te stellen in de buurt van de uiteinden van iedere baan, eventueel zelfs aan weerszijde van de verwachte grondpaden. Dit wil zeggen dat het aantal baanuiteinden bepalend is. Verder weg van de baan zal de hoeveelheid meetbare vliegbewegingen doorgaans lager worden doordat verschillende routes gevlogen worden. Daardoor komt niet iedere vliegbeweging over de verderaf gelegen meetpost heen.
- Indien de berekende geluidbelasting op een punt in de buurt van de zonecontour vergeleken wordt met metingen, hangt het aantal meetposten af van de operaties op het vliegveld. Er kan bijvoorbeeld voor gekozen worden om een meetpost te plaatsen op een punt waar vooral landend verkeer de contour passeert en een punt waar voornamelijk startend verkeer de contour passeert.

Als metingen op een groot aantal locaties gewenst worden, kan overwogen worden om met mobiele meetposten achtereenvolgens op verschillende locaties te meten, om zo de kosten te reduceren. Mobiele meetposten kunnen ook gebruikt worden om proefmetingen te doen alvorens een permanent meetnet geplaatst wordt, zodat een gefundeerde keuze gemaakt kan worden voor de definitieve meetlocaties, die door de omgeving het meest relevant worden geacht. Zo wordt eerst ervaring opgedaan met de mogelijkheden en resultaten van een meetnet alvorens een definitief meetnet geplaatst wordt. Hierbij kan bijvoorbeeld bepaald worden of er voldoende vliegbewegingen gemeten kunnen worden om aan het doel van het meetnet te kunnen voldoen. Tot slot kunnen mobiele meetposten gebruikt worden voor aanvullende metingen ten tijde van incidentele veranderingen op een vliegbasis, zoals oefeningen of baanonderhoud.

Ook het eigendom van de meetposten heeft invloed op de kosten. Als de meetposten gekocht worden, resulteert dit in eenmalige aanschafkosten. Indien meetposten gehuurd worden moet periodiek huur betaald worden, waardoor er sprake is van jaarlijks terugkerende kosten.

5.2 Aard van de meetlocatie

Een meetlocatie moet geschikt te zijn om te voldoen aan het doel van de metingen. Zo dient voor informatievoorziening gemeten te worden op plaatsen waar het gemeten geluid relevant is voor de mensen die geïnformeerd willen worden. Voor het signaleren van piekniveaus ligt het voor de hand om te meten op plaatsen waar de hoge piekniveaus optreden.

Ongeacht het doel van de metingen, is het daarnaast wenselijk dat de gekozen locaties geschikt zijn voor geluidmetingen. Zo is het bijvoorbeeld van belang dat de verwachte geluidniveaus ten gevolge van vliegtuigen voldoende boven het achtergrondgeluidniveau liggen. Daarnaast dienen in de buurt van de meetpost geen objecten te staan die vliegtuiggeluid kunnen afschermen of reflecteren. Eisen aan de meetlocatie worden beschreven in referentie 4. Deze eisen hoeven niet direct tot meer kosten te leiden, maar kunnen wel het aantal geschikte locaties beperken.

Naast deze eisen om tot goede meetresultaten te komen moet ook rekening gehouden worden met de volgende zaken:

- Beveiliging en veiligheid van de locatie
- Beschikbaarheid van stroom en een dataverbinding
- Eigendom van de locatie (publiek of privé terrein)

Afhankelijk van de beoogde locatie, kunnen bovenstaande zaken een verschillend effect op de kosten hebben. Dit wordt nader toegelicht in de volgende paragrafen.

5.2.1 Beveiliging en veiligheid

Per locatie dient ingeschat te worden of er risico's zijn op vandalisme, diefstal en schade door dieren. Daarnaast moet voldaan worden aan ARBO voorschriften, zodat de locatie veilig is voor onderhoudsmonteurs en elektriciens. Bij een meetpost rondom Schiphol is een speciaal klimtuig ontworpen om bij de meetpost op het dak van flatgebouw Buitenhof in Heemskerk te komen en is er bij een meetpost in Castricum een hek geplaatst (ref. 29). Zulke maatregelen verhogen de kosten van het plaatsen van een meetpost.

5.2.2 Stroomvoorziening en dataverbinding

Indien op een gewenste meetlocatie geen stroomtoevoer en/of aansluiting met een vaste dataverbinding beschikbaar is, kan dit op twee manieren worden opgelost:

- Aanleggen van stroomvoorziening en een dataverbinding.
- Gebruik maken van zelfvoorzienende meetposten (met zonnepanelen en draadloze communicatie). Deze meetposten zijn over het algemeen duurder en indien gebruik wordt gemaakt van zonnepanelen kan niet worden gegarandeerd dat de meetpost altijd zal werken. Daarom wordt in ieder geval geadviseerd om te zorgen voor de beschikbaarheid van een stroomvoorziening op de meetlocatie.

Samenvattend wil dit zeggen dat extra kosten gemaakt zullen worden als op een meetlocatie geen stroomvoorziening en dataverbinding beschikbaar zijn. Hierbij kan per geval onderzocht worden of het goedkoper is om een dataverbinding aan te leggen of een meetpost met een draadloze dataverbinding aan te schaffen. Indien voor de laatste optie gekozen wordt dient rekening gehouden te worden met de eventuele beveiliging van de meetgegevens.

5.2.3 Eigendom locatie

Naast het aanvragen van een bouwvergunning bij de gemeente is het in sommige gevallen nodig om een contract af te sluiten met particuliere eigenaren. De goedkeuring kan ingewikkeld en tijdrovend zijn, en dus ook kosten met zich meebrengen (ref. 4). Het plaatsen van een meetpost op publiek terrein kost daardoor mogelijk minder dan het plaatsen op een privé terrein, maar kan wel tot gevolg hebben dat de meetpost eenvoudiger toegankelijk is waardoor extra kosten gemaakt dienen te worden met het oog op de beveiliging van de meetpost. Verder kan bijvoorbeeld een gemeente bij plaatsing op publiek terrein besluiten dat er precariobelasting[15] betaald moet worden.

5.3 Kwaliteit meetapparatuur

Microfoons worden ingedeeld in nauwkeurigheidsklassen[16] 1 en 2 volgens een internationale standaard die informatie geeft over de nauwkeurigheid van de metingen (ref. 30). Klasse 1 geeft een lagere meetonnauwkeurigheid. Voor metingen ten behoeve van informatievoorziening voldoet klasse 2 apparatuur (ref. 31).

De kosten van meetapparatuur zullen toenemen naarmate de meetapparatuur nauwkeuriger wordt. Afhankelijk van de gewenste toepassing zal een keuze gemaakt moeten worden voor de

[15] Een gemeentelijke belasting voor het plaatsen van een meetpost op gemeentegrond
[16] In de norm met betrekking tot geluidmeters (ref. 30), wordt gesproken over ‘class’. In dit rapport wordt dit vertaald in ‘klasse’. In Nederlandstalige literatuur wordt echter ook gesproken over type 1 en type 2 microfoons.

minimale nauwkeurigheid van de microfoon. Daarnaast kan ook de levensduur van de microfoon variëren. Een microfoon met een hogere levensduur, zal in de regel duurder zijn.

Naast de meetonnauwkeurigheid is het van belang dat de microfoon voldoende bereik heeft om de optredende geluidniveaus te meten. Het bereik van een microfoon geeft aan tussen welke geluidniveaus en frequenties de microfoon met de gewenste nauwkeurigheid kan meten. De te verwachten geluidniveaus op meetlocaties rondom Leeuwarden en Volkel kunnen voor aanvang van de metingen worden ingeschat op basis van reeds beschikbare metingen, met behulp van berekeningen of met een mobiele meetpost.

5.4 Benodigde gegevens, dataverwerking en informatievoorziening

De verzamelde meetgegevens zullen gebruikt worden om te voldoen aan de doelstelling van de metingen (zie paragraaf 3.2.1 voor een overzicht van mogelijke doelstellingen van metingen). Daardoor heeft het doel van de metingen ook een direct effect op de kosten van het meetnet. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat de gegevens geanalyseerd worden of beschikbaar gemaakt worden ten behoeve van informatievoorziening.

Afhankelijk van het doel van de metingen kan bepaald worden welke meetgegevens nodig zijn. De kosten hangen af van de benodigde meetgegevens. Hieronder worden drie voorbeelden daarvan gegeven:

- Voor informatievoorziening via een website moeten meetgegevens verwerkt worden. De gegevensverwerking kan geautomatiseerd worden zodat hiervoor slechts eenmalig kosten gemaakt hoeven te worden. Daarnaast kost zowel het opzetten als onderhouden van de website zal geld. De kosten voor een website nemen toe naarmate deze uitgebreider en geavanceerder wordt.
- Bij het gebruik van meetgegevens voor trendanalyse is het wenselijk de geluidmeetgegevens te corrigeren voor eventuele ontbrekende metingen of metingen die ten onrechte aan een vliegtuigpassage zijn gekoppeld. Ook kunnen metingen onder slechte weersomstandigheden (bijvoorbeeld met windsnelheden van meer dan 10 m/s) gefilterd worden. Hiertoe is weersinformatie nodig. Deze analyses van de meetgegevens brengen kosten met zich mee.
- De duur van de metingen zal van grote invloed zijn op de totale kosten, omdat deze zullen oplopen naarmate langer gemeten wordt. Indien het doel van de metingen bijvoorbeeld is om een goede vergelijking te maken tussen de geluidproductie van de F-16 en de F-35 kan bijvoorbeeld 1 of 2 jaar na ingebruikname van de F-35 gestopt worden met metingen. Als het doel is om omwonenden blijvend van informatie te voorzien,

zullen de metingen permanent zijn, wat jaarlijks extra kosten met zich meebrengt. Op basis van de gewenste duur van de metingen kan bepaald worden of het gebruik van een mobiele meetpost of vaste meetpost wenselijk en/of goedkoper is.

- Na het publiceren van de meetgegevens of andere resultaten valt te verwachten dat dit tot vragen zal leiden. Zowel het beantwoorden van deze vragen als ook de aanvullende analyses die nodig kunnen zijn om vragen te beantwoorden brengen kosten met zich mee.

Tot slot moet rekening gehouden worden met het feit dat het gebruik van niet openbare gegevens mogelijk tot extra kosten kan leiden. In artikel 34 van het besluit militaire luchthavens (ref. 9) staat beschreven welke gegevens op dit moment niet openbaar mogen worden gemaakt. Bij het gebruik van dergelijke gegevens, zullen kosten gemaakt moeten worden om analyses op een goed beveiligde manier uit te voeren.

5.5 Samenvatting kostenbepalende elementen

Tabel 4 geeft een overzicht van de verschillende elementen die van invloed zijn op de prijs van een meetnet.

Tabel 4: Samenvatting kostenbepalende elementen

	Opmerking
Aantal meetposten	Zie paragraaf 5.1
Keuze voor mobiele of vaste meetposten	Zie paragraaf 5.1
Keuze voor koop of huur van meetposten	Zie paragraaf 5.1
Beveiliging locatie	Zie paragraaf 5.2.1
Voldoen aan ARBO voorschriften	Zie paragraaf 5.2.1
Noodzaak tot aanleggen stroomvoorziening en dataverbinding	Zie paragraaf 5.2.2
In orde maken van vergunningen voor plaatsing meetpost	Zie paragraaf 5.2.3
Betalen van particulieren voor gebruik meetlocatie	Zie paragraaf 5.2.3
Precariobelasting	Zie paragraaf 5.2.3
Kwaliteit van microfoons (gewenste meetnauwkeurigheid en meetbereik)	Zie paragraaf 5.3
Kosten voor informatievoorziening (indien dit het doel van de metingen is)	Zie paragraaf 5.4
Kosten voor rapportages, analyses en beantwoording van vragen (indien gewenst)	Zie paragraaf 5.4
Noodzaak voor aanvullende meetgegevens naast geluidmeetgegevens	Zie paragraaf 5.4
Duur van de metingen	Zie paragraaf 5.4

De volgende zaken hebben de grootste invloed op de eenmalige kosten:

- Aantal mobiele of vaste meetposten: mobiele meetposten zijn flexibeler in te zetten waardoor de kosten kunnen afnemen[17].
- Beveiliging van de meetlocatie: deze kosten zijn lager als een meetpost op een gebouw wordt geplaatst.
- Voorzieningen: als de locatie van de meetpost dicht bij bestaande voorzieningen ligt, kan dit de prijs beperken.
- Kwaliteit van de microfoons.
- Aanvullende meetgegevens: om aanvullende meetgegevens zoals weersgegevens te kunnen verzamelen en verwerken moeten kosten worden gemaakt.

De volgende zaken hebben de grootste invloed op de jaarlijks terugkerende kosten:

- Informatievoorziening: - De continue verwerking en het beschikbaar maken van de geluidsdata (via een website) resulteren in jaarlijkse kosten. Deze kosten zijn afhankelijk van de gewenste informatie.
- Periodieke rapportages: rapportages, analyses en de beantwoording van vragen kosten geld. Deze kosten staan los van de eventuele kosten voor informatievoorziening.

De meeste kosten zijn onafhankelijk van het doel van de metingen. De volgende specificaties hangen echter wel samen met het doel:

- Aantal meetposten.
- Kwaliteit van de microfoons.
- Eventuele kosten voor informatievoorziening en de wijze waarop de informatie wordt gepresenteerd (website of rapporten).
- Eventuele kosten voor rapportages, analyses en beantwoording vragen.
- Noodzaak voor aanvullende meetgegevens naast geluidmeetgegevens.
- Duur van de metingen.

Deze zaken, die een grote impact hebben op de kosten, hebben een directe relatie met het doel van de metingen. Ze bepalen daarom voor een belangrijk deel de kosten van een meetnet, zoals blijkt uit de volgende twee voorbeelden:

- Indien een meetnet wordt opgezet voor informatievoorziening zullen kosten gemaakt moeten worden om de gewenste informatie helder en tijdig te presenteren. Daarnaast zullen kosten gemaakt worden voor rapportages, analyses en het beantwoorden van

[17] Bij relatief kortdurende metingen kan huren goedkoper zijn dan het aanschaffen van meetposten. Hierdoor nemen de eenmalige kosten af, maar worden de jaarlijks terugkerende kosten hoger (indien meerdere jaren gemeten wordt).

vragen naar aanleiding van de gepresenteerde informatie. De eisen aan de kwaliteit van de metingen zijn beperkt, al ligt het voor de hand om te voldoen aan de ISO norm voor het onbemand meten van vliegtuiggeluid (ref. 4).

- Indien een meetnet wordt opgezet voor trendvalidatie zullen kosten gemaakt moeten worden om de kwaliteit van de resultaten van de geluidmetingen te garanderen en om de benodigde analyses uit te voeren en te rapporteren.

5.6 Indicatie van kosten van meetnetten

Zoals beschreven in de voorgaande paragrafen, is een groot aantal factoren van invloed op de kosten die samenhangen met de inzet van een meetnet. Hierdoor, en omdat het concurrentiegevoelige gegevens betreft, publiceren leveranciers van meetnetten geen publieke informatie over de kosten van hun meetnetten. In deze paragraaf wordt met behulp van beschikbare informatie een indicatie gegeven van kosten die een rol spelen bij de realisatie van een meetnet.

Voor drie Nederlandse meetnetten is informatie gevonden met betrekking tot kosten:

- In 2007 kostte één meetpunt met een klasse 2 microfoon van Geluidsnet (zoals Sensornet toentertijd heette) voor het meetnet nabij Geilenkirchen ongeveer € 3.000,- per jaar exclusief BTW (ref. 18). In 2010 bedroegen de kosten ongeveer € 3.500,- per meetpunt en ongeveer € 10.000,- per jaar voor verschillende jaarrapportages (ref. 32). Geluidsnet/Sensornet maakt gebruik van een opstelling met minimaal drie meetpunten zodat de meetresultaten van meerdere microfoons gebruikt kunnen worden voor de detectie van vliegtuigen. Hierdoor zullen de totale kosten minimaal € 10.500,- bedragen.
- Een meetopstelling van Luistervink kost eenmalig € 30.000,- (exclusief een aantal zaken, waaronder de eventuele aanleg van de stroomvoorziening). De jaarlijkse kosten bedragen ongeveer € 4.000,- en een jaarrapportage kost € 4.600,- (ref. 32).
- De aanschafprijs van een NOMOS meetpost ligt rond € 20.000,- en de inrichting van een locatie ligt rond € 15.000,-, waarmee de totale kosten per meetpost op € 35.000,- komen. De inrichtkosten zijn vooral afhankelijk van het soort locatie (grond of dak) en van de voorzieningen die nog aangelegd moeten worden, zoals ARBO voorzieningen in het geval van een locatie op een dak of een hek bij een grondlocatie. Graafwerkzaamheden ten behoeve van de aanleg van elektra kunnen relatief hoge extra kosten met zich meebrengen (bron: Schiphol group).

Uit bovenstaande informatie blijkt dat er een grote spreiding bestaat in de mogelijke kosten per meetpost. Deze spreiding hangt samen met de gemaakte keuzes voor de verschillende

specificaties van de meetposten, zoals beschreven in paragrafen 5.1 tot en met 5.4. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de kosten voor het geschikt maken van de meetlocatie (deze zijn in het geval van Sensornet lager dan bij NOMOS), type microfoon (klasse 2 voor Sensornet en klasse 1 voor NOMOS en Luistervink).

Figuur 12 toont een voorbeeld van twee meetposten, waaruit onder andere het verschil met betrekking tot de gekozen beveiliging van de meetpost blijkt. Rondom de rechter meetpost zijn hekken geplaatst. Bij de linker meetpost is dit niet nodig aangezien deze op een dak staat. Daarnaast is het bij de aanleg van de rechter meetpost vermoedelijk nodig geweest om de elektriciteitsvoorziening aan te leggen, terwijl dit bij de linker meetpost eenvoudiger is, aangezien in het gebouw waar de meetpost op staat al stroom aanwezig is. Deze zaken kunnen een rol spelen bij de verschillen in de kosten van beide meetposten.

Figuur 12: Voorbeelden van verschillende meetposten (bronnen: ref. 18 en http://nomos.schiphol.nl)

De uiteindelijke installatiekosten van een meetnet zijn vooral afhankelijk van het aantal meetposten en kunnen variëren van tienduizenden euro´s tot honderdduizenden euro´s. Hierbij is het van belang op te merken dat de prijzen sterk kunnen variëren wanneer meerdere meetposten tegelijk worden afgenomen en/of contracten voor meerdere jaren worden afgesloten. Naast eenmalige kosten voor de installatie van een meetnet is ook sprake van jaarlijks terugkerende kosten.

Naast de kosten voor meetposten, kunnen aanvullende kosten in rekening worden gebracht voor rapportages en analyses van de gemeten gegevens.

5.7 Mogelijke invulling voor meetnet Leeuwarden en Volkel

Het belangrijkste uitgangspunt bij het realiseren van het meetnet moet zijn dat het meetnet invulling geeft aan de hiervoor genoemde doelen. Daarbij moet eerst bepaald worden of een meetnet toegevoegde waarde heeft naast reeds beschikbare informatie, zoals jaarberekeningen.

In dat geval kunnen de eigenschappen van de meetnetten rondom de vliegbases Leeuwarden en Volkel verder worden beschreven op basis van de voorgaande informatie. Zo is in paragraaf 5.5 toegelicht dat de specificaties van een meetnet samenhangen met het doel van het meetnet. Voor de meetnetten rondom Leeuwarden en Volkel heeft de stuurgroep de volgende doelstellingen geformuleerd:

a. Monitoren van de geluidcontour (betrouwbaarheid rekensysteem verbeteren en waarborgen)
b. Piekniveaus signaleren (monitoren en analyseren)
c. Informatievoorziening aan omwonenden.

Bij de invulling van de meetnetten ligt het voor de hand om te zorgen dat het meetnet voldoet aan internationale richtlijnen voor het meten van vliegtuiggeluid rondom vliegvelden (ref. 4) en dienen alleen openbare gegevens gepresenteerd te worden. Zo zijn bijvoorbeeld de aantallen vliegbewegingen en de verdeling over het etmaal van militair verkeer niet openbaar (zie artikel 34 van ref. 9). Momenteel onderzoekt het Ministerie van Defensie of deze regelgeving aangepast kan worden zodat in de toekomst meer informatie verstrekt kan worden dan onder de huidige regelgeving mogelijk is.

Voor het waarborgen van de betrouwbaarheid van geluidberekeningen bestaan meerdere mogelijkheden, zoals het gebruik van geluidmetingen, het toetsen van de invoergegevens voor geluidberekeningen door de Militaire Luchtvaart Autoriteit (MLA) of het instellen van een auditcommissie die audits uitvoert om te toetsen of het juiste proces wordt gevolgd bij het verzamelen van invoergegevens voor berekeningen. Vanuit de COVM Eindhoven is bijvoorbeeld een auditcommissie opgericht. Deze heeft zich in eerste instantie gericht op het proces van de afhandeling van (klachten) meldingen en informatievoorziening (zie ref. 33)

Hierna volgen twee voorbeelden van mogelijke meetnetten, op basis van de bovenstaande doelstellingen van de stuurgroep:

1. **Informatievoorziening**: een meetnet voor permanente informatievoorziening aan de omwonenden van de vliegbasis (doelstelling c). Het primaire doel van dit meetnet is om de omgeving van een vliegbasis te informeren over (vliegtuig)geluid zoals dat in de omgeving gemeten wordt.
2. **Monitoring**: een meetnet waarbij de meetresultaten voor verschillende analyses gebruikt worden. Hierbij gaat het zowel om het waarborgen van de betrouwbaarheid van de berekeningen(doelstelling a) als om het analyseren van piekniveaus (doelstelling b). Deze controle kan bijvoorbeeld gedaan worden door te onderzoeken of het aantal vliegbewegingen in de invoergegevens (ongeveer) gelijk is aan het aantal door een geluidmeetpost geregistreerde vliegbewegingen (rekening houdend met het feit dat mogelijk ook andere bronnen gemeten kunnen worden en dat niet alle vliegbewegingen gemeten kunnen worden).

De voorbeelden geven een indicatie van hoe een meetnet eruit zou kunnen zien. Daar waar nog keuzes gemaakt dienen te worden (bijvoorbeeld met betrekking tot het precieze aantal meetposten) zal dit worden aangegeven. Tabel 5 geeft, per doelstelling, een overzicht van de invulling van de meetnetten. De voorgestelde invulling van de meetnetten wordt na de tabel toegelicht.

Tabel 5: Mogelijke invulling meetnetten

Type meetnet	Informatievoorziening	Monitoring
Doelstelling	• c, informatievoorziening aan omwonenden	• a, waarborgen betrouwbaarheid berekeningen b, signaleren piekniveaus
Meetlocaties	• Metingen vinden plaats op voor omwonenden relevante punten, doorgaans nabij woonbebouwing. • 5 tot 10 meetposten voor Leeuwarden, 4 tot 8 meetposten voor Volkel	• Metingen dicht bij de baanuiteinden en eventueel op aanvullende punten waar analyses van piekniveaus gewenst zijn. • 6 tot 7 meetposten voor Leeuwarden en 4 tot 5 meetposten voor Volkel.
Duur van de metingen	Tot het moment dat aan de informatiebehoefte van de omgeving is voldaan (bijvoorbeeld als duidelijk is hoe de geluidproductie van de F-35 zich verhoudt tot die van de F-16).	Voor het signaleren van piekniveaus minimaal één jaar meten voor en na de invoering van de F-35 en eventueel ook tijdens de invoering. Voor het bepalen van aantallen vliegbewegingen die dienen als invoergegevens voor berekeningen kan een meetperiode van een jaar worden toegepast.
Methode van informatie-voorziening	Website met actuele piekniveaus, historische meetgegevens en achtergrondinformatie over geluid-metingen en het gebruik van de basis.	Rapportage met informatie over de gemeten piekniveaus en met conclusies van de controle van invoergegevens voor berekeningen.
Noodzaak voor aanvullende analyses	Niet nodig	Meetgegevens dienen nader geanalyseerd te worden om afwijkende, missende of niet aan vliegbewegingen gerelateerde piekniveaus te verklaren.
Technische specificaties: • Eisen aan meetlocaties	Trachten te kiezen voor relevante locaties waar de kans op verstoring door andere geluidbronnen en reflecties een weerkaatsing klein zijn.	Meetlocaties dienen te voldoen aan alle eisen uit de ISO norm met betrekking tot het meten van vliegtuiggeluid (ref. 4).
• Mogelijkheid tot terugluisteren metingen	Niet noodzakelijk, maar kan in bepaalde gevallen wel wenselijk zijn.	Dit is gewenst om opvallende resultaten (steekproefsgewijs) terug te luisteren.
• Type microfoon	Minimaal klasse 2	Klasse 1

Voor het aantal meetposten kan in dit stadium nog geen exact getal worden gegeven, omdat dit afhangt van de gehanteerde uitgangspunten voor de locatiekeuze en het al dan niet gebruik maken van mobiele meetposten. Daarom is per doel een indicatie gegeven van mogelijke aantallen meetposten.

Bij het vaststellen van de locaties waar gemeten wordt ten behoeve van informatievoorziening kunnen verschillende criteria gebruikt worden, bijvoorbeeld of een mogelijke meetlocatie binnen of buiten de zone ligt (zie ook paragraaf 5.1). De gegeven indicatie voor de aantallen meetposten voor een meetnet ten behoeve van informatievoorziening zijn gebaseerd op de aantallen woonkernen in de omgeving van beide vliegbases.

Of een meetnet ten behoeve van informatievoorziening gebruik maakt van vaste of mobiele meetposten hangt af van de precieze invulling van de informatievoorziening. Afhankelijk van de exacte informatiebehoefte kan de meest geschikte en kostenefficiënte oplossing gekozen worden.

Als gemeten wordt ten behoeve van het waarborgen van de betrouwbaarheid van berekeningen, is het wenselijk om dicht bij de baanuiteinden van beide bases te meten. Hierdoor kunnen de aantallen vliegbewegingen goed bepaald worden. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat meten dicht bij een basis het nadeel heeft dat relatief grote meetfouten optreden indien een vliegtuig op zeer korte afstand van een meetpost passeert. Bij het tellen van aantallen vliegbewegingen is dit geen probleem, maar indien de waarden van de gemeten piekniveaus geanalyseerd worden moet hier wel rekening mee gehouden worden. Bij Volkel is sprake van twee parallelle banen die dicht bij elkaar liggen. Om het aantal meetposten te beperken, kunnen eventueel alle vliegbewegingen in één richting met één meetpost tussen de twee banen in geteld worden.

Als gemeten wordt ten behoeve van het signaleren van piekniveaus, kan gemeten worden op locaties waar mensen worden blootgesteld aan vliegtuiggeluid, zoals nabij de woonbebouwing waar de hoogste piekniveaus verwacht worden. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van metingen met een mobiele meetpost voor steekproefsgewijze controles van invoergegevens voor berekeningen of voor kortdurende metingen ten behoeve van analyses van piekniveaus.

De precieze duur van metingen ten behoeve van monitoring hangt af van de tijd die nodig is om te voldoen aan de behoefte van de omgeving. De voorgestelde meetperiode van een jaar garandeert dat in ieder geval gedurende alle seizoenen metingen worden uitgevoerd. Om een

vergelijking te kunnen maken tussen de F-16 en F-35 moet zowel één jaar gemeten te worden in een periode waarin de F-16 operationeel is als één jaar waarin de F-35 operationeel is. Indien de metingen starten voor de ingebruikname van de F-35 en doorgaan totdat de F-16 niet meer in gebruik is, zullen de metingen waarschijnlijk 5 tot 7 jaar duren.

Het is hierbij mogelijk om beide doelen te combineren op één locatie, bijvoorbeeld door het verschaffen van informatie over metingen die gebruikt worden ten behoeve van monitoring. Hierdoor zal het aantal benodigde meetposten afnemen. Daarnaast kan een meetnet zodanig worden ingericht dat het geschikt is om verschillende doelstellingen in te vullen. Voordat het meetnet geplaatst wordt, kunnen proefmetingen gedaan worden met mobiele meetposten, zodat een gefundeerde keuze gemaakt kan worden voor de definitieve meetlocaties, die door de omgeving het meest relevant worden geacht.

6 Beantwoording onderzoeksvragen en aanbevelingen

Het hoofddoel van deze rapportage is het beantwoorden van een vragenlijst over het meten van vliegtuiggeluid. De antwoorden op deze vragen zullen in dit hoofdstuk per vraag worden samengevat met een verwijzing naar de sectie van het rapport waarin nadere informatie staat met betrekking tot het betreffende antwoord.

Op basis van deze antwoorden en de door de stuurgroep geformuleerde doelen is vervolgens een aanbeveling geformuleerd met betrekking tot de plaatsing van een meetnet voor de velden Leeuwarden en Volkel.

6.1 Antwoorden op de vragen

In deze paragraaf staan de antwoorden op de verschillende hoofdvragen en subvragen, waarbij wordt verwezen naar de bijbehorende passages in dit rapport.

6.1.1 Hoofdvraag 1

In relatie tot monitoren:
Hoe kan een doorlopend door metingen onderbouwd monitoringprogramma worden opgezet waarmee de geluidbelasting in beeld wordt gebracht en gevalideerd?

Onderzoekspunten hierbij zijn:

a. Validatie van de (jaarlijkse) 35 Ke geluidcontour rondom Leeuwarden en Volkel
b. Monitoring door meting (permanent vs. semi-permanent), berekening of combinatie daarvan (hybride)
c. Aan welke specificaties (aantallen meetpunten, meetlocaties, type microfoon, data verwerking, etc.) moet het geluidsmeetnet voldoen?
d. Wat zijn de kosten van een dergelijk geluidsmeetnet?
e. Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee geluidbelasting wordt vastgelegd; hoe wordt er eventueel gehandhaafd aan de hand van nationale wet/regelgeving?

<u>Antwoord op de hoofdvraag</u>

Met behulp van een meetnet kunnen de geluidniveaus van individuele vliegbewegingen worden gemeten. Deze geluidniveaus kunnen vervolgens bij elkaar worden opgeteld om de

geluidbelasting ten gevolge van vliegverkeer over een langere periode op een meetpunt te bepalen (zie paragraaf 3.2.1).

De resultaten van geluidmetingen kunnen gebruikt worden om berekende trends te valideren (zie paragraaf 3.4.3). Om te valideren of eventuele veranderingen in de geluidbelasting na invoering van de F-35 in de berekeningsresultaten tot uiting komen, wordt voor de uitvoering van een eventuele trendvalidatie geadviseerd de metingen te starten op het moment dat nog met de F-16 gevlogen wordt zodat de berekening van de geluidbelasting gevalideerd kan worden voor de situatie met F-16 en met de F-35.

Validatie van de (jaarlijkse) 35 Ke geluidcontour rondom Leeuwarden en Volkel

Het is praktisch gezien niet mogelijk om meetposten te plaatsen op een zeer groot aantal punten op de 35 Ke contouren rondom Leeuwarden en Volkel, zodat de contour daarmee gevalideerd kan worden. Geluidmetingen kunnen wel worden gebruikt om veranderingen in de berekende geluidsbelasting op meetlocaties te valideren (zie paragraaf 3.4.3). Hierbij wordt niet de waarde van de berekende geluidbelasting van de contour gevalideerd, ook wordt niet op de volledige contour een validatie uitgevoerd. Wel worden de veranderingen in de geluidbelasting op de meetlocaties vergeleken met de veranderingen in de geluidbelasting op basis van metingen. Dit kan ook worden gedaan met bestaande rekenmodellen, zoals het Nederlandse rekenmodel dat wettelijk is voorgeschreven voor handhavingsberekeningen rondom vliegbases. Bij het uitvoeren van een vergelijking (trendvalidatie) is het van belang dat de meetposten op plaatsen staan met relatief veel vliegverkeer.

Monitoring door meting (permanent vs. semi-permanent), berekening of combinatie daarvan (hybride)

In dit rapport is monitoring gedefinieerd als *metingen over een langere periode waarbij de meetresultaten worden gebruikt om nadere analyses mee uit te voeren* (zie paragraaf 3.2.1). Dit wil zeggen dat monitoring gebruikt kan worden voor verschillende doelstellingen. De keuze voor meten, rekenen of een combinatie van beide en de duur van metingen hangen af van het doel van de metingen:

- Voor informatievoorziening zijn alleen metingen nodig, waarbij de duur van de metingen afhangt van de precieze informatiebehoefte. Op basis van deze behoefte kan gekozen worden voor mobiele meetposten of permanente meetposten.

- Voor trendvalidatie is een combinatie van meten en rekenen nodig over de periode van een aantal jaren.

Aan welke specificaties (aantallen meetpunten, meetlocaties, type microfoon, data verwerking, etc.) moet het geluidsmeetnet voldoen?

De gewenste specificaties van een meetnet hangen af van de doelstelling van de metingen. In paragrafen 5.1 tot en met 5.4 worden verschillende specificaties besproken. Paragraaf 5.5 vat deze specificaties samen en in paragraaf 5.7 worden op hoofdlijnen de specificaties gegeven voor twee mogelijke meetnetten (voor informatievoorziening en monitoring) die geïnstalleerd zouden kunnen worden rondom de bases Leeuwarden en Volkel.

Wat zijn de kosten van een dergelijk geluidsmeetnet?

De kosten van een meetnet hangen af van een groot aantal elementen, zoals het aantal meetposten en de duur van de metingen (zie paragrafen 5.1 tot en met 5.5). Daardoor treedt een grote spreiding op in de kosten van verschillende meetnetten. Uit een analyse van de openbaar beschikbare kosten van meetnetten van Sensornet, Luistervink en NOMOS blijkt dat de installatiekosten vooral afhankelijk zijn van het aantal meetposten en van de keuze voor huur of aanschaf van de meetposten. De kosten voor de aanschaf kunnen variëren van tienduizenden euro´s tot honderdduizenden euro´s. Daarnaast zijn er jaarlijks terugkerende kosten die samenhangen met het in stand houden en gebruik van een meetnet. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om onderhoud aan meetposten en het maken van rapportages met betrekking tot meetgegevens.

Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee geluidbelasting wordt vastgelegd; hoe wordt er eventueel gehandhaafd aan de hand van nationale wet/regelgeving?

Er bestaan meetnetten waarmee niet alleen de geluidniveaus van individuele bewegingen, maar ook de geluidbelasting over een langere periode wordt bepaald. Voorbeelden hiervan zijn de geluidmeetnetten rondom vliegbasis Geilenkirchen (zie paragraaf 4.1 en ref. 18) en de luchthaven van Vancouver (zie paragraaf 4.3 en ref. 25).

Handhaving op basis van metingen is mogelijk, zoals in het geval van Heathrow (zie paragraaf 4.6). Hierbij is sprake van handhaving op geluidniveaus van individuele vliegbewegingen, niet op geluidbelasting. Daarnaast heeft handhaving op basis van metingen een aantal beperkingen (zie paragraaf 3.2.2). Een belangrijke beperking is dat alleen handhaving ter plaatse van een beperkt aantal locaties dicht bij de luchthaven mogelijk is, terwijl met behulp van berekeningen in een groter gebied handhaving kan plaatsvinden.

6.1.2 Hoofdvraag 2

In relatie tot informatievoorziening naar de omwonenden:
Hoe kunnen omwonenden via monitoring (zie onderdeel 1) helder worden geïnformeerd over de geluidbelasting in de omgeving van de bases Leeuwarden en Volkel?

Onderzoekspunten hierbij zijn:

a. Hoe kunnen de omwonenden de gerealiseerde meetgegevens/piekwaardes relateren aan hun eigen beleving.
b. Naast het actualiseren van de huidige niveaus, dient ook te worden gekeken naar de invoeringsperiode en het uiteindelijke operationele gebruik van de F-35?
c. Geef aan welke aspecten bij de bases Leeuwarden en Volkel naar verwachting van belang zijn voor de omwonenden.
d. Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee omwonenden worden geïnformeerd over geluidbelasting en meetresultaten, zoals piekniveaus. Wat wordt in die gevallen gepresenteerd?

Antwoord op de hoofdvraag

De geluidbelasting in de omgeving van de vliegbases Leeuwarden en Volkel wordt jaarlijks bepaald met berekeningen (zie paragraaf 2.3). De resultaten van deze berekeningen worden met een rapportage gecommuniceerd.

Indien een meetnetwerk wordt geïnstalleerd, kan de jaarlijkse geluidbelasting op basis van de meetresultaten op de meetlocaties worden bepaald. De geluidbelasting op basis van metingen zal om verschillende redenen verschillen van de berekende geluidbelasting (zie paragraaf 3.1.3). Desgewenst kunnen naast de jaarlijkse geluidbelasting ook andere geluidmaten worden gemeten, zoals:

- De geluidbelasting over kortere periodes (per dag, week of maand).
- Piekniveaus en SEL waarden per individuele vliegbeweging.

- Gemiddelden en maximale waardes van piekniveaus en SEL waarden over verschillende periodes.

Bij de keuze voor de te presenteren waarden moet gekozen worden voor gegevens die publiek gemaakt mogen worden (zie paragraaf 5.4).

Omwonenden kunnen op verschillende manieren worden geïnformeerd over de resultaten van geluidmetingen (zie hoofdstuk 4 voor een aantal voorbeelden hiervan). Twee opties zijn:

- het beschikbaar maken van meetgegevens via een website. Dit gebeurt bij alle voorbeelden uit hoofdstuk 4, al zitten er wel verschillen in hetgeen op de websites wordt getoond.
- Een andere optie is het maken van rapportages, zoals bij de luchthaven van Vancouver (zie ref. 25).

Hoe kunnen de omwonenden de gerealiseerde meetgegevens/piekwaardes relateren aan hun eigen beleving?

Door een omwonende de mogelijkheid te bieden om meetgegevens terug te zoeken, wordt de mogelijkheid geboden om informatie op te vragen over vliegbewegingen waarin hij of zij geïnteresseerd is. Zo kan de omwonende de beleving van het geluid relateren aan het gemeten geluidniveau. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het mogelijk lastiger wordt om de relatie tussen de beleving van een omwonende en de meting te leggen, naarmate de omwonende zich op grotere afstand van de meetpost bevindt.

Naast het actualiseren van de huidige niveaus, dient ook te worden gekeken naar de invoeringsperiode en het uiteindelijke operationele gebruik van de F-35?

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de situatie met de F-16 en met de F-35 is het wenselijk om te zorgen dat het meetnet in ieder geval operationeel is als de F-16 nog in gebruik is, zodat ook metingen beschikbaar zijn van de situatie met dit toestel. Daarnaast wordt geadviseerd het meetnet in ieder geval operationeel te laten totdat de F-35 meer dan een jaar volledig operationeel is, waarbij er rekening mee gehouden dient te worden dat in de eerste jaren mogelijk nog veranderingen optreden in het gebruik van de F-35, waardoor bijvoorbeeld andere procedures gevlogen gaan worden. Afhankelijk van het doel van de metingen kan het wenselijk zijn om langer te blijven meten.

Tijdens de ingebruikname van de F-35 kunnen de resultaten van geluidmetingen worden gebruikt om te onderzoeken welke procedures en omstandigheden tot de laagste en hoogste geluidniveaus ter plaatse van meetposten leiden. Op basis daarvan kan onderzocht worden in hoeverre geluidreducerende maatregelen mogelijk zijn.

Geef aan welke aspecten bij de bases Leeuwarden en Volkel naar verwachting van belang zijn voor de omwonenden.

De volgende aspecten zijn naar verwachting van belang bij de metingen rondom Leeuwarden en Volkel:

- De meetnetten moeten aan sluiten bij de wensen en verwachtingen van omwonenden met betrekking tot bijvoorbeeld het doel, de keuze voor de meetlocaties en de duur van de metingen (zie bijvoorbeeld Tabel 5).
- Het heeft de voorkeur om bij beide meetnetten dezelfde uitgangspunten en doelstellingen te hanteren. Indien ervoor gekozen wordt dit niet te doen, dient hierover duidelijk gecommuniceerd te worden voor plaatsing van de meetnetten zodat vragen achteraf worden voorkomen.
- De metingen dienen te starten op het moment dat de F-16 nog in gebruik is zodat een vergelijking kan worden gemaakt tussen de meetresultaten van de F-16 en de F-35.
- Desgewenst kan een auditcommissie met bewonersvertegenwoordigers toetsen of het meetsysteem voldoet aan de vooraf gestelde eisen. Een dergelijke commissie kan ook een bredere opdracht krijgen door ook andere zaken te auditen zoals het verzamelen van invoergegevens voor berekeningen.

Zijn er voorbeelden van dergelijke meetnetten waarmee omwonenden worden geïnformeerd over geluidbelasting en meetresultaten, zoals piekniveaus. Wat wordt in die gevallen gepresenteerd?

Bij alle in hoofdstuk 4 beschreven voorbeelden is sprake van een website met informatie voor omwonenden en in sommige gevallen wordt ook gebruik gemaakt van rapportages met meetinformatie. De informatie die wordt gepresenteerd varieert per voorbeeld. Deze verschillen betreffen bijvoorbeeld:

- De gepresenteerde geluidmaten; zoals piekniveaus, SEL waarden, NA_{70} en L_{Aeq} (zie paragraaf 2.1 voor een toelichting van de verschillende geluidmaten).

- De periode waarover informatie wordt gepresenteerd; zo zijn op sommige websites voor een paar maanden historische gegevens beschikbaar, terwijl andere websites informatie geven over de gehele meetperiode.
- De aanvullende informatie die wordt verschaft; dit kan bijvoorbeeld nadere informatie over aantallen vliegbewegingen, vliegtuigtypes, gebruikte vliegbanen en actieve start- en landingsbanen, maar ook algemene achtergrond informatie over (vliegtuig)geluid en geluidmetingen.

6.1.3 Hoofdvraag 3

Geef een algemene beschrijving van de belangrijkste begrippen die aan de orde komen bij het bepalen en monitoren van de geluidscontouren en het beleven van geluid door omwonenden: bijvoorbeeld geluidhinder, Ke, Lden, SEL, A-weging, maximale geluidniveaus, pieken, gezondheid, etc. (naar keuze als inleiding, of anders daar waar van toepassing in het rapport)

Antwoord

In hoofdstuk 2 wordt algemene informatie met betrekking tot vliegtuiggeluid gegeven waarbij wordt ingegaan op geluidniveaus en geluidbelasting (paragraaf 2.1), handhaving en milieukaders (paragraaf 2.3) en geluidhinder (paragraaf 2.4). Daar waar een nieuw begrip geïntroduceerd wordt in de tekst, staat een toelichting van het betreffende begrip. Op pagina 74 is een index opgenomen met een verwijzing naar de bladzijde waarop verschillende begrippen worden toegelicht.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande antwoorden is het volgende advies opgesteld met betrekking tot de invulling van de motie Eijsink.

De plaatsing van het meetnet moet uitgevoerd worden rekening houdend met de uitgangspunten van de Motie Eijsink en op een zodanige manier dat het invulling geeft aan de wensen van de omwonenden van vliegbases Leeuwarden en Volkel. Daarom dient het meetnet te voldoen aan de door de stuurgroep geformuleerde doelstellingen van het meetnet, namelijk het verbeteren en waarborgen van de betrouwbaarheid van het rekensysteem, het signaleren (monitoren en analyseren) van piekniveaus en informatievoorziening aan omwonenden.

Om dit te bereiken wordt aanbevolen om het onderstaande stappenplan te volgen bij de invulling van de motie Eijsink.

Om te komen tot de (mogelijke) realisatie van een meetnet ten behoeve van de motie Eijsink wordt aanbevolen om de volgende stappen te nemen:

- Bepaal, op basis van de adviezen van RIVM en NLR, de toegevoegde waarde van een meetnet naast de informatie die al beschikbaar is, zoals jaarberekeningen:
    - bepaal in hoeverre controles van invoergegevens van berekeningen noodzakelijk zijn, naast andere controlemogelijkheden, zoals het instellen van een auditcommissie.
    - bepaal welke analyses van piekniveaus gewenst zijn die niet uitgevoerd kunnen worden op basis van berekeningen.
- Als geconcludeerd wordt dat een meetnet toegevoegde waarde heeft op reeds beschikbare informatie kan, op basis van de adviezen van RIVM en NLR, een voorstel worden uitgewerkt voor de opzet van het meetnet, waarbij gebruik gemaakt kan worden van de informatie uit Tabel 5. Hierbij wordt aanbevolen om:
    - de meetlocaties te kiezen zodanig dat de doelstellingen (monitoring en informatievoorziening), waar mogelijk gecombineerd op één locatie, hiermee ingevuld kunnen worden en bepaal per locatie de meetduur.
    - te zorgen dat het meetnet voldoet aan internationale richtlijnen voor het meten van vliegtuiggeluid en dat de gepresenteerde informatie binnen de wettelijke kaders valt.
    - per locatie vast te stellen of een permanente of mobiele meetpost gewenst is.
    - één of meerdere mobiele meetsystemen op te nemen, om flexibel in te zetten voor kortdurende metingen.
    - een website op te zetten voor publicatie van meetgegevens en rapportages (informatievoorziening).
- Presenteer het plan aan omwonenden van beide vliegbases en leg hierbij duidelijk uit hoe tot het voorstel gekomen is, wat van het meetnet verwacht mag worden en wat niet. Laat ruimte voor aanpassingen op basis van eventuele suggesties, rekening houdend met de financiële kaders. Doel hiervan is om tot een zo breed mogelijk gedragen aanpak te komen en dat de omgeving de juiste verwachtingen heeft van het meetnet.
- Maak een definitieve lijst met specificaties voor het meetnet. Verzoek vervolgens meerdere leveranciers om een offerte op basis van deze lijst en bepaal op basis van de offertes welke leverancier geselecteerd wordt voor het plaatsen van de meetnetten rondom vliegbases Leeuwarden en Volkel.
- Stel, ondersteund door kortdurende metingen, de exacte meetlocaties vast.

- Evalueer of daadwerkelijk aan alle gestelde doelen wordt voldaan zodra het meetnet operationeel is en informeer de omwonenden van de bases wanneer dit het geval is.

Referenties

1. Ministerie van Defensie, *In het belang van Nederland*, september 2013

2. *Motie van het lid Eijsink C.S.*, kst-33763-22, 6 november 2013

3. *Verslag van een notaoverleg, gehouden op 6 november 2013, over de Nota toekomst van de Krijgsmacht - Toekomst van de krijgsmacht*, op 7 september 2015 ontleend aan www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvij5epmj1ey0/vjgno12b3vvb

4. *Acoustics - Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports*, ISO 20906:2009, januari 2010

5. *Voorschrift voor de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden (Ke) ten gevolge van het vliegverkeer*, RLD uitgave RLD/BV-01.2

6. *Voorschrift voor de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden (Ke), zonder drempelwaarde, ten gevolge van het vliegverkeer*, RLD/BV-01.2, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2004

7. H.M.M. van der Wal, P. Vogel en F.J.M. Wubben, *Voorschrift voor de berekening van de Lden en Lnight geluidbelasting in dB(A) ten gevolge van vliegverkeer van en naar de luchthaven Schiphol, Part 1: Berekeningsvoorschrift*, NLR-CR-2001-372-PT-1, juli 2001

8. P.C. den Hoedt en R. de Jong, *De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2014*, NLR-CR-2015-080, maart 2015

9. *Besluit Militaire Luchthavens*, 6 februari 2009.

10. TNO-Preventie en Gezondheid, *Dosis-responsrelaties luchtvaartgeluid, Analyses in het kader van ONL*, februari 2000.

11. Breugelmans O.R.P., et. al., *gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002 -Tussenrapportage Monitoring Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol*, RIVM rapport 630100001/2004

12. Ir. F.W.J. van Deventer, Basiskennis geluidzonering luchtvaart, 5 november 2007

13. Milieu- en Natuurplanbureau, *het milieu rond Schiphol, 1990-2010. feiten & cijfers*, ISBN 90-6960-127-3, 2005

14. D.H.T. Bergmans, H.W. Veerbeek en R.H. Hogenhuis, *Het meten van vliegtuiggeluid, wat is mogelijk en wat doen we ermee?*, NLR-TP-2014-037, januari 2014

15. R.H. Hogenhuis, *Validatie van geluidreductie Geilenkirchen – Beschrijving en uitkomsten van* validatie met behulp van metingen, NLR-CR-2013-198, mei 2013

16. Van Dale, op 14 september 2015 ontleend aan www.vandale.nl

17. Brüel & Kjær, op 14 september 2015 ontleend aan www.bksv.com/Applications/EnvironmentalNoiseandVibration/NoiseMonitoring

18. *Contra-expertise meetsysteem Geluidsnet in Zuid-Limburg*, bijlage bij Kamerstuk 33400 XII, Nr. 10, 14 november 2012

19. D.H.T. Bergmans, M. Arntzen, W.F. Lammen, *Noise attenuation in varying atmospheric conditions*, NLR-TP-2011-262, november 2011

20. D.H.T. Bergmans, F. van Deventer en A. de Jong, Voortgangsnotitie *Verbetering kwaliteit modelberekeningen vliegtuiggeluid,* 30 januari 2009

21. *Methods for the Measurement of Noise Emissions from High Performance Military Jet Aircraft*, ANSI/ASA S12.75, 2012

22. Brüel & Kjær, *legislation, regulation and best practice in airport noise management*, white paper, mei 2010

23. Motie Jansen c.s. , Kamerstuk 32 123 XI, nr. 69

24. Ing. R.C. Horsten en dr.ir. W. Soede, *Audit Noise Monitoring Systeem (NOMOS III)*, rapport 1118GZA1.008, september 2011

25. Vancouver Airport Authority, *2014 aeronautical noise management report*, mei 2015

26. Defence Aircraft Noise, op 28 juni 2015 ontleend aan www.defence.gov.au/aircraftnoise/nfpms/Default.asp

27. Heathrow aircraft noise, op 28 juni 2015 ontleend aan www.heathrow.com/noise/making-heathrow-quieter/community-investment

28. *Noise Infringements - Heathrow Community Noise Forum*, 18 mei 2015, op 7 september 2015 ontleend aan http://www.heathrow.com/file_source/HeathrowNoise/Static/noise-infringements.pdf

29. Schiphol Amsterdam Airport, NOMOS Online, op 28 juni 2015 ontleend aan http://noiselab.casper.aero/ams/#page=n_locaties_meetposten

30. *NEN-EN-IEC 61672-1 (en), Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications(IEC 61672-1:2013,IDT)*, januari 2014

31. Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid, *Derde voortgangsrapportage*, 29 september 2004

32. *Meten van vliegtuiggeluid*, op 7 september 2015 ontleend aan http://www.heemstede.nl/fileadmin/RIS/bijlagen/b84fb6e2-6dfb-41a5-bade-9354f68489e3.doc

33. COVM Eindhoven, *Verslag auditcommissie Eindhoven Airport*, op 28 september 2015 ontleend aan http://www.covm.nl/stukken/archief/vergaderstukken100915/1440590286632/ezcontent_files/Verslag_auditcommissie_Airport_Eindhoven_juli_2015.pdf

Index

A-weging, 12
Decibel, 11
Dosis-effectrelatie, 20
Frequentie, 12
Geluid, 11
Geluidbelasting, 12
Geluidcontour, 18
Geluidhinder, 19
Geluidniveau, 12
Geluidtabel, 17
Geluidzone, 18
Informatievoorziening, 27
Kosteneenheid (Ke), 15
L_{den}, 16
Luchtvaartgebonden geluid, 17
Monitoring, 28
Nachtstraffactor, 15
Piekniveau, 13
Sound Exposure Level (SEL), 13
Trendvalidatie, 39
Voortplanting van geluid, 32
Zonecontour, 18

Appendix A Motie Eijsink

Voorgesteld tijdens het Notaoverleg van 6 november 2013
De Kamer,
gehoord de beraadslaging,

constaterende dat er tot op heden geen duidelijkheid c.q. eenduidigheid is over de hoeveelheid geluid die de beoogde opvolger van de F-16, te weten de JSF, zal produceren als deze in Nederland gaat vliegen;

constaterende dat nog niet is onderzocht of de huidige geluidsisolatie aan de woningen en geluidsgevoelige gebouwen rondom vliegbases Leeuwarden en Volkel voldoende is om de vereiste geluidsdemping bij het geluidsniveau van de JSF te halen en of, indien noodzakelijk mocht blijken, een eventuele uitbreiding van geluidsisolatie, c.q. verplaatsing van woningen tot de mogelijkheden behoort en/of deze aanpassingen onder het voor de vervanging van de F-16 gereserveerde investeringsbudget vallen;

van mening dat ook de vervanger van de F-16 aan de huidige geluidsvoorwaarden moet blijven voldoen en er om die reden garanties nodig zijn, zeker ook in het licht van de zorg ten aanzien van omwonenden rondom de Nederlandse vliegbases;

verzoekt de regering, over te gaan tot plaatsing van een permanent geluidsmeetnet rond beide bases, waardoor de geluidscontouren voortdurend gemonitord worden, conform het advies van het RIVM uit december 2010;

verzoekt de regering tevens, specifieke aandacht te besteden aan het geluidsaspect en de geluidshinder voor de omwonenden van de vliegbases Leeuwarden en Volkel, onder meer door een actualisatie van de geluidsniveaus door vaker (aanvullende) geluidsmetingen te houden totdat het toestel volledig uitontwikkeld en operationeel is en de vliegeigenschappen en vliegpatronen bekend en beproefd zijn;

verzoekt de regering voorts, nader te onderzoeken of de vereiste geluidsdemping wel gehaald wordt bij de hogere geluidsniveaus van de JSF en aan te geven welke mogelijkheden tot geluidwerende maatregelen er zijn dan wel welke maatregelen genomen gaan worden om de vereiste geluidsdemping te behouden dan wel te behalen,
en gaat over tot de orde van de dag.

Eijsink

Günal-Gezer

Segers

Jasper van Dijk

Hachchi

Van Ojik.

WAT IS HET NLR?

Het NLR is de Nederlandse organisatie voor het identificeren, ontwikkelen en toepasbaar maken van hoogwaardige technologische kennis op het gebied van lucht- en ruimtevaart. De activiteiten van het NLR zijn maatschappelijk relevant, marktgericht en worden zonder winstoogmerk uitgevoerd. Hiermee versterkt het NLR het innovatieve en slagvaardig karakter van de overheid en bevordert het NLR het innoverende en concurrerend vermogen van het bedrijfsleven.

Het NLR kenmerkt zich door toonaangevende deskundigheid, professioneel optreden en onafhankelijke advisering. Medewerkers zijn goed opgeleid, werken klantgericht en werken voortdurend aan de ontwikkeling van hun competenties. Om zijn taken te verrichten houdt het NLR hoogwaardige faciliteiten beschikbaar

***NLR** – Dedicated to innovation in aerospace*

www.nlr.nl