



NLR-CR-2009-053

## **Beoordeling geluidsgegevens kandidaattoestellen VF-16**

Status beschikbare gegevens d.d. februari 2009

T.A. van Veen, M.C. van Sijll en W.F. Lammen



NLR-CR-2009-053

## Beoordeling geluidsgegevens kandidaattoestellen VF-16

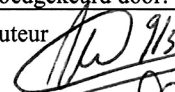
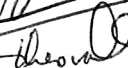
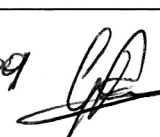
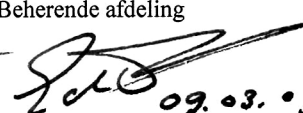
Status beschikbare gegevens d.d. februari 2009

T.A. van Veen, M.C. van Sijll en W.F. Lammen

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

Opdrachtgever DMO/P&V/VF-16  
Contractnummer 140-90-8001-01  
Eigenaar DMO/P&V/VF-16  
NLR Divisie Aerospace Systems & Applications  
Verspreiding Beperkt  
Rubricering titel Ongerubriceerd  
maart 2009

Goedgekeurd door:

Auteur  9/3/09  9/3/09	Reviewer 9/3/09 	Beherende afdeling  09.03.09
--	--	---

## Samenvatting

De Defensie Materieel Organisatie heeft het NLR verzocht om de geluidsgegevens van de drie kandidaten voor de vervanging van de F-16 te evalueren. In dit rapport worden de bevindingen van het NLR over de beschikbare geluid- en prestatiegegevens van de drie kandidaten beschreven. De geluid- en prestatiegegevens zijn noodzakelijk voor het bepalen van de geluidsbelasting van de vervanger van de F-16.

Uitgangspunt voor de vergelijking van de geluidsbelasting is het vergelijken van de met de Nederlandse Rekenmethodiek berekende 35 Ke geluidscontouren, die worden berekend met de Nederlandse rekenmethodiek op basis van gemeten geluid. *Geluidsbelasting* rondom militaire luchthavens wordt bepaald door de geproduceerde geluidsniveaus van passerende vliegtuigen, het aantal passages en het tijdstip van de passages. In het document wordt een overzicht gegeven van de benodigde informatie om de geluidsbelasting te kunnen berekenen.

Per kandidaat wordt een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens, de bruikbaarheid van de gegevens, de nauwkeurigheid van de gegevens en eventuele overige informatie die beschikbaar is.

Conclusie is dat op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar is om een volledige vergelijking op basis van geluidsbelasting uit te voeren. Enkel voor de F-35 lijken voldoende meetgegevens beschikbaar te zijn. Het is echter wel mogelijk om op basis van de beschikbare gegevens de *maximale geluidsniveaus* voor een standaard scenario met elkaar te vergelijken. Hiervoor zijn voor de kandidaten voor de vervanging van de F-16 en de huidige F-16 MLU per vliegtuig de beschikbare geluidsgegevens in een grafiek opgenomen. Het betreft een scenario van een fly-over op 1000ft met gebruik van Military (MIL) Power en met After Burner (AB) Power met een snelheid tussen de 250-300kts.

De verwachte maximale geluidsniveaus bepaald uit de nu beschikbare gegevens van de kandidaten bij het overvliegen op 1000 ft hoogte zijn als volgt:

- F-35 en de Saab Gripen NG, in MIL power respectievelijk rond de 110 en 109 dB(A).
- F-35 en de Saab Gripen NG in AB respectievelijk rond de 115 en 114 dB(A).

Dit zijn de maximale geluidsniveaus die gedurende enkele seconden kunnen worden verwacht onder standaard meteorologische condities. De werkelijke maximale geluidsniveaus zullen afhangen van de manier waarop gaat worden gevlogen, de afstand tussen de waarnemer en het

vliegtuig de weersomstandigheden en de grondimpedantie. In veel gevallen zal het vliegtuig niet lang in AB blijven vanwege de snelle acceleratie door het vliegtuig.

Uit de resultaten van de analyse voor het standaard scenario volgt dat, rekening houdend met de spreiding ten gevolge van de condities waaronder de metingen zijn uitgevoerd, de verschillen tussen de kandidaten klein zijn. Het is op basis van deze resultaten daarom niet te concluderen dat één kandidaat significant meer geluid produceert dan de andere.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1	Structuur	9
<b>2</b>	<b>Van geluid naar geluidseenheid</b>	<b>10</b>
2.1	ICAO geluidcertificatie meting	10
<b>3</b>	<b>Nederlandse meet- en rekensystematiek</b>	<b>12</b>
3.1	Oorspronkelijke meet- en rekensystematiek	12
3.2	Huidige meet- en rekensystematiek	12
3.3	Stappen geluidsanalyse en berekeningen	14
<b>4</b>	<b>Achtergrond meetgegevens</b>	<b>15</b>
4.1	<u>F-16 MLU</u>	15
4.1.1	Beschikbare gegevens	15
4.1.2	Bruikbaarheid gegevens	16
4.1.3	Nauwkeurigheid gegevens	16
4.1.4	Overige informatie	16
4.2	<u>Advanced F-16</u>	16
4.2.1	Beschikbare gegevens	16
4.2.2	Bruikbaarheid gegevens	16
4.2.3	Nauwkeurigheid gegevens	16
4.2.4	Overige informatie	16
4.3	<u>F-35</u>	17
4.3.1	Beschikbare gegevens	17
4.3.2	Bruikbaarheid gegevens	18
4.3.3	Nauwkeurigheid gegevens	19
4.3.4	Overige informatie	20
4.4	<u>Gripen NG</u>	20
4.4.1	Beschikbare gegevens	21
4.4.2	Bruikbaarheid gegevens	22
4.4.3	Nauwkeurigheid gegevens	22
4.4.4	Overige informatie	24
4.5	Subconclusie	25

<b>5</b>	<b>LAmaz waarden: standaard scenario</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Conclusie</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>33</b>
<b>Appendix A</b>	<b>Toelichting op SEL</b>	<b>35</b>
<b>Appendix B</b>	<b>ICAO geluidscertificatie metingen</b>	<b>37</b>
<b>Appendix C</b>	<b>Overzicht beschikbare geluidsgegevens voor het gebruik van Military Power en After Burner power</b>	<b>38</b>

## Acroniemenlijst

A2Z	A2Zound Semcon
AB	After Burner
AF-16	Advanced F-16
AFB	Air Force Base
AFRL	Air Force Research Laboratory
BRAC	Base Realignment and Closure
CDP	Concept Demonstrator Phase
dB(A)	Decibel A-gewogen
DMO	Defensie Materieel Organisatie
EPNL	Effective Perceived
ft	feet
GE	General Electric
Gripen NG	Gripen Next Generation
ICAO	International Civil Aviation Organisation
JSF	Joint Strike Fighter
Ke	Kosten eenheid
kts	Knopen (Nm/h)
lbs	Engelse ponden
MIL	Military
MLU	Mid Life Update
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium
Nm	Nautical Mile
RLD	RijksLuchtvaart Dienst (tegenwoordig Inspectie Verkeer en Waterstaat IVW)
SEL	Sound Exposure Level
SENEL	Single Event Noise Exposure Level
TOW	Take Off Weight
VF-16	Vervanging F-16



Deze pagina is opzettelijk blanco.



## 1 Inleiding

Binnen het project Vervanging F-16 (VF-16) is conform het Coalitieakkoord een kandidatenevaluatie uitgevoerd. Hierbij werden drie kandidaten (Advanced F-16, F-35 en Gripen NG) beschouwd op de aspecten kwaliteit, prijs en levertijd. Additioneel heeft de Defensie Materieel Organisatie (DMO) het NLR verzocht om de geluidsbelasting van de kandidaten te evalueren. Hiertoe zijn aan de fabrikanten van de kandidaten additionele vragen gesteld met betrekking tot geluidsgegevens. In antwoord op de geluidsvragen is door de kandidaten informatie verstrekt.

Uitgangspunt voor de vergelijking van de geluidsbelasting is het vergelijken van de met de Nederlandse Rekenmethodiek berekende 35 Ke geluidscontouren. De 35 Ke geluidscontouren worden berekend op basis van gemeten geluid. De maximale geluidsniveaus van alle type vliegprofielen in combinatie met prestatiegegevens van een vliegtuig, aantal en tijdstip van de vliegbewegingen zijn in Nederland uiteindelijk bepalend voor de totale geluidsbelasting rondom militaire luchtvaartterreinen.

Dit document geeft een overzicht van de stand van zaken van de maximale geluidsniveaus bij een passage op 1000ft hoogte met gebruik van Military (MIL) Power dan wel After Burner (AB) Power van de kandidaten.

### 1.1 Structuur

In dit rapport zal eerst worden ingegaan op de International Civil Aviation Organisation (ICAO) systematiek voor de geluidscertificatie van civiele vliegtuigen, zoals is vastgesteld in ICAO Annex 16 volume I part II. Vervolgens wordt ingegaan op de Nederlandse werkwijze c.q. meetsystematiek met betrekking tot het verzamelen van geluidsgegevens van militaire luchtvaartuigen en wordt de rekensystematiek beschreven. Hierna worden de achtergronden van de verkregen meetgegevens van de diverse kandidaten geanalyseerd zodat ten slotte de verkregen gegevens uit de diverse rapporten kunnen worden vergeleken op basis van het maximale geluidsniveau gedurende een fly-over op 1000 ft met gebruik van Military (MIL) Power en Afterburner (AB) Power. Bij deze vergelijking wordt een verwachting van het LAmx geluidsniveau bepaald op basis van de verschillende factoren die de metingen hebben beïnvloed.

## 2 Van geluid naar geluidseenheid

Geluid van militaire gevechtsvliegtuigen ontstaat bij het vliegtuig. Dit geluid wordt hoofdzakelijk bepaald door de motor en de uitstromende lucht achter de motor die zorgen voor drukvariaties in de lucht. Deze druk variaties verplaatsen zich door de lucht naar een waarnemer toe. Gedurende deze verplaatsing ondervindt de drukvariatie invloeden van wind, temperatuur, luchtvochtigheid en afscherming en kan de drukvariatie reflecteren op harde objecten (grond en gebouwen). Ook kan de drukvariatie worden geabsorbeerd door begroeiing en zachte ondergrond.

Op het moment dat de drukvariatie bij de microfoon komt wordt het membraan van de microfoon in trilling gebracht. Dit veroorzaakt een spanning (volts) die via een kabel naar een digitale recorder gaat en daarop wordt vastgelegd, bijvoorbeeld met 100.000 samples per seconde: de ruwe data. Deze ruwe data kan worden vertaald in **verschillende maten voor het geluidsniveau** (LA<sub>max</sub><sup>1</sup>, SEL<sup>2</sup>, etc.), afhankelijk van het doel waar deze voor zijn benodigd. Het doel kan per land en project variëren. De verschillende geluidsniveaumaten zijn niet direct onderling te vergelijken en kunnen nogal in getalswaarde verschillen, in sommige gevallen meer dan 10 dB. Deze geluidsniveaumaten worden in verschillende varianten gepresenteerd; bijvoorbeeld in LA<sub>max</sub> over 1 sec, ½ sec en ¼ sec, Single Event Noise Exposure Level (SENEL) of Sound Exposure Level (SEL). In Nederland is de LA<sub>max</sub> geïntegreerd over 1 sec voorgeschreven voor het berekenen van de geluidsbelasting in Kosten eenheden. In appendix A van dit rapport is een uitleg over een aantal verschillende varianten voor geluidsniveaumaten opgenomen.

### 2.1 ICAO geluidcertificatie meting

Voor het meten van het geluid van een civiel luchtvaartuig wordt een geluidsmeting conform de ICAO geluidscertificatie meting toegepast (ICAO-ANNEX 16 [2]), zie Appendix B. Bij deze meting worden vooraf door ICAO beschreven vliegprofielen gevlogen. Het geproduceerde geluid wordt opgenomen met drie microfoons waarvan er 1 onder het vliegp pad staat, 1 op 450 ft links van het vliegp pad en 1 op 450 ft rechts van het vliegp pad. Het maximale geluidsniveau van deze metingen wordt gebruikt voor het bepalen van het geluidsniveau op een bepaalde afstand. Dit niveau in combinatie met het bijbehorende gemeten geluidsspectrum wordt gebruikt om de verwachte geluidsniveaus op andere afstanden te extrapoleren.

---

<sup>1)</sup> De in Nederland gehanteerde LA<sub>max</sub> voor vliegtuiggeluid is het maximale geluidsniveau van een fly-over, A-gewogen en geïntegreerd over 1 seconde, stand slow.

<sup>2)</sup> SEL is het geïntegreerde geluidsniveau over een bepaald tijdsinterval.

Voor Militair luchtverkeer is de ICAO methode niet voldoende nauwkeurig omdat het geluid van helikopters en militaire gevechtsvliegtuigen in verschillende richtingen een verschillend geluidsniveau en geluidsspectrum hebben. De volgende zaken zijn van belang voor militair luchtverkeer:

1. De wijze van meten. Het geluid moet in meerdere richtingen ten opzichte van het vliegtuig en meerdere afstanden tussen microfoon en vliegtuig worden gemeten.
2. De weersomstandigheden, de akoestische hardheid van de grond (mate van reflectie), de manier waarop de weersomstandigheden en de hardheid vastgesteld worden en de uiteindelijke maat waarin de geluidsbelasting wordt gepresenteerd.
3. De geregistreerde vliegprestaties als positie, snelheid en power setting, gedurende de passage en de configuratie en het gewicht van het toestel.
4. Alle gegevens moeten in de tijd aan elkaar kunnen worden gecorreleerd voor de juiste verwerking van de data. Dit betekent dat een bepaalde power setting boven de microfoon bekend moet zijn (tijdstip geregistreerd), de meteorologische gegevens van precies hetzelfde tijdstip zijn, etc.

Het verschil tussen een militaire luchthaven en een civiele luchthaven is dat op een militaire luchthaven relatief veel wordt gevlogen met eenzelfde toestel in verschillende configuraties (gewicht en aerodynamische eigenschappen). Bij een civiele luchthaven worden verschillende vliegtuigtypen gebruikt met verschillende gewichten. Omdat bij een militaire basis relatief veel wordt gevlogen met hetzelfde toestel komt het de nauwkeurigheid van de berekening ten goede als het geluid van dit toestel met meerdere configuraties en gewichten nauwkeurig wordt opgemeten. Hiervoor heeft NLR een adviesrapport opgesteld [3].

### **3 Nederlandse meet- en rekensystematiek**

#### **3.1 Oorspronkelijke meet- en rekensystematiek**

Voor militaire luchthavens is in Nederland de Kosten eenheid (Ke) van toepassing voor het bepalen van de totale geluidsbelasting op en nabij een militaire luchthaven in een jaar. Voor het berekenen van een Kosten eenheid (Ke) worden LA<sub>max</sub> waarden (geluidsniveau) gebruikt zoals dit is voorgeschreven door de in de Nederlandse wet- en regelgeving vastgelegde rekenmethodiek. Voor het bepalen van deze LA<sub>max</sub> wordt eerst een voortschrijdend gemiddeld geluidsniveau bepaald. Het voortschrijdend gemiddeld geluidsniveau is gedefinieerd als een *moving average* met een lengte van 1 seconde (geluidsmeter in de stand slow), zoals voorgeschreven in RLD/BV-01.2 [1]. Het maximale geluidsniveau dat door dit voortschrijdend gemiddeld geluidsniveau wordt weergegeven heet L<sub>max</sub>. Daarna wordt er een correctie voor de gevoeligheid van het menselijk oor toegepast, de zogenaamde A-weging; dit heet LA<sub>max</sub>.

Het maximale geluidsniveau, de LA<sub>max</sub>, is een tussenresultaat dat per vliegtuigpassage wordt vastgesteld. Het wordt verder gebruikt voor het berekenen van de geluidsbelasting in Kosten eenheden (Ke) van alle vliegtuigen die in één jaar passeren.

Zoals is aangegeven in hoofdstuk 2 zijn veel factoren belangrijk voor het bepalen van het geluidsniveau LA<sub>max</sub> en daarmee de geluidsbelasting op en nabij een luchthaven. Om eventuele verschillen in de eindresultaten ten gevolge van de meetcondities (geluid en vliegprestaties) tussen de kandidaten te voorkomen dienen correcties op de oorspronkelijke meetresultaten te worden uitgevoerd voor toepassing in Nederland. Meteorologische omstandigheden tijdens de metingen zoals; temperatuur, vochtigheid, windsterkte en richting etc. zijn van invloed op de propagatie van het geluid. Voor een goede vergelijking moeten de metingen voor één bepaald vliegtuigtype onder dezelfde condities plaatsvinden. Als de meteorologische omstandigheden goed gemeten zijn, kan een correctie voor verschillen t.o.v. de Nederlandse omstandigheden worden uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor de invloed van verschil in hardheid van de bodem (gras, steen, etc.). Idealiter worden alle kandidaten onder dezelfde omstandigheden gemeten om eventuele verschillen, die door verschillende meetcondities kunnen ontstaan, uit te sluiten.

#### **3.2 Huidige meet- en rekensystematiek**

Na uitvoering van geluidsmetingen aan civiele en militaire vliegtuigen is gebleken dat bij vliegtuigen het geluid niet even sterk in alle richtingen uitstraalt. Dit noemt men de richtingsafhankelijkheid van het geluid. Daarnaast zijn bij geluidsbronnen met een hoog

akoestisch bronvermogen (geluidsniveau > 160 dB op 1 meter afstand van de bron) niet-lineaire effecten waargenomen. Dit leidt er toe dat voor militaire gevechtsvliegtuigen met een hoog akoestisch bronvermogen uitgebreidere geluidsmetingen dienen te worden uitgevoerd. In deze uitgebreidere geluidsmetingen moet op meerdere zijwaartse afstanden van de militaire jet het geluid worden opgemeten met een groot aantal microfoons. Op deze manier worden het richtingseffect en de niet-lineaire propagatie ten gevolge van het hoge geluidsvermogen van de bron opgemeten. Tevens moeten de meteorologische omstandigheden en grondeigenschappen tijdens deze meting nauwkeurig worden vastgelegd. Het NLR heeft een rapport [3] uitgebracht met daarin aanbevelingen voor het uitvoeren van geluidsmetingen aan hoogvermogen gevechtsvliegtuigen. De bovengenoemde effecten zijn ook geconstateerd bij o.a. de F-35 en de NLR aanbevelingen zijn bij de meest recente geluidsmetingen aan de F-35 toegepast. Voor de metingen zijn toegestane weerscondities, voorkeur voor grond condities, toegestaan achtergrond geluid, voorkeur voor testomgeving beschreven. Voor de geluidsmetingen zijn parameters gedefinieerd die gerelateerd zijn aan: geluidregistratie (specificatie geluidsonopnamen), vliegtuigprestaties (hoogte, power setting, snelheid, etc.), meteorologische condities (windsnelheid, windrichting, temperatuur, vochtigheid, luchtdruk, etc.), grondconditie (verdeling van hard en zacht, objecten grondimpedantie(s), etc.) en overige relevante condities (geluidssnelheid, tijd, etc.).

De geluidsgegevens en de vliegprestaties zijn verschillend per vliegtuig en moeten nader worden onderzocht en vastgelegd voordat een geluidsberekening met betrekking tot deze vliegtuigen kan worden uitgevoerd. Voor het bepalen van het geluidsniveau zijn de volgende factoren van belang:

1. Microfoons; verschillende eigenschappen van microfoons en posities van de microfoons geven verschillende resultaten. Hiervoor moet een kalibratie van de microfoons en een correctie worden toegepast.
2. Meetsysteem; bitrate, sample rate, tijdssynchronisatie.
3. Grondplaat [11]; speciale microfoon opstelling, waarbij het effect van de bodem geen rol speelt bij een meting direct onder het vliegp pad. Dit maakt het vergelijken van metingen op locaties met verschillende bodemgesteldheid eenvoudiger.
4. Paal; standaard microfoon opstelling. Microfoon staat op 4 ft boven de grond.
5. Meteo; verschillen in meteorologische omstandigheden leiden tot een verschil in geluidsniveau. Door de meteorologische condities exact op te meten kan achteraf een correctie worden toegepast.

6. Vliegprofiel en prestaties; het vliegprofiel inclusief de daarbij behorende vliegtuig prestatiegegevens bepalen de positie tot de waarnemer en de gebruikte motorsettings. Dit heeft direct gevolgen op het geluidsniveau bij de waarnemer.
7. Configuratie; het gewicht van het vliegtuig en het gebruik van externe bewapening en pods hebben invloed op het geluid van het vliegtuig.
8. Bodem effect; de gesteldheid van de bodem bepaalt de reflectie van het geluid en daarmee het boven de grond gemeten geluidsniveau.
9. Richtingsafhankelijkheid van het geluid; Het geluid van een vliegtuig wordt in verschillende richtingen met verschillende intensiteit en spectrum uitgestraald.
10. Niet-lineaire effecten; Geluidsbronnen met een hoog akoestisch bronvermogen en geluidsbronnen met schokgolven, verzwakken niet-lineair. Dit wil zeggen dat het geluid van deze bron meer verzwakt dan volgens de standaard theorie voor geluidsverzwakking.

De registratie van deze factoren is belangrijk om de verschillen in omstandigheden die van invloed zijn op de gemeten waarden, te gebruiken om de meetresultaten van verschillende metingen ten opzichte van elkaar te vergelijken.

### 3.3 Stappen geluidsanalyse en berekeningen

Na het registreren van de benodigde gegevens, zoals beschreven in hoofdstuk 3.2 dienen de ruwe data ter beschikking te worden gesteld. Na ontvangst van de ruwe data worden geluidsanalyses en berekeningen uitgevoerd volgens de onderstaande stappen:

1. Analyse van de kwaliteit en volledigheid ruwe data door het **NLR**.
2. Het bepalen van de LA<sub>max</sub> geluidsbelasting en analyse van overige data door het **NLR**. Deze resultaten worden waar mogelijk vergeleken met een analyse van de data leverancier.
3. Als de LA<sub>max</sub> waarden per testvlucht zijn bepaald, voert het **NLR** geluidsberekeningen uit in LA<sub>max</sub> waarvan het resultaat geluidsc contouren in Ke zijn. In deze stap is het noodzakelijk dat Defensie (VF-16) vaststelt hoeveel en welke soort vluchten er worden uitgevoerd op een militaire luchthaven in een jaar.
4. Voor het berekenen van de Ke contouren zijn simulaties van alle representatieve vliegprofielen benodigd. Dit vereist een vliegprestatie model, danwel een set van gesimuleerde profielen die gevalideerd zijn voor de Nederlandse militaire luchthavens.

## 4 Achtergrond meetgegevens

Zoals is beschreven in de voorgaande hoofdstukken is het van belang om over ruwe geluid- en prestatie data te beschikken voor een degelijke analyse. De kwaliteit en de bruikbaarheid van de geluidsdata worden bepaald door het geluid zo goed mogelijk op te meten in combinatie met geschikte prestatiegegevens, weersgegevens en gegevens over de grondeigenschappen.

In dit hoofdstuk wordt gerapporteerd over de beschikbaarheid van geluidsdata, meteorologische data en prestatie data voor het bepalen van de geluidsbelasting in LAmax per specifieke vlucht. De overige benodigde gegevens als aantallen vluchten, te kiezen routes en tijdstippen worden niet in dit rapport besproken.

Om inzicht te krijgen in de verschillen tussen de huidige en toekomstige situatie worden actuele meetgegevens van de F-16 MLU als referentie gebruikt voor de analyse.

Per kandidaat zal achtereenvolgens worden ingegaan op de:

- beschikbaarheid van de gegevens
- bruikbaarheid van de gegevens
- nauwkeurigheid van de gegevens.

### 4.1 F-16 MLU

Op 24 februari 2009 zijn door het NLR geluidsmetingen van een vliegende F-16 MLU uitgevoerd op de vliegbasis Leeuwarden.

#### 4.1.1 Beschikbare gegevens

Uit het verleden is een geluidstabel beschikbaar van de F-16 MLU met LAmax waarden voor verschillende afstanden en verschillende power settings. De data in de geluidstabel zijn in het midden van de negentiger jaren gemeten. De geluidstabel wordt gebruikt voor de huidige geluidsberekeningen. Om een zo goed mogelijke vergelijking uit te kunnen voeren tussen de F-16 MLU en de kandidaten voor vervanging van de F-16 MLU zijn additionele metingen uitgevoerd, waarbij een vliegtuig in de representatieve hedendaagse configuratie<sup>3)</sup> is gebruikt. De gemeten geluidsgegevens betreffen een vlucht in MIL en max AB op 1000ft hoogte, met een snelheid van 250 kts, waarbij recht onder het vliegtuig is gemeten. Bij deze metingen zijn de meteorologische gegevens en vliegprestaties opgenomen.

---

<sup>3)</sup> Bestaande uit Balancers, Captive AIM9, Pylontanks, Pids en Mau, totaal gewicht inclusief belading 32.300 lbs.

#### **4.1.2 Bruikbaarheid gegevens**

De gegevens zijn geanalyseerd en worden gebruikt bij de vergelijking van een fly-over op 1000ft in MIL en max AB, met een snelheid van 250 kts.

#### **4.1.3 Nauwkeurigheid gegevens**

Tijdens het meten bevond zich een laag wolkendek boven de basis. Overige meteorologische condities waren geschikt voor het uitvoeren van geluidsmetingen. Het lage wolkendek heeft er naar verwachting voor gezorgd dat het gemeten geluidsniveau hoger is en dat hiervoor een correctie moet worden uitgevoerd. Deze correctie is verwerkt in de analyse van het geluidsniveau bij een fly-over op 1000ft.

#### **4.1.4 Overige informatie**

De prestatieprofielen van de F-16 MLU voor gebruik op Leeuwarden en Volkel zijn beschikbaar, zodat geluidscontouren berekend kunnen worden.

### **4.2 Advanced F-16**

In de Verenigde Staten zijn er geluidsmetingen aan de op de grond stilstaande Advanced F-16 uitgevoerd. Er hebben voor zover bekend geen andere metingen plaatsgevonden.

#### **4.2.1 Beschikbare gegevens**

Er zijn geen geluid- en prestatie data van een vliegend toestel beschikbaar. Alleen het geluid van een op de grond aan een haak stilstaand toestel is beschikbaar in de vorm van geluidscontouren voor MIL en Max AB [4]. Het projectteam Vervanging F-16 heeft pogingen ondernomen om bij Lockheed meer informatie te verkrijgen, maar deze was niet beschikbaar. Ook verklaarde Lockheed niet in staat te zijn om geluidsmetingen te gaan doen

#### **4.2.2 Bruikbaarheid gegevens**

De beschikbare data van de AF-16 zijn niet bruikbaar voor het berekenen van de geluidsbelasting voor het opereren met de AF-16 op een Nederlandse luchthaven. Dit betekent dat de Advanced F-16 niet meegenomen kan worden bij een vergelijking.

#### **4.2.3 Nauwkeurigheid gegevens**

Omdat geen bruikbare data is ontvangen, is de nauwkeurigheid niet geëvalueerd.

#### **4.2.4 Overige informatie**

Geen overige informatie beschikbaar.



### **4.3 F-35**

Binnen het F-35 programma zijn verschillende geluidsmetingen aan een vliegende F-35 uitgevoerd waarvan een groot deel van de data in het bezit is van het NLR. Reeds tijdens de *Concept Demonstrator Phase* (CDP) van het JSF project zijn metingen aan het X-35 vliegtuig uitgevoerd. Deze metingen zijn in juli 2001 door het Air Force Research Laboratory (AFRL) op Edwards Air Force Base (AFB) uitgevoerd. Recentelijk, april 2007 en oktober 2008, zijn door AFRL geluidsmetingen uitgevoerd aan het eerste prototype, de AA-1 op respectievelijk Mineral Wells en Edwards Air Force Base.

#### **4.3.1 Beschikbare gegevens**

##### *X-35 data*

In april 2004 heeft het NLR de X-35 geluidsdata (ruwe data) ontvangen en een additionele dataset is ontvangen in juli 2004. Hieruit zijn gegevens verzameld voor de eerste indicatieve berekeningen.

##### *AA-1 Mineral Wells data:*

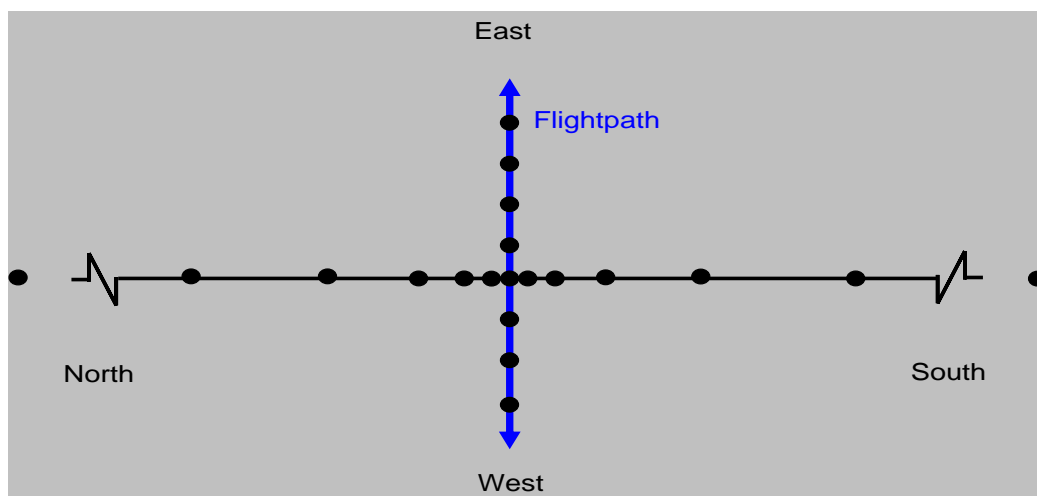
Op Mineral Wells zijn beperkte testen met vliegende AA-1 uitgevoerd.<sup>4)</sup> Van deze testen heeft het NLR in juni 2008 de ruwe data ontvangen.

##### *AA-1 Edwards data:*

In februari 2009 zijn geluidsdata van de Edwards geluidsmeting aan het NLR ter beschikking gesteld. Deze data omvatten de ruwe data geluidsopnames, gedetailleerde meteorologische gegevens, ruwe data vliegprofielen. Er is met 60 microfoons gemeten, waarvan enkele in twee kranen (hoogte 300ft) waren gemonteerd. De microfoons stonden zowel in een array met een lengte van 7.1 Nautical Mile (Nm) onder het vliegp pad als tot op 4000 ft aan weerszijden van het vliegp pad. De windsnelheden, windrichtingen, temperatuur, luchtvochtigheid en luchtdruk zijn zowel op de grond als in de lucht (boven op de kranen) gemeten. Zie figuur 1 voor een illustratie van een deel van het meetgrid.

---

<sup>4)</sup> Op basis van o.a. deze gegevens is het Eglin Base Realignment and Closure (BRAC) rapport opgesteld.



Figuur 1 Illustratie van een deel van de meetopstelling op de grond.

Er is nog geen rapport van AFRL ontvangen, wel een presentatie met daarin de opstellingsschets en de eerste bevindingen [10].

De ontvangen data omvat:

- Geluidsopnamen van vluchten
- Kalibratie opnamen van de microfoons
- Vliegtuigdata (positie, thrust, hoogteverloop, snelheid, etc)
- Nauwkeurige meteorologische data (windsnelheid, windrichting, temperatuur, vochtigheid, atmosferische druk)
- Beschrijving en detail gegevens gebruikte apparatuur

#### 4.3.2 Bruikbaarheid gegevens

##### X-35

Het X-35 vliegtuig was de JSF concept demonstrator van Lockheed Martin, die was uitgerust met een andere motor (F119) dan voorzien voor de F-35. De X-35 concept demonstrator was in 2001 enkel indicatief voor de F-35 omdat, het Take Off Weight (TOW) verschillend is, de outer mold line<sup>5)</sup> verschillend is en de configuratie verschillend is. Daarom gaven de X-35 data enkel een eerste indicatie van het geluidsniveau en zijn deze data niet bruikbaar voor nauwkeurige geluidbelasting berekeningen.

<sup>5)</sup> Outer mold line is de omhullende behuizing van het vliegtuig. Ontwerp F-35 was nog niet bevroren.

### *Mineral Wells*

De Mineral Wells data zijn door het NLR geanalyseerd op kwaliteit en bruikbaarheid. Uit deze analyse is gebleken dat de geluidsdata niet van voldoende kwaliteit waren en derhalve niet geschikt waren voor geluidsberekeningen in Nederland.

### *Edwards*

De beschikbare geluidsdata worden op dit moment door het NLR geanalyseerd en verwerkt in geluidscontour berekeningen. De data wordt geanalyseerd op kwaliteit en bruikbaarheid. Op basis van eerste analyses lijken voldoende meetgegevens beschikbaar om de geluidsbelasting te kunnen berekenen.

Afhankelijk van de manier waarop de data is aangeleverd duurt de verwerking van de ruwe data circa drie maanden. De werkelijk benodigde tijd zal gedurende de analyse van de data nauwkeuriger kunnen worden bepaald.

### **4.3.3 Nauwkeurigheid gegevens**

#### *X-35*

Allereerst is deze data geanalyseerd door het NLR op kwaliteit en bruikbaarheid. Uit deze analyse is gebleken dat de geluidsdata niet voldoende kwaliteit had en alleen kon worden gebruikt voor indicatieve geluidsberekeningen [5] met een grote onnauwkeurigheid. Zowel van de analyse als van de indicatieve berekeningen heeft het NLR een rapport opgesteld [6].

### *Mineral Wells*

De kwaliteit van de data is niet voldoende betrouwbaar voor het bepalen van absolute L<sub>Amax</sub> waarden en daarom ook niet voor de berekeningen van geluidsbelasting. Daarnaast was de ondergrond gedeeltelijk hard bij de geluidsopnames. In Nederland is de grond op en nabij militaire velden voornamelijk zacht.

### *Edwards*

Het NLR heeft bij de voorbereidingen van deze metingen informatie aangeleverd om de geluidsmetingen te verbeteren. Deze informatie is door AFRL zo goed mogelijk gebruikt om de meetopstelling te verbeteren met als doel een kwalitatief zo goed mogelijke geluidsdata set te verkrijgen. Het NLR is bij de voorbereiding en de uitvoering van deze meting actief betrokken geweest. De geluidsmeting is uiterst professioneel uitgevoerd. Daarom mag worden verwacht dat de data een goede kwaliteit heeft voor het uitvoeren van geluidsberekeningen.

#### 4.3.4 Overige informatie

Op basis van de X-35 zijn indicatieve vliegprofielen opgesteld voor de X-35. Het betreft hier start- en landingsprofielen. Op basis van de Edwards F-35 geluidsdata, prestatiedata en uitgangspunten voor de geluidsberekeningen als baangebruik, routeverdeling, soorten vluchten, aantallen vluchten en tijdstip van de vluchten zullen met deze vliegprofielen de geluidscontouren worden uitgerekend. De vliegprofielen voor de geluidsberekeningen op basis van een prestatiemodel van de F-35 zijn nog niet beschikbaar en gevalideerd.

#### 4.4 Gripen NG

Op 17 november 2008 heeft het NLR op verzoek van de Nederlandse Defensie Materieel Organisatie (DMO) een bezoek gebracht aan Saab te Linköping (Zweden). Tijdens dit bezoek zijn geluidsmetingen uitgevoerd aan het bestaande model van de Saab 39 -227 Gripen C met de motor GE F404 RM12 en daarna de Saab 39-7 Gripen DEMO (NG Demonstrator) met de motor GE F414G. Van beide vliegtuigen is het geluid met drie microfoons opgemeten waarvan er 1 midden op de landingsbaan was neergelegd en 2 aan weerszijden 5m uit de rand van de landingsbaan waren gepositioneerd op 4ft hoogte. De geluidsmeting is op basis van SAAB specificaties geheel door Saab en door SAAB ingehuurd geluidskundigen voorbereid en uitgevoerd. Van deze geluidsmeting is een rapport opgesteld [7]. NLR had de rol als waarnemer tijdens de metingen en heeft niet actief deelgenomen aan de metingen.

De aanpak van de meting was als volgt:

**Citaat** samenvatting uit rapport A2Zound semcon, rapport A2Z-R-08-033.:

*“To investigate the Gripen NG exterior noise emissions, a back to back noise<sup>6)</sup> test has been performed, comprising measurements on both the Gripen NG demonstrator and Gripen C. The measurements of the two aircraft versions back to back has allowed for the difference in measured A-weighted sound pressure levels to be deduced. Knowing the delta is very valuable information, since application of this delta on the comprehensive NPD database for the current Gripen versions A-D is possible.*

*Noise has been recorded on ground at Saab airfield in Linköping, Sweden, during take-off with military thrust and fly-over with thrust for level flight. The measurements were performed in less than 40 minutes under excellent comparable conditions.*

---

<sup>6)</sup> Met back to back wordt bedoeld dat het vliegtuig wordt gemeten waarvan geluidsgegevens bekend zijn en het vliegtuig waarvan deze nog niet bekend zijn. Door één of meerdere referentie punten te meten en te vergelijken worden door het akoestisch adviesbureau van SAAB vervolgens alle andere punten door middel van extrapolatie voor het laatste vliegtuig bepaald.

*The main conclusion of this back to back test is that the noise levels are the same at military Power and slightly lower for the Gripen NG demonstrator when the power is reduced. Actual measured noise levels appear in Table 1. The presented levels have been corrected to 1000 ft above ground to allow for a descent comparison.*

*Another important conclusion is that a slight noise level increase was measured at Military Power compared to the NPD database for both aircraft versions. Earlier recommendation of adding 1 dB to the NPD database for the Gripen NG is therefore still judged to be a good assumption, but required only for Military Power. This recommendation is then also applicable to the current Gripen A-D.”*

#### **Einde citaat**

#### **4.4.1 Beschikbare gegevens**

Door SAAB zijn naar aanleiding van de op 17 november 2008 uitgevoerde geluidsmetingen de volgende gegevens geleverd:

1. Rapport met geluidstabellen (LAm<sub>ax</sub> voor: Max AB, MIL, Level flight en Approach) van de Saab Gripen C/D versie. Dit betreft LAm<sub>ax</sub> getallen bepaald door middel van metingen en extrapolaties van de LAm<sub>ax</sub> waarden op basis van de metingen [8], [9].
2. Rapport met geluidsmetingen (d.d. 17 November 2008) aan de Gripen C en de Gripen NG (next generation) (rapport nr: .A2Z-R-08-033 [7])

Data in dit rapport:

- Beschrijving van 11 vluchten (3 maal Fly-over met thrust for level flight op 300kts en 2 maal Simulated take-off [voor beide toestellen] en 1 maal Take-off met MIL<sup>7)</sup> power op snelheid 240 kts voor de Gripen NG.
- Beschrijving van meetopstelling, site en data verwerking
- Vlieghoogte boven microfoon, snelheid en PLA setting
- Meteorologische gegevens
- Grafieken van het verloop van de dB(A) waarde per seconde gedurende de passage.
- LAm<sub>ax</sub> waarde per passage
- 1/3 octaafband spectra behorende bij de LAm<sub>ax</sub> waarde

Overige informatie in het rapport:

- Vergelijking van de uitgevoerde metingen met de beschikbare databases van de Gripen C/D versie.
3. Presentatie over rapport van bestaande geluidsdata Gripen A–D

---

<sup>7)</sup> Het is onduidelijk of dit 100% MIL power of een lagere power setting is geweest omdat het NLR geen gegevens van de vliegtuig prestaties tijdens de vliegtest heeft ontvangen.

#### **4.4.2 Bruikbaarheid gegevens**

Op basis van de door SAAB aangeleverde geluidsdata is het niet mogelijk om geluidsbelasting voor de vliegbases Leeuwarden en Volkel te berekenen omdat,

1. Slechts een zeer beperkte set geluidsgegevens beschikbaar is van de Gripen NG uit de recentelijk uitgevoerde geluidsmetingen; 1. een fly-over met thrust voor level flight op 1000ft met een snelheid van 300 kts en 2. Een take-off in military thrust op 1000 ft hoogte met een snelheid van 240 kts.
2. De gegeven geluidstabellen bruikbaar zijn voor het uitvoeren van een geluidsberekening met de GripenC/D maar niet voor een Gripen NG. De Gripen C/D database is goedgekeurd door de Zweedse overheid en wordt gebruikt voor het berekenen van het geluid van de Gripen CD rond Zweedse militaire luchtvaartterreinen. De prestatiegegevens niet zijn verstrekt voor het berekenen van take-off etc.
3. Op basis van de verkregen data zou slechts een globale 1 punts vergelijking mogelijk zijn. (F-16 MLU, Gripen NG en F-35 op 1000ft hoogte met MIL power). Om deze 1 punts vergelijking goed uit te kunnen voeren moeten de geluidsdata van de verschillende vliegtuigen worden gecorrigeerd voor verschillen in de meteorologische omstandigheden en grond impedantie en correcties voor richtingsgevoeligheid van de microfoon. De meteorologische gegevens tijdens de geluidsmeting van SAAB zijn slechts globaal bekend en de grond impedantie is niet opgemeten. Een 1 punts vergelijking is echter geen maat voor de geluidsbelasting van de omgeving (zie hoofdstuk 3).
4. De metingen voor de Gripen NG zijn uitgevoerd aan het Gripen NG demo vliegtuig. Het is onduidelijk of het demo vliegtuig representatief is voor het uiteindelijke Gripen NG vliegtuig. Tevens is tijdens de meting een clean NG demo vliegtuig gebruikt die waarschijnlijk niet representatief is voor een standaard trainingsconfiguratie. Deze details zijn van grote invloed op de prestaties van het vliegtuig, hetgeen een directe invloed heeft op het benodigde motor vermogen. Het motorvermogen in een bepaalde vliegsituatie is natuurlijk direct van invloed op het geluidsniveau.

#### **4.4.3 Nauwkeurigheid gegevens**

Door Saab is een rapportage van de meetdata en een rapportage van geluidstabellen aangeleverd. Hieronder wordt de nauwkeurigheid van de meetdata Gripen NG en geluidstabellen Gripen C besproken.

De nauwkeurigheid van de van SAAB verkregen meetdata Gripen NG:

1. Globaal bekeken zijn de meteorologische condities goed geweest, vergeleken met de condities zoals genoemd in ICAO ANNEX 16 (internationale standaard voor het uitvoeren

van geluidsmetingen aan vliegtuigen). De gerapporteerde temperatuur is 2 graden Celsius. Dit is precies de minimale temperatuur. De gerapporteerde relatieve vochtigheid is 62%. Deze ligt net boven de grens. Opgemerkt moet worden dat de meteorologische gegevens op 600 meter afstand van de microfoons zijn gemeten en dat de meteorologische gegevens niet beschikbaar zijn voor het precieze tijdstip van de fly-overs (geen exacte tijdsregistratie).

2. Er is geen informatie over een eventuele windgradiënt dan wel temperatuurgradiënt op de plaats van de metingen gedurende de geluidsmetingen. Deze zouden mogelijk het gemeten geluidsniveau kunnen beïnvloeden.
3. Er is met twee microfoons gemeten vlak bij elkaar onder het vliegpad. De data wordt door A2Z **gemiddeld over de twee microfoons**<sup>8)</sup>. Het is **beter om het maximale geluidsniveau van beide microfoons** te gebruiken omdat zo de meest zuivere meting wordt gebruikt.
4. Het is niet precies duidelijk welk niveau gemeten is. De microfoon stond rechtop. Enig nader onderzoek moet worden uitgevoerd naar de grond reflectie en het effect van deze reflectie op het gemeten geluidsniveau. Bijvoorbeeld door het gebruik van grondimpedantie metingen en microfoon specificaties.
5. Er is geen ruwe data geleverd van de geluidsonopnamen, meteoregistraties en vliegtuig data (zoals positie en throttle standen). Dit maakt een beoordeling van de kwaliteit van de data onmogelijk.

#### Nauwkeurigheid van de geluidstabellen Gripen C:

1. Saab suggereert om voor de Gripen NG dezelfde database te gebruiken als voor de Gripen C met een correctie van + 1dB omdat bij een fly-over en een Take-off in MIL power op een afstand van 1000 ft de gemeten waarden overeen komen met de waarden data base. Deze conclusie is volgens het NLR te kort door de bocht en een uitgebreidere meetsessie met meerdere vliegcondities is noodzakelijk. Tevens is uit de beschikbare informatie niet te achterhalen wat de exacte power settings zijn geweest. Het NLR heeft geen vliegprofielen van het vliegtuig ontvangen.
2. De klassieke geluidstabellen en rekenmethodiek (afstands-effect, absorptie, bodemdemping en richtingsonafhankelijkheid van het geluid, etc.) zoals hier toegepast zijn mogelijk niet voldoende nauwkeurig om de effecten van niet-lineaire demping en richtingsafhankelijke geluidsuitstraling van een hoogvermogen militaire jet te beschrijven. Mogelijkerwijs vallen door deze extra effecten de geluidsniveaus op grotere afstand (1200 m) lager uit. Het aantonen van effecten als niet-lineaire geluidsverzwakking en

---

<sup>8)</sup> Middelen over microfoons betekent dat het geluidsniveau naar beneden gaat. Hiermee wordt niet het werkelijke maximum vastgelegd.

richtingsafhankelijkheid van het geluid is naar verwachting mogelijk met behulp van 3D metingen.

3. De database bevat enkele afwijkende geluidsniveaus waarvan de reden van afwijking niet uit de rapporten blijkt. Bijvoorbeeld rapport nr. ACDA-03.061 [8], figuur nr. 4 en 5. De geluidsniveaus blijken toe te nemen vanaf ca 800m. Het NLR heeft niet de volledige data set gekregen en kan daardoor niet nagaan waardoor deze verschillen optreden. De toename vanaf 800m is zeer ongebruikelijk en niet te verwachten.

Nauwkeurigheid met betrekking tot de vergelijking van de Maximale geluidsbelasting van de Saab Gripen NG tot de maximale geluidsbelasting van de overige kandidaten. In de door Saab gerapporteerde meting van de Saab Gripen NG kunnen de volgende verschillen optreden ten opzichte van het opereren in Nederland:

- Een spreiding van ongeveer 3 dB omdat het effect van de reflectie op de grond en het gedrag van de microfoon niet bekend zijn bij de Saab metingen.
- Verschillende prestaties van het vliegtuig ten gevolge van een andere omgevingstemperatuur.

Een kwaliteitscontrole door het NLR van de geluidsmetingen en de geluidstabellen heeft niet plaats kunnen vinden omdat de daarvoor benodigde informatie niet door Saab is aangeleverd.

#### **4.4.4 Overige informatie**

Gedurende de geluidsmetingen in november 2008 is geconstateerd dat een deel van de benodigde informatie voor het beoordelen van de kwaliteit van de metingen niet beschikbaar was. Daarom is tijdens de afsluitende meeting in Linköping gevraagd of de ontbrekende informatie beschikbaar gesteld kon worden. Na de meeting is door het NLR een gedetailleerde vragenlijst opgesteld voor het verkrijgen van de ontbrekende informatie.

De lijst omvat onder andere de volgende vragen:

1. Wat is de exacte vliegtuig configuratie en het start gewicht bij aanvang van de vlucht en het gewicht gedurende de vlucht.
2. Zijn er gemeten ruwe geluidsgegevens beschikbaar voor de Gripen NG in After Burner en kunnen deze beschikbaar worden gesteld.
3. Wat is de onderliggende berekeningsmethode van de Noise Power Distance Tabellen. Is een beschrijving beschikbaar van deze berekeningsmethode en hoe deze is toegepast.

Deze vragen zijn als onderdeel van een uitgebreidere vragenlijst per e-mail d.d. 19 november 2008 gesteld aan Saab. Tot op heden is geen antwoord van Saab ontvangen, anders dan de in



4.4.1 beschreven gegevens. Tijdens de metingen bij Saab, d.d. 17 november 2008, is door Saab aangegeven dat het vliegen met AB alleen kon worden uitgevoerd na een voorbereiding van enkele maanden en onder de voorwaarde dat de test gefinancierd kan worden.

#### **4.5 Subconclusie**

Op basis van de beschikbare gegevens, een analyse van de nauwkeurigheid van de data en eventueel aanvullende informatie zijn de conclusies voor de kandidaten als volgt:

##### *Advanced F-16*

Geluidsgegevens van een vliegende Advanced F-16 zijn niet beschikbaar. De motor van de Advanced F-16 wijkt af van de motor in de huidige F-16 MLU. Dit betekent dat de geluidsbelasting van de Advanced F-16, gerepresenteerd door een 35 Ke contour, voor Volkel en Leeuwarden nog niet inzichtelijk kan worden gemaakt.

##### *F-35*

Sinds 2001 hebben geluidsmetingen aan de JSF plaatsgevonden. De kwaliteit van de eerste metingen was niet voldoende om betrouwbare geluidscontouren uit te rekenen. Het NLR heeft de data steeds op kwaliteit beoordeeld en in 2008 een advies rapport opgesteld voor het uitvoeren van geluidsmetingen aan hoogvermogen militaire gevechtsvliegtuigen. Deze adviezen zijn overgenomen door de uitvoerder van de geluidsmetingen het Air Force Research Laboratory bij de voorbereiding van de geluidsmetingen die op Edwards Air Force Base hebben plaatsgevonden in oktober 2008. Het NLR is bij deze geluidsmetingen aanwezig geweest en heeft actief deelgenomen aan de metingen. In de adviezen is onder andere een uitbreiding van de meetopstelling, een meetopstelling waarbij 60 microfoons worden gebruikt voorgesteld. De microfoons stonden onder het vliegp pad, tot op 2 mijl links en rechts van het vliegp pad en over een lengte van 7 mijl onder het vliegp pad. Tevens zijn de meteorologische omstandigheden met 8 meteo stations opgemeten, waarvan 6 op de grond en 2 op een hoogte van 300 ft. De meetssystemen zijn eveneens verder verbeterd. Een deel van de gemeten data is in begin februari 2008 door het NLR ontvangen. Eerst zal de data worden geanalyseerd op bruikbaarheid en kwaliteit. Daarna kunnen berekeningen worden voorbereid en uitgevoerd.

Dit betekent dat eerst dan de geluidsbelasting van een vliegende F-35 gerepresenteerd door een 35 Ke contour voor Vliegbasis Volkel en Vliegbasis Leeuwarden op termijn inzichtelijk kan worden gemaakt. De termijn waarop hier duidelijkheid over gegeven kan worden hangt af van de toegankelijkheid, volledigheid en overzichtelijkheid waarmee de data is aangeleverd.

### *SAAB Gripen NG*

Op 17 november 2008 heeft het NLR een bezoek gebracht aan Saab te Linköping. Op dezelfde dag hebben geluidsmetingen met een Saab Gripen C en een Saab Gripen NG op Linköping airport plaatsgevonden. Het NLR is bij deze geluidsmetingen aanwezig geweest als waarnemer. De voorbereiding van de meting en de meting zelf zijn geheel door de Saab en de lokale akoestisch adviseurs verzorgd. Er stonden drie microfoons onder het vliegveld. Eén lag op de baan en twee microfoons stonden aan weerszijden op 5 meter van de baanrand op 4ft hoogte. De meteorologische omstandigheden zijn van één meteo station gerapporteerd op enkele tijdstippen die niet samenvielen met de meetvluchten. Het meteo station stond op ca 600 meter afstand.

Het Gripen NG demo toestel was niet representatief voor het voorziene gebruik in Nederland. Tevens is gedurende de metingen **niet** met After Burner gevlogen. Ruwe meetdata van geluidsoptnamen en vliegtuiggegevens zijn niet beschikbaar gesteld voor analyse. Alleen LAmax waarden bepaald uit de meting zijn geleverd.

Door de zeer beperkte set van geleverde gegevens kan de bruikbaarheid, nauwkeurigheid en de kwaliteit van de meetdata niet worden geanalyseerd.

Dit betekent dat de geluidsbelasting van de Saab Gripen NG gerepresenteerd door een 35 Ke contour, voor Volkel en Leeuwarden nog niet inzichtelijk kan worden gemaakt.

Op basis van de tot nu toe beschikbare gegevens kan alleen een vergelijking op basis van LAmax worden vastgesteld op grond van een standaard scenario. In het volgende hoofdstuk wordt de vergelijking op basis van LAmax besproken.

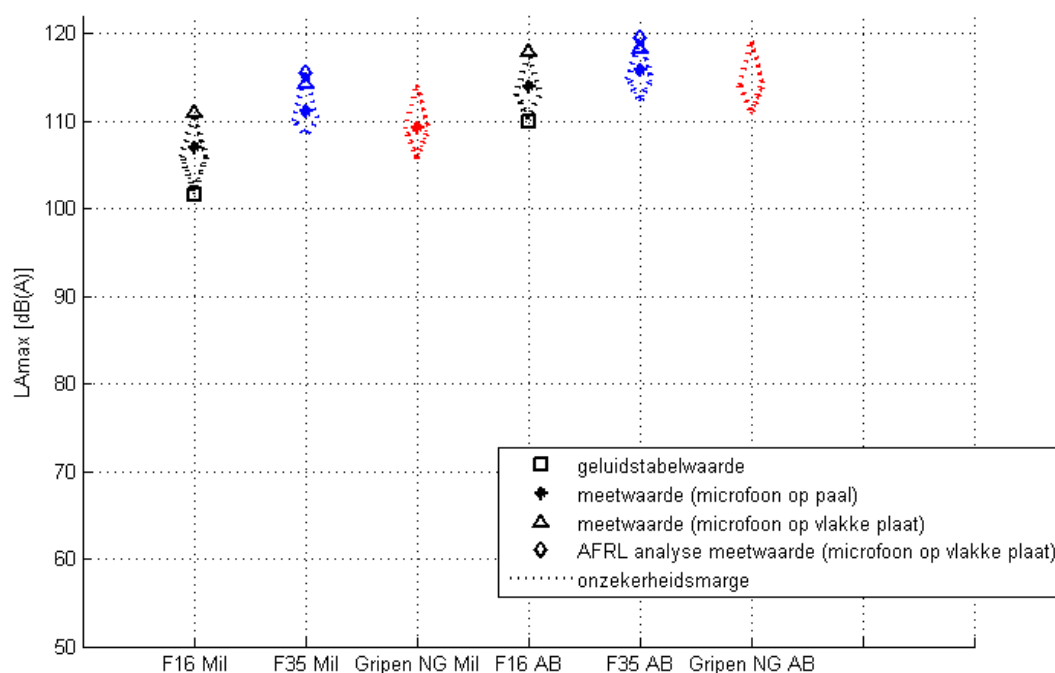
## 5 LAmax waarden: standaard scenario

Zoals blijkt uit hoofdstuk 4 is het niet mogelijk om voor de drie kandidaten de geluidsbelasting te bepalen. Op basis van de beschikbare gegevens kan wel een vergelijking worden gemaakt voor een scenario waarin een fly-over met een snelheid van 250-300kts plaatsvindt op 1000ft met gebruik van MIL power en maxAB. De vergelijking bestaat uit het maximale geluidsniveau LAmax dat wordt gemeten op een hoogte van 4ft. Deze 4ft komt uit de Nederlandse rekenmethodiek [1] waar de geluidsbelasting wordt bepaald op 4ft boven gras.

De uitgevoerde vergelijking van LAmax waarden is gebaseerd op de F-16 MLU meetgegevens van 24 februari 2009, de F-35 meetgegevens van Edwards AFB en de door Saab verstrekte data. Omdat de metingen niet allemaal onder de voor Nederland gedefinieerde omstandigheden hebben plaatsgevonden ontstaat spreiding op de gemeten en afgeleide waarden. Deze spreiding ontstaat door factoren die de geluidsniveaus beïnvloeden zoals de gevlogen profielen, het weer, de ondergrond, de meetopstelling, de power setting, de configuratie en het gewicht van het vliegtuig etc.

In figuur 1 is de spreiding aangegeven die op basis van deze factoren kan worden verwacht. Tevens is indien beschikbaar, een bovengrens van deze spreiding vastgesteld door een meting met een microfoon op een grondplaat [11]. Met deze grondplaat [11] worden verschillen door bodem effecten uitgesloten. Verschillen door meteorologische omstandigheden kunnen eveneens worden uitgesloten als de meteorologische omstandigheden binnen een meteoraam (vastgestelde beperkingen voor toegestane weersomstandigheden) plaatsvinden. Deze meteorologische omstandigheden moeten dan nauwkeurig worden opgemeten.

In de onderstaande figuur is voor iedere kandidaat in de vorm van een ruitvorm het meest waarschijnlijke geluidsniveau in LAmax voor de Nederlandse situatie aangegeven. De meest waarschijnlijke te verwachten waarde wordt aangegeven door het breedste deel van de ruit in de figuur. De onder- en bovenkant van de figuur geven de spreiding aan waarbinnen de geluidsniveaus moeten liggen op basis van de onderzochte gegevens. De bovenkant van de ruit geeft het geluidsniveau aan dat met de grondplaat [11] is gemeten. Om het geluidsniveau op 4ft hoogte te bepalen moet hier minimaal 2 dB vanaf worden gehaald. Appendix C geeft een uitgebreide beschrijving van de figuur en de onderbouwing van de geluidsniveaus.



*Figuur 1: Voor de F-16 MLU, F-35 en de Saab Gripen NG zijn voor een fly-over in MIL power, voor de F-16 MLU en F-35 zijn voor een fly-over in AB power op 1000 ft hoogte de gemeten geluidswaarden en de bijbehorende spreiding in de geluidsniveaus verticaal weergegeven. Voor de SAAB Gripen NG wordt voor AB alleen de spreiding in de geluidsniveaus weergegeven. In de figuur is met het breedste stuk van de aangegeven spreiding (Stippellijn) een indicatie gegeven van het verwachte geluidsniveau onder Nederlandse omstandigheden. De figuur geeft een vergelijking van de kandidaten ten opzichte van het achtergrondgeluidsniveau (+/- 50 dBA) weer. De spreiding is niet gebaseerd op een statistische analyse omdat hiervoor te weinig gegevens bekend zijn, maar op fysische aannames. De spreiding wordt veroorzaakt door mogelijke effecten van weersomstandigheden, verschillen in hardheid van de grond (grondimpedantie), configuratie van het vliegtuig en de richtingsgevoeligheid van de microfoons. Na afronding van de uitgebreide analyse van de kwaliteit van de data en analyse van de geluid- en prestatiedata kan de spreiding mogelijk worden verkleind.*

Op het moment dat er geen vliegtuig passeert is het maximale geluidsniveau van het achtergrond geluid, zonder passages van auto's, brommers en andere geluidsbronnen wordt ingeschat op ongeveer 50 dB(A). Als er een fly-over plaatsvindt op 1000 ft hoogte van een militair gevechtsvliegtuig in MIL of AB zal het geluidsniveau (=LAm<sub>ax</sub>) een korte periode van enkele seconden toenemen tot de LAm<sub>ax</sub> die wordt weergegeven in de figuur. Direct daarna neemt het geluid weer af tot het geluidsniveau van de achtergrond.

De verwachte geluidsniveaus bepaald uit de nu beschikbaar zoals gegevens gerapporteerd in hoofdstuk 4 bij het overvliegen op 1000 ft hoogte zijn als volgt (Appendix C):

- F-16 MLU in MIL power, rond de 104-107 dB(A)<sup>9)</sup>.
- F-35 en de Saab Gripen NG, in MIL power respectievelijk rond de 110 en 109 dB(A).
- F-16 MLU in AB rond de 111-114 dB(A)<sup>10)</sup>.
- F-35 en de Saab Gripen NG in AB respectievelijk rond de 115 en 114 dB(A).

Dit zijn de maximale geluidsniveaus die kunnen worden verwacht onder standaard meteorologische condities. De werkelijke maximale geluidsniveaus zullen afhangen van de manier waarop gevlogen gaat worden (de vluchtprofielen voor starts en landingen en de zo genaamde circuits), de afstand tussen de waarnemer en het vliegtuig en de weersomstandigheden. In veel gevallen zal het vliegtuig niet lang in AB kunnen blijven vanwege de snelle acceleratie door het vliegtuig.

#### Opmerkingen:

1. De LAm<sub>ax</sub> waarden voor het standaard scenario betreft een beperkte vergelijking en het betreft geen berekening van de geluidsbelasting.
2. Omdat geen geluidsdata van de Saab Gripen NG in AB beschikbaar is, is door het NLR geprobeerd om hiervan een inschatting te maken op basis van de gegevens van andere militaire gevechtsvliegtuigen (F-16 MLU, F-18 E/F, F-35) en de beschikbare gegevens van de Gripen C/D.
3. Een nauwkeuriger vergelijking kan pas worden gemaakt nadat de gegevens van de Saab Gripen NG in MIL en AB zijn opgemeten met de juiste configuratie.
4. Als de F-16 MLU (MIL, AB) wordt opgemeten in een situatie zonder wolkendek, met een droge ondergrond zal de maximale geluidsbelasting preciezer kunnen worden bepaald. Deze zal dan hoogstwaarschijnlijk lager uitvallen.
5. Van de vliegende Advanced F-16 zijn geen geluidsgegevens beschikbaar. De verwachting is dat de LAm<sub>ax</sub> waarden voor MIL en AB tussen de F-16 MLU en F-35 liggen.

#### Conclusie

Omdat op dit moment niet alle gegevens beschikbaar zijn kan alleen een vergelijking van de F-16 MLU, F-35 en de Gripen NG op basis van het maximaal te genereren geluid tijdens MIL en AB (LAm<sub>ax</sub>) worden uitgevoerd op een herleidbare situatie die voor alle kandidaten gelijk

---

<sup>9)</sup> Voor de toename van geluid door een laaghangend wolkendek is nog geen exacte correctie uit te voeren omdat het effect nog niet eenduidig te bepalen is. Dit geldt ook voor de andere configuratie (extra luchtweerstand) met bijbehorend gewicht.

<sup>10)</sup> Voor de toename van geluid door een laaghangend wolkendek is nog geen exacte correctie uit te voeren omdat het effect nog niet eenduidig te bepalen is. Dit geldt ook voor de andere configuratie (extra luchtweerstand) met bijbehorend gewicht.

is. Voor dit rapport is gekozen voor een standaard scenario waarin een fly-over met een snelheid van 250-300kts plaatsvindt op 1000ft met gebruik van MIL power en max AB. Het verschil tussen het achtergrond geluid (50 dB(A)) bij de F-35 en Gripen NG is groter dan 55 dB. Dit verschil is vele malen groter dan het verschil dat optreedt bij een fly-over van een F-35 of een Gripen NG.

Uit de resultaten van de analyse voor het standaard scenario volgt dat rekening houdend met de spreiding de verschillen tussen de kandidaten klein zijn. Het is op basis van deze resultaten derhalve niet te concluderen dat één kandidaat aanzienlijk meer geluid produceert dan de andere.

## 6 Conclusie

In dit rapport is een beschrijving gegeven van de beschikbare geluidsgegevens van de kandidaten voor VF-16.

De gegevens bestaan uit gemeten en gerapporteerde data waarvan de kwaliteit en de bruikbaarheid wordt beoordeeld. De kwaliteit en de bruikbaarheid hangen direct samen met de meetmethode, de meetopstelling, meteorologische condities, grondimpedantie en vliegprofielen. Zowel de ruwe geluidsdata als de ruwe data die verband houden met de prestatie van het vliegtuig, de meteorologische condities en de grond impedantie dienen beschikbaar te zijn om de nauwkeurigheid en de kwaliteit te kunnen beoordelen.

Van de Advanced F-16 zijn geen geluid- en prestatiedata beschikbaar van een vliegend toestel.

Voor de F-35 zijn in oktober 2008 zijn op Edwards AFB geluidsmetingen uitgevoerd. Het NLR heeft bij de voorbereidingen van deze metingen informatie aangeleverd om de geluidsmetingen te verbeteren. De uitvoering van de geluidsmeting was uiterst professioneel. Daarom mag worden verwacht dat de kwaliteit van deze dataset geschikt is voor het uitvoeren van geluidsberekeningen. Het NLR analyseert op dit moment de kwaliteit en de bruikbaarheid van de data. Daarna kunnen geluidsbelasting berekeningen worden uitgevoerd.

Voor Saab is het NLR in november 2008 bij een geluidsmeting aanwezig geweest als waarnemer. De voorbereiding van de meting en de meting zelf zijn geheel door de Saab en de lokale akoestisch adviseurs verzorgd. De gebruikte configuratie van het Gripen NG demo toestel was niet representatief voor het voorziene gebruik in Nederland. Gedurende de metingen is allen in MIL en reduced Power en **niet** met After Burner Power gevlogen. Saab heeft zelf de ruwe meetdata van geluidsoptnamen en vliegtuiggegevens geanalyseerd en de gevonden L<sub>Amax</sub> waarden ter beschikking gesteld. Hierdoor kan de bruikbaarheid, nauwkeurigheid en de kwaliteit van de meetdata niet door het NLR worden geanalyseerd, o.a. kan niet worden vastgesteld of en op welke wijze het motorvermogen heeft geleid tot de gevonden waarde.

Op basis van de beschikbare informatie kan alleen voor de F-35 een geluidsbelasting berekening worden uitgevoerd.

### **Vergelijk op basis van L<sub>Amax</sub>.**

Omdat op dit moment niet alle gegevens beschikbaar zijn kan alleen een vergelijking van de F-16 MLU, F-35 en de Gripen NG op basis van het maximaal te genereren geluid tijdens MIL

en AB (LAmax) worden uitgevoerd op een herleidbare situatie die voor alle kandidaten gelijk is. Voor dit rapport is gekozen voor een standaard scenario waarin een fly-over met een snelheid van 250-300kts plaatsvindt op 1000ft met gebruik van MIL power en max AB.

Uit de resultaten van de analyse voor het standaard scenario volgt dat rekening houdend met de spreiding de verschillen tussen de kandidaten klein zijn. Het is op basis van de resultaten derhalve niet te concluderen dat één kandidaat aanzienlijk meer geluid produceert dan de andere.



## Referenties

- [1] RLD/BV-01.2 Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke) - zonder drempelwaarde- ten gevolge van het vliegverkeer.
- [2] ICAO Annex 16
- [3] NLR-CR-2006-699, Testplan F-35 Noise Measurements dat is opgesteld door Defensie Materieel en Organisatie, NLR en TNO.
- [4] Response to the RFI briefing Questions 21 februari 2001, Lockheed Martin. (RFI. Question 5.13.1.1.A).
- [5] Uitgangspunten F-35 geluidsberekeningen en indicatieve resultaten, NLR-CR-247, T.A. van Veen, R. Maas, NLR-CR-2005-247
- [6] Measurements and analysis on fly-over noise of the test airplane X-35B of the JSF flight test program., Part 1 and Part 2, NLR-CR-2004-344-PT-1, T.A. van Veen, R. Maas, H.H. Brouwer, W.F. Lammen, P. Balke.
- [7] Exterior noise measurements of Gripen NG demonstrator, Lennart Ericsson, Niklas Osterstrom, A2Zound semcon, A2Z-R-08-033, 2880-11-21
- [8] Noise database for the Saab JAS39 Gripen for Determining the noise exposure at and around airfields, rapport: ACDA-03.061, 2003-09-01, Lennart Ericsson, 2003 09 01.
- [9] Noise database for the Saab JAS39 Gripen for Determining the noise exposure at and around airfields: appendix: ACDA-03.062, 2003-09-01, Lennart Ericsson, 2003 09 01.
- [10] F-35 AA-1 Fly-over Noise Measurement & Analysis, 21 Nov 2008, Richard McKinley, Robert McKinley, Frank Mobley, Joint Strike Fighter Program Office & Air Force Research Laboratory.
- [11] Ground Plane Microphone Installation for Measurement of Aircraft Fly-over Noise: AIAA-1984-2353, B.N. Shivashankara and G.W. Stubbs, The Boeing Company, Seattle Washington.

Deze pagina is opzettelijk blanco.

## Appendix A Toelichting op SEL

SEL staat voor Sound Exposure Level, een cumulatieve maat voor het geluidniveau, dit wordt in onderstaande tekst verder toegelicht in het Engels.

De Sound Exposure Level afgekort als SEL en LAE, is de totale hoeveelheid geluidsenergie die ten gevolge van een enkel geluidsevent. De Sound Exposure Level is een maat die wordt gebruikt om de hoeveelheid geluid van een event als bijvoorbeeld een fly-over van een vliegtuig weer te geven. De SEL wordt berekend van gemeten dB(A) geluidsniveaus in de tijd. Het is het in de tijd geïntegreerde geluid, dwz alle akoestische energie ten gevolge van een event weergegeven in 1 seconde.

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left[ \sum_{t=t_1}^{t_2} 10^{L_{Ak}/10} \right]$$

met

$L_{Ak}$  = A-gewogen sound pressure level [dB(A)]

Opmerking: Het geluidsniveau als gemeten op  $t_1$  en  $t_2$  moet minimaal 10 dB onder het maximal gemeten maximale geluidsniveau liggen.

LAE is gerelateerd aan LAeqT door de volgende vergelijking:

$$L_{AE} = L_{AeqT} + 10 \log_{10}(t_2 - t_1)$$

met

LAE = Sound Exposure Level [dB]

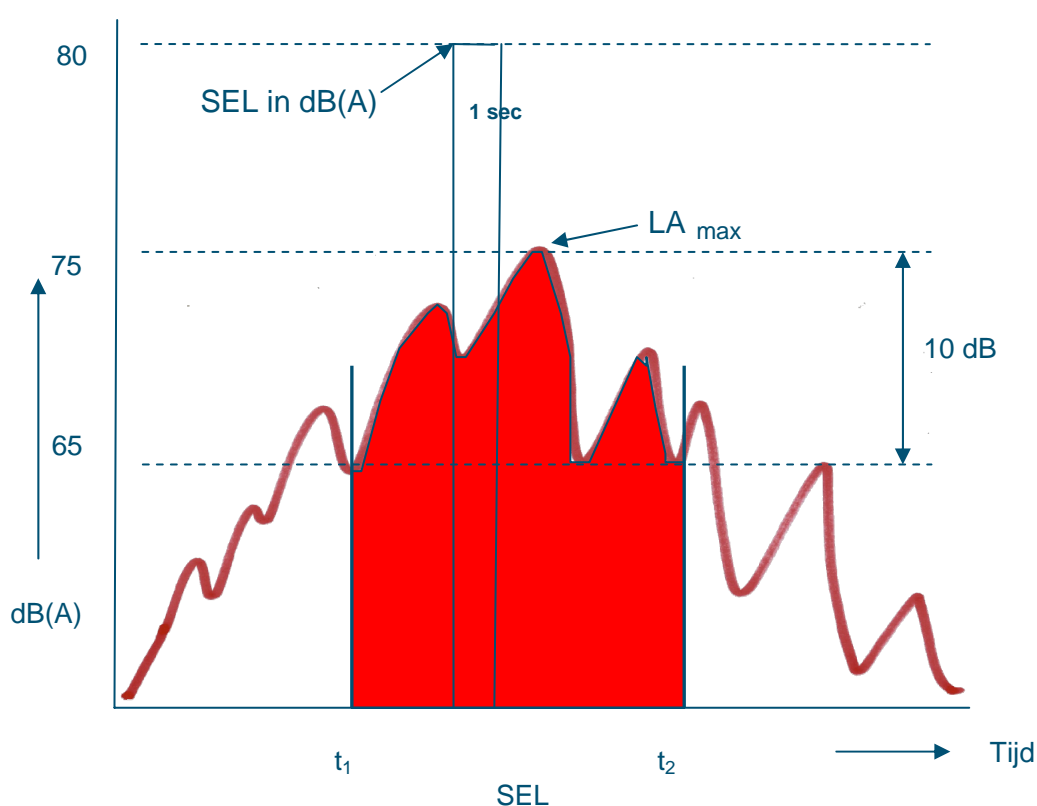
LAeqT = Equivalent Continue geluidsniveau [dB]

Dit is de totale hoeveelheid geluidsenergie van 1 passage.

Het Sound Exposure Level (SEL) representeert de totale hoeveelheid geluidsenergie van 1 passage. De Single Event Noise Exposure Level (SENEL) is gelijk aan de Sound Exposure Level, met als beperking dat alleen de geluidsenergie gesommeerd wordt waarvan het geluidsniveau 10 dB lager is dan het maximale geluidsniveau. In de praktijk wordt deze beperking ook aan de SEL berekening opgelegd en zijn SENEL en SEL gelijk aan elkaar.

De SEL dB is de geïntegreerde hoeveelheid geluid (oppervlakte onder de grafiek tijd vs SEL waarde)/tijdsduur geluid in seconden. Dus al het geluid weergegeven in 1 seconde met een vast dB niveau.

Een SEL kan worden bepaald voor een single event. In dit geval wordt tijdens de toename van het geluidsniveau vanaf het punt  $L_{Amax} - 10$  dB tot dat het geluidsniveau weer afneemt tot  $L_{Amax} - 10$  dB de energie van het geluid geïntegreerd (gesommeerd over de tijd). Bij gebruik als Exposure Level wordt de totale geluidsexposure bepaald door het integreren van al het geluid tussen twee tijdstippen. Zie figuur 2.



*Figuur 2: Voorbeeld vliegtuigpassage:  $L_{Amax}$ , SEL. De  $L_{Amax}$  wordt bij het bepalen van een Sound Exposure Level van 1 event gebruikt om de integratie grenzen  $t_1$  en  $t_2$  vast te stellen. Deze grenzen liggen op de tijdstippen waarop het geluidsniveau boven  $L_{Amax} - 10$  dB respectievelijk onder  $L_{Amax} - 10$  dB komt.*

*Bij een vliegtuigpassage op 1000 ft hoogte is de tijdsduur tussen  $t_1$  en  $t_2$  enkele seconden. Daarom is bij vliegtuiggeluid de SEL dB(A) waarde meestal hoger dan de  $L_{Amax}$  waarde.*

## **Appendix B ICAO geluidscertificatie metingen**

Voor de geluidscertificatie van civiele vliegtuigen heeft het International Civil Aviation Organisation (ICAO) een richtlijn uitgegeven: Annex 16 Volume I Part II [2]. In deze richtlijn is beschreven hoe het geluid van civiele vliegtuigen dient te worden opgemeten zodat deze vliegtuigen op basis van het te produceren geluid kunnen worden gecertificeerd. De geluidsbelasting van een enkele passage wordt gemeten met drie microfoons. Het geluidsniveau wordt uitgedrukt in Effective Perceived Noise Level (EPNL dB). Deze eenheid voor geluidsniveau verschilt sterk van een LAmax of een SEL. EPNL is een geluidsmaat die wordt gebruikt voor civiel vliegverkeer waarbij tevens een correctie wordt uitgevoerd voor geluid met verschillende tonen (bijv. Geluidstonen van de fan, lading gear, flaps, etc.). De EPNL dB is niet van toepassing voor het berekenen van het geluid van militaire vliegtuigen in Nederland.

In het algemeen worden de gegevens van deze geluidscertificatie meting voor civiele vliegtuigen hergebruikt voor het uitvoeren van geluidsberekeningen. Dat kan alleen als er voldoende ruwe meetdata beschikbaar is (geluid, vliegtuig prestatiegegevens en meteorologische gegevens). Deze gegevens worden dan verwerkt tot LAmax of SEL.

## **Appendix C    Overzicht beschikbare geluidsgegevens voor het gebruik van Military Power en After Burner power**

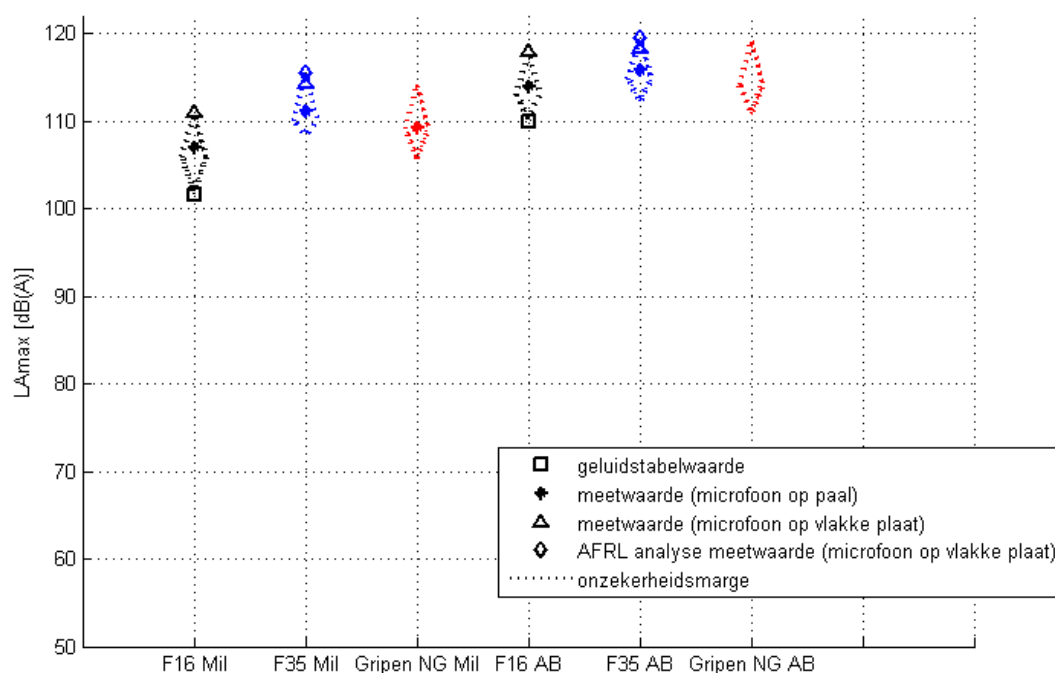
Om inzicht te krijgen in de beschikbare data en de hiermee op dit moment samenhangende onzekerheden heeft het NLR een figuur opgesteld met daarin de meetwaarden en de bijbehorende spreiding. Gedurende het lopende onderzoek wordt verwacht dat deze spreiding kan worden verkleind door enerzijds de voortschrijdende inzichten in de analyse resultaten en anderzijds aanvullend onderzoek.

Deze meetwaarden geven geen beeld van de geluidsbelasting voor een heel jaar. Hiervoor moeten verschillende soorten vluchten worden doorgerekend door vliegtuigen over verschillende routes met verschillende prestatie profielen te laten vliegen met verschillende afstanden tot de rekenpunten.

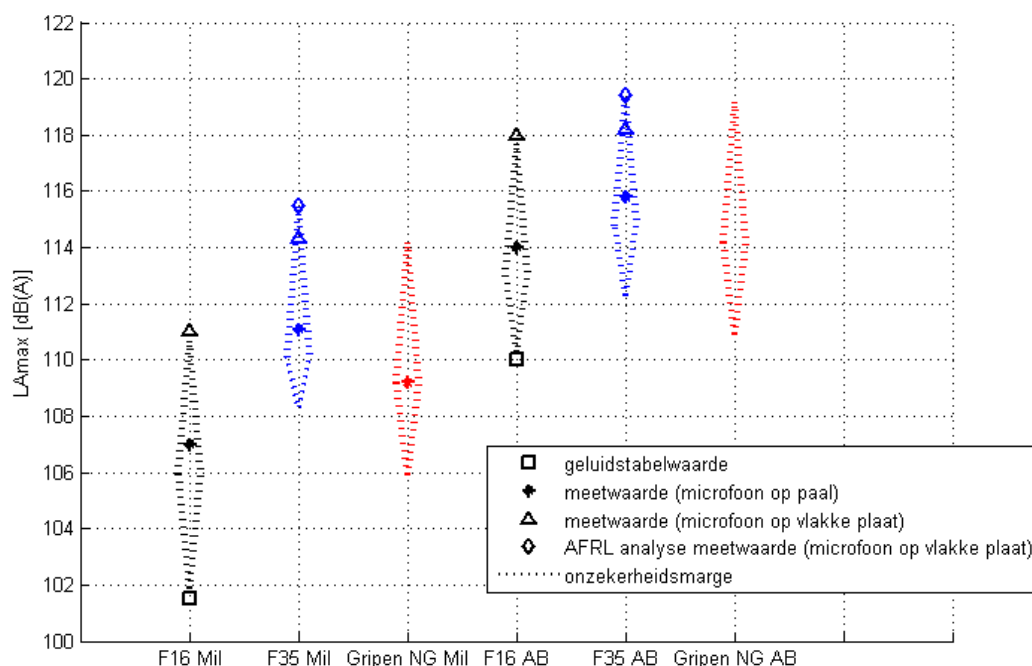
In figuur 2 zijn voor Military Power en After Burner Power de beschikbare geluidsgegevens weergegeven voor de F-16 MLU zoals deze nu<sup>11)</sup> op vliegbasis Leeuwarden vliegt en voor de F-35. Van de Saab Gripen NG zijn alleen de gemeten MIL power geluidsniveaus weergegeven met een marker.

---

<sup>11)</sup> Het betreft de huidige configuratie die representatief is voor de oefeningen die nu op de vliegbasis Leeuwarden worden uitgevoerd. Het gewicht van de F-16 is ca 32.300 lbs.



*Figuur 3: Voor de F-16 MLU, F-35 en de Saab Gripen NG zijn voor een fly-over in MIL power, voor de F-16 MLU en F-35 zijn voor een fly-over in AB power op 1000 ft hoogte de gemeten geluidswaarden en de bijbehorende spreiding verticaal weergegeven. Voor de SAAB Gripen NG wordt voor AB alleen de spreiding in de geluidsniveaus verticaal weergegeven. In de figuur is met het breedste stuk van de aangegeven spreiding (Stippellijn) een indicatie gegeven van het verwachte geluidsniveau onder Nederlandse omstandigheden. De figuur geeft een vergelijking van de kandidaten ten opzichte van het achtergrondgeluidsniveau (+/- 50 dBA) weer. De spreiding is niet gebaseerd op een statistische analyse omdat hiervoor te weinig gegevens bekend zijn, maar op fysische aannames. De spreiding wordt worden veroorzaakt door mogelijke effecten van weersomstandigheden, verschillen in hardheid van de grond (grondimpedantie), configuratie van het vliegtuig en de richtingsgevoeligheid van de microfoons. Na afronding van de uitgebreide analyse van de kwaliteit van de data en analyse van de geluid- en prestatiedata kan de spreiding mogelijk worden verkleind. In de figuur is met het breedste stuk van de spreiding een indicatie aangegeven van het verwachte geluidsniveau.*



Figuur 4: Voor de F-16 MLU, F-35 en de Saab Gripen NG zijn voor een fly-over in MIL power, voor de F-16 MLU en F-35 zijn voor een fly-over in AB power op 1000 ft hoogte de gemeten geluidswaarden en de bijbehorende spreiding verticaal weergegeven. Voor de SAAB Gripen NG wordt voor AB de alleen spreiding in de geluidsniveaus verticaal weergegeven. De figuur is bestemd voor onderlinge vergelijking van de vliegtuigen. In de figuur is met het breedste stuk van de aangegeven spreiding (Stippellijn) een indicatie gegeven van het verwachte geluidsniveau onder Nederlandse omstandigheden. De spreiding is niet gebaseerd op een statistische analyse omdat hiervoor te weinig gegevens bekend zijn, maar op fysische aannames. De spreiding wordt worden veroorzaakt door mogelijke effecten van weersomstandigheden, verschillen in hardheid van de grond (grondimpedantie), configuratie van het vliegtuig en de richtingsgevoeligheid van de microfoons. Na afronding van de uitgebreide analyse van de kwaliteit van de data en analyse van de geluid- en prestatiedata kan de spreiding mogelijk worden verkleind. In de figuur is met het breedste stuk van de spreiding een indicatie aangegeven van het verwachte geluidsniveau.

### C.1 Toelichting spreiding

Per vliegtuig is het bereik weergegeven van de LAmax: het maximale geluidsniveau van een fly-over op 1000ft hoogte (+/- 250 kts passeersnelheid) in 100% MIL power acceleratie en max. AB power acceleratie, A-gewogen en geïntegreerd over 1 seconde, geluidsmeter in stand slow. Het bereik van de mogelijke LAmax waarden representeert de spreiding hiervan en is weergegeven met een gestippelde lijn. De spreiding van de LAmax waarde hangt af van verschillende factoren:

- weersomstandigheden (m.b.t. geluidvoortplanting en vliegprestaties)
- meetmethodiek (harde/ zachte ondergrond, paal/plaat microfoons)
- configuratie van het vliegtuig



- prestatie van het vliegtuig weergegeven per 0.1 sec nabij de microfoons
- vliegpad van het vliegtuig
- richtingsgevoeligheid van microfoon

De meetwaarden zijn gemarkeerd met een \* symbool (4ft paalopstelling) en een driehoek en diamantsymbool (vlakke plaat opstelling). Beschikbare geluidstabelwaarden<sup>12)</sup> van de F-16 MLU zijn met een vierkantsymbool gemarkeerd.

Er zijn twee typen meetopstellingen gebruikt:

1. Meting met een vlakke grondplaat [11].  
Het voordeel van deze meting is dat het maximale geluidsniveau inclusief 6 dB reflectie door de plaat op alle plaatsen gelijk is gemeten.
2. Meting met een paal op 4ft hoogte.  
De wettelijke reken/meet methodiek geeft aan dat gemeten moet worden met een paal op 4ft hoogte boven het gras geplaatst. Deze methode geeft een 2-4 dB lager geluidsniveau dan de grondplaat [11]. De reductie is afhankelijk van de impedantie van de bodem. Deze kan verschillen per plaats en weersomstandigheid (bevroren grond, natte grond geven meer reflectie dan een droge zachte grond).

Met de grondplaat [11] kan eenvoudig het invallende geluidsniveau (geluidssignaal zonder reflectie) worden bepaald, onafhankelijk van de impedantie van de bodem. Het invallende geluidsniveau is de gemeten waarde minus 6dB.

Spreading m.b.t het geluidsniveau  $L_{Amax}$  zitten voornamelijk in de volgende factoren:

### **F-16 MLU meting te Leeuwarden**

De meting met de paal levert een 4-5 dB hoger geluidsniveau dan de geluidstabel. Dit verschil kan worden verklaard door laaghangende bewolking, natte grond en configuratie van de relatief zwaardere toestellen nu (32.300 lb) bij de meting. De geluidstabel is meer dan 10 jaar oud en is op een andere configuratie en gewicht gebaseerd om dat in het verleden heel anders werd geoefend dan vandaag de dag. Deze configuratiegegevens en meetomstandigheden van de geluidstabel zijn echter niet meer te achterhalen. Dit geluidsniveau is inclusief het effect van de laaghangende bewolking en de zware configuratie. Een precieze correctie hiervoor is niet bekend daarom een verwacht niveau tot 3 dB lager.

---

<sup>12)</sup> Deze geluidstabel komt uit de Appendices die zijn opgesteld voor het berekenen van het geluid van vliegtuigen in Nederland.

Als bovengrens van de spreiding is de meting met vlakke plaat gebruikt. Dit is immers de meting met maximale reflectie. Een hoger geluidsniveau is in deze meetsituatie niet te verwachten.

Verwachte geluidsniveaus voor de F-16 MLU bij het hanteren van gelijke condities voor alle kandidaten zijn; 104-107 dB(A) in MIL en 111-114 dB(A)<sup>13)</sup> in AB.

### **Meting F-35 te Edwards**

Omdat in Edwards gemeten is met een paal op akoestisch harde grond wordt het verwachte geluidsniveau voor een akoestisch zachte ondergrond +/- 1 dB lager geschat (breedste stuk in de spreiding). De ondergrens van de spreiding wordt in geschat op 6 dB lager dan de meting met de grondplaat [11]. Dat is immers de situatie waarbij er geen reflectie optreedt. Het NLR heeft haar eigen eerste analyseresultaten vergeleken met de eerste resultaten van AFRL. AFRL komt bij het berekenen van de LA<sub>max</sub> met de vlakke plaat +/- 1.2 dB hoger uit dan het NLR. Daarom is de spreiding doorgetrokken (zie figuur 2).

Een verklaring voor dit verschil is een verschillende bepaling van de microfoongevoeligheden. Dit wordt nog nader door het NLR en AFRL onderzocht. Mogelijk kan er nog een kleine variatie zitten in de meting met de grondplaat [11] doordat het vliegtuig niet altijd precies boven de microfoon vloog.

Verwachte geluidsniveaus voor de F-35 bij het hanteren van gelijke condities voor alle kandidaten zijn; 110 dB(A) in MIL en 115 dB(A) in AB.

### **Meting Gripen NG te Linköping**

Er zijn 2 MIL passages geweest, waarbij de LA<sub>max</sub> telkens bepaald werd met 2 microfoons op 4ft hoogte boven de grond. NLR heeft net als bij de andere vliegtuigen hier de maximale waarde van gekozen omdat dan het meest zuivere geluidsignaal gebruikt wordt (vliegtuig vliegt zo recht mogelijk over de microfoon).

De spreiding wordt geschat op + 4 dB en -2 dB. Een verklaring hiervoor is:

1. de configuratie van het vliegtuig, mogelijk te licht,
2. de positie van het vliegtuig en het op tijd aanzetten van max MIL power is onbekend.
3. de grond impedantie, was de grond akoestisch hard of zacht?

---

<sup>13)</sup> Voor de toename van geluid door een laaghangend wolkendek is nog geen exacte correctie uit te voeren omdat het effect nog niet eenduidig te bepalen is. Dit geldt ook voor de andere configuratie (extra luchtweerstand) met bijbehorend gewicht.

Daarnaast is de ruwe geluidsdata niet beschikbaar en niet geanalyseerd tot een LA<sub>max</sub> waarde door het NLR. In het geval van de F-35 is gebleken dat analyse van de metingen door verschillende partijen tot verschillende LA<sub>max</sub> resultaten kan leiden (bijvoorbeeld door verschillende bepaling van microfoongevoeligheden). Daarom wordt een extra spreiding van 1.2 dB aan de boven- en onderkant toegevoegd analoog aan de F-35 spreiding.

Doordat voor de Saab Gripen NG geen gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn kan er geen kwaliteitscontrole worden uitgevoerd. Punt 1, 2 en 3 kunnen niet worden geverifieerd. Er is geen grond impedantie gemeten en er is niet in AB gevlogen. Daarom is voor het verwachte geluidniveau de meetwaarde (paalopstelling) voorlopig aangehouden.

Uit metingen van andere militaire gevechtsvliegtuigen (F-16 MLU, F-18 E/F, F-35) blijkt dat de verschillen in LA<sub>max</sub> tussen MIL Power en AB Power variëren tussen 4 en 7 dB. Opgemerkt moet worden dat de motoren in de F-18 E/F van hetzelfde type zijn als de motor in de Gripen NG. Voor de F-18 E/F geldt ook een verschil in LA<sub>max</sub> tussen MIL en AB van 4 tot 7 dB. Uit de geluidstabellen van de Saab Gripen C volgt een verschil van 5 dB tussen MIL en AB Power. Daarom is de volledige LA<sub>max</sub> spreiding voor Gripen NG in MIL Power geëxtrapoleerd naar AB Power door de spreiding 5 dB omhoog te schuiven ten opzichte van MIL Power (er 5 dB bij op te tellen). Dit blijven uiteraard inschattingen die nog niet door een recente meting onderbouwd zijn.

Verwachte geluidsniveaus voor de Gripen NG bij het hanteren van gelijke condities voor alle kandidaten zijn; 109 dB(A) in MIL en 114 dB(A) in AB.

## C.2 Verwachte LA<sub>max</sub> waarden

Onderstaande tabel geeft de verwachte LA<sub>max</sub> waarden in dB(A) bij een fly-over op 1000ft met een snelheid tussen 250-300kts.

Vliegtuig	F-16 MLU		F-35		Gripen NG		
	MIL	AB	MIL	AB	MIL	AB	
Power setting:							
Verwachte waarde (incl. correcties) op basis van alle gegevens.	104-107 dB(A)	111-114 dB(A)	110 dB(A)	115 dB(A)	109 dB(A)	114 dB(A)	