

## Wegwijs in de geluidscontourenjungle

Dit is een document op basis van eigen research. Het weinige overleg dat er geweest is met lenW heeft niet geleid tot andere inzichten of tot een beter begrip. Vragen die er bijvoorbeeld waren over Doc29 bleven onbeantwoord, met als argument dat die irrelevant zijn voor de MER van Lelystad Airport. Als iemand meer duidelijkheid kan verschaffen of fouten ontdekt in het onderstaande houd ik mij aanbevolen.

Pieter Sijtsma, 8 april 2019.

### Geluidsmaten

Er zijn een aantal belangrijke geluidsmaten:

- LA: het A-gewogen geluidsniveau gemiddeld over één seconde. Er vindt (beperkte) middeling plaats met de LA-waarden op eerdere tijdstippen, om pieken enigszins te nivelleren ("smoothen"). A-weging is een voorgeschreven weging per frequentieband, om te corrigeren voor de gevoeligheid van het menselijk oor [1].
- L<sub>Amax</sub>: dit is de maximale LA-waarde (het piekniveau) tijdens de passage van een vliegtuig.
- SEL ("Sound Exposure Level"): opgetelde LA-waarden tijdens een vliegtuigpassage. Alles wat ten hoogste 10 dB onder de L<sub>Amax</sub> zit wordt mee-gesommeerd. De sommatie geschiedt energetisch, d.w.z.

$$SEL = 10 \log \left( \sum_j 10^{LA_j/10} \right) .$$

- L<sub>den</sub>: ("den" is "day evening night"): energetisch opgetelde SEL-waarden van alle vliegtuigpassages gedurende een jaar, met straffactoren voor avond- en nachtvluchten. De som wordt gedeeld door het aantal seconden in een jaar. Je krijgt dus:

$$L_{den} = 10 \log \left( \frac{1}{31557600} \sum_k a_k 10^{SEL_k/10} \right), \text{ met } \begin{cases} a_k = 1, \text{ overdag (7:00 - 19:00)} \\ a_k = \sqrt{10} = 3.16, \text{ 's avonds (19:00 - 23:00)} \\ a_k = 10, \text{ 's nachts (23:00 - 7:00)} \end{cases} .$$

De sommatie hierboven heet de "hinderson".

- EPNL ("Effective Perceived Noise Level"): een ingewikkelde maat om certificatie-niveaus mee uit te drukken.

Alle bovengenoemde maten worden uitgedrukt in dB. Dat kan verwarrend zijn, want de ene dB-waarde is niet hetzelfde als de andere. Vaak wordt ook dB(A) gebruikt om aan te geven dat A-weging is toegepast (behalve voor de EPNL).

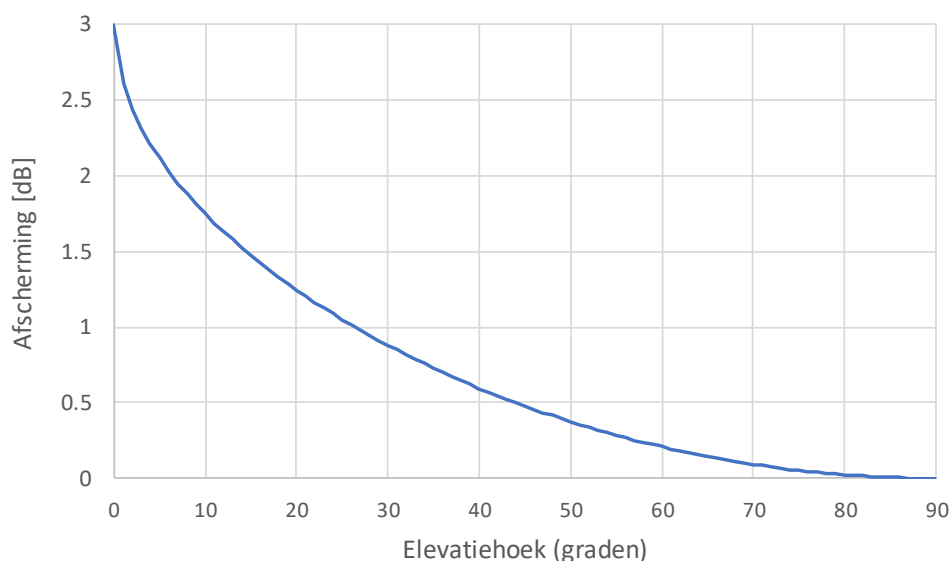
### Geluidsdemping

Er zijn drie mechanismen waardoor vliegtuiggeluid afneemt onderweg naar een waarnemer op de grond:

1. Sferische golfuitbreiding: Als de afstand tot de geluidsbron met een factor 2 toeneemt, neemt de oppervlakte van de (bolvormige) geluidsgolf toe met een factor 4. De geïntegreerde akoestische energie blijft hetzelfde, dus de energie per punt neemt af met een factor 4. Dat is ongeveer hetzelfde als 6 dB (= 10 log(4)). Dit is onafhankelijk van de geluidsfrequentie.
2. Atmosferische demping. Deze hangt wèl af van de geluidsfrequentie en daarnaast ook van temperatuur en luchtvochtigheid. Dit zijn waarden die uitgedrukt worden in (bijvoorbeeld) dB per 100 m. De atmosferische demping komt bovenop de sferische golfuitbreiding.
3. Bodemverzwakking. Dit speelt alleen een rol als de zichthoek (elevatiehoek) naar het vliegtuig klein is, dus als de geluidsvoortplanting bijna parallel aan de grond is. Dan fungeert de bodem als geluidsdemper. Bij metingen kan dit grote spreiding in resultaten opleveren, vanwege afhankelijkheid van de bodemgesteldheid en de weersomstandigheden. De rekenmodellen

hanteren hier formules voor die beogen een soort gemiddelde demping op te leveren. Evenals de atmosferische demping hangen deze af van de afstand, maar niet van frequentie, luchtvochtigheid of temperatuur.

Als bonus hanteren de rekenmodellen een extra korting genaamd “afscherming”. Dit is een vast getal dat kan oplopen tot 3 dB, afhankelijk van de zichthoek (elevatiehoek). Dit vanwege het feit dat niet altijd beide motoren zichtbaar zijn. Eén van beide kan afgeschermd worden door de romp. In Figuur 1 is de afscherming-bonus van het Nederlandse Rekenmodel (NRM) geplot tegen de elevatiehoek. Dus als je het vliegtuig van de zijkant ziet onder een hoek van 30° met de horizon (de elevatiehoek), mag je bijna 1 dB van het niveau aftrekken.



*Figuur 1 Afscherming versus elevatiehoek volgens NRM*

Het rekenen met afscherming is een optie die afhangt van het vliegtuigtype.

De optelsom van bodemverzwakking en afscherming wordt “Laterale Geluidsverzwakking” (LGV) genoemd.

#### Geluidsberekeningen

Geluidsberekeningen worden uitgevoerd met de Lden-tool, die een implementatie is van het rekenvoorschrift in [2], het zogenaamde Nederlandse RekenModel (NRM).

De Lden-tool gebruikt de volgende gegevens als invoer:

- (a) Aanvlieg- en vertrekroutes.
- (b) Verloop van hoogte, snelheid en vleugelklepconfiguratie langs de verschillende routes.
- (c) Motorprestatiegegevens behorend bij (b).
- (d) Geluidgegevens volgend uit (b) en (c).
- (e) Een verdeling van de vliegbewegingen over vliegtuigtypes, routes en etmaalperiodes.

De prestatiegegevens (c) worden uitgerekend met INM [3]. Dit was tot 2015 de Amerikaanse tegenhanger van de Lden-tool. Sindsdien gebruikt men daar AEDT [4], dat naast geluidsemissies ook andere emissies berekent.

#### NPD-tabellen

De geluidgegevens (d) volgen uit Noise-Power-Distance (NPD) tabellen, die per vliegtuigtype aangeven wat het geluid (“Noise”) is als functie van:

- “Distance”: de minimale afstand tijdens een vliegpassage (volgend uit (a) en (b)),
- “Power”: het motorvermogen (volgend uit (c)).

De NPD-tabellen die het NRM gebruikt zijn te vinden in de “Appendices” [5]. Voor de MER-berekening van Lelystad Airport in 2014 [6] is versie 13.2 gebruikt. Voor de Actualisatie van de MER in 2018 [7] is versie 13.3 gebruikt. Belangrijk verschil tussen 13.2 en 13.3 is het creëren van aparte categorieën voor de Boeing 737-700 en -800. Deze vliegtuigtypes worden dus niet meer als Boeing 737-300 behandeld.

NPD-tabellen zijn ook te vinden in de ANP-database [8]. Ze bevatten 4 verschillende geluidsmaten: EPNL, LAmax, PNLTM en SEL. In de “Appendices” staan alleen LAmax-tabellen. De “Appendices” bevatten NPD-tabellen van (verouderde) toestellen die niet in de ANP-database staan. Daarnaast bevat de ANP-database veel NPD-tabellen van (vaak nieuwere) toestellen die niet in de “Appendices” staan. Nieuwere, courante vliegtuigtypes (A319, A320, A380, B737-700, B737-800), die zowel in de “Appendices” als in de ANP-database staan, bevatten exact dezelfde LAmax-waarden.

De ANP-data bevatten naast de NPD-tabellen nog meer akoestiek- en prestatiegegevens.

NPD-tabellen bevatten de geluidsniveaus (LAmax, SEL, ...) bij een reeks van standaardafstanden: (200 ft, 400 ft, 630 ft, 1000 ft, 2000 ft, 4000 ft, 6300 ft, 10000 ft, 16000 ft, 25000 ft) en een reeks motorvermogens (in lbs = pound force). De hogere motorvermogens zijn geassocieerd met de start (“Departure”) en de lagere motorvermogens met de landing (“Approach”). In de “Appendices” staan de afstanden in meter i.p.v. voet en de vermogens in kN i.p.v. lbs. Bovendien zijn de assen verwisseld (afstand vertikaal en motorvermogen horizontaal).

De NPD-tabellen bevatten het gecombineerde effect van sferische golfuitbreiding en atmosferische demping. Voor de atmosferische demping is uitgegaan van een fictieve atmosfeer, de zgn AIR-1845-atmosfeer, die gekenmerkt wordt door een tabel met atmosferische absorptiecoëfficiënten per tertsband, die gemiddelden zijn van waarden tijdens certificatiemetingen in Europa en de Verenigde Staten. De AIR-1845-atmosfeer komt vrijwel overeen met de “Reference Day Conditions” van 25°C en 70% relatieve luchtvochtigheid. Een beschrijving staat in [9], maar ook in [3], [4], [10] en [11].

De LGV zit niet in de NPD-tabellen, maar wordt door het rekenmodel uitgerekend.

#### Atmosferische demping

Atmosferische demping hangt af van de geluidsfrequentie. Om iets kwantitatiefs te kunnen zeggen over de totale demping moeten we dus weten hoe het geluid verdeeld is over verschillende frequentiebanden. Standaard worden daarvoor 1/3-oktaafbanden gebruikt [12]. De ANP-data bevatten voor ieder toestel “spectral classes” voor Approach en Departure. Dat is een verdeling (zonder A-weging) die we mogen aannemen over 1/3-oktaafband frequenties variërend van 50 tot 10000 Hz. Hierin zit atmosferische demping verwerkt over 1000 ft afstand. De correcties per 1/3-oktaafband zijn te halen uit de standaardtabel voor de AIR-1845-atmosfeer [9], zie bijvoorbeeld “Table D-1” in [10].

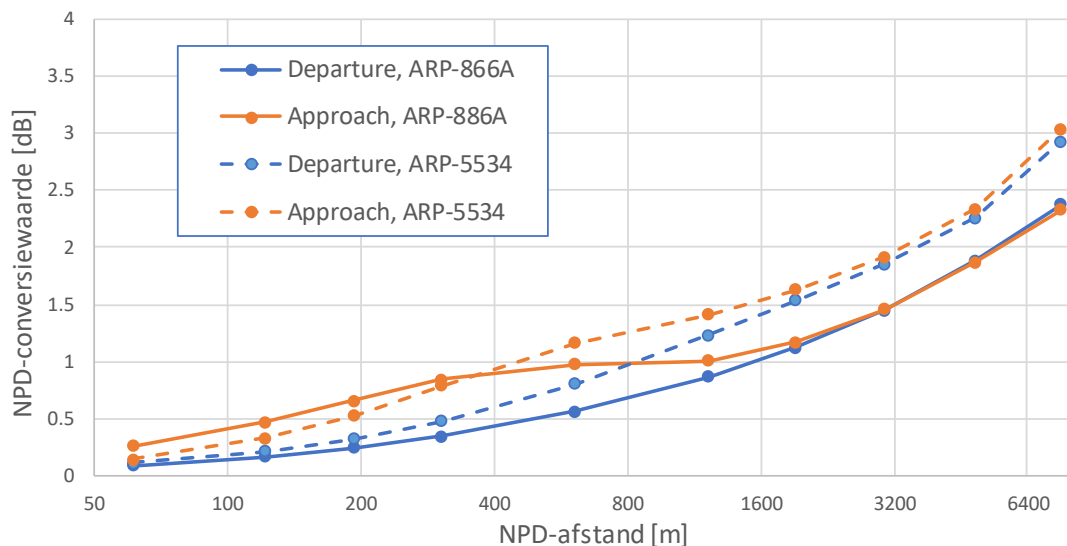
Om te kunnen corrigeren naar andere atmosferische omstandigheden, bijvoorbeeld de ICAO-standaardatmosfeer op zeeniveau (T = 15°C en RH = 70%; T = temperatuur, RH = relatieve luchtvochtigheid) kan gebruik gemaakt worden van empirische formules voor atmosferische demping. Tot voor kort was de standaardmethode hiervoor in de luchtvaart ARP-866A [13]. De formules zijn ook te vinden in [14].

De conversie geschiedt dan als volgt:

1. Corrigeer met AIR-1845 de “spectral classes” voor de atmosferische demping over 1000 ft.
2. Pas A-weging toe.
3. Bereken bij een gegeven afstand:
  - A. De spectra met atmosferische demping o.b.v. AIR-1845,
  - B. De spectra met atmosferische demping o.b.v. ARP-866A bij 15°C en 70% relatieve luchtvochtigheid.
4. Sommeer elk van beide spectra. Het verschil is de conversiefactor.

Sinds 2013 is er een verbeterde methode beschikbaar, ARP-5534 [15], die inmiddels geadopteerd is door zowel AEDT [4] als Doc29 [10] als de voorkeursmethode. Dat betekent dat ARP-866A in bovenstaande procedure vervangen dient te worden door ARP-5534. De formules voor ARP-5534 zijn ook te vinden in [16].

Voor de Boeing 737-800 staan de conversiewaarden, verkregen met beide methoden, van de AIR-1845-atmosfeer (25°) naar de ICAO-standaardatmosfeer (15°) geplot in Figuur 2. Op 1800 m afstand, bijvoorbeeld, kom je met ARP-866A ruim 1 dB hoger uit, en met ARP-5534 nog eens 0.5 dB.



Figuur 2 Conversiewaarden voor NPD-tabellen Boeing 737-800, berekend met ARP-866A en ARP-5534.

Ofschoon een verschil van 1 dB nauwelijks te horen is, maakt het voor de regelgeving rond luchthavens een groot verschil. Stel namelijk dat alle vliegbewegingen 1 dB luider worden. Dan wordt de hindersom 125% van de oorspronkelijke waarde ( $10^{1/10} \approx 1.25$ ). Dat betekent dat je het aantal vliegbewegingen met 20% moet reduceren om weer de oorspronkelijke hindersom te krijgen. Met andere woorden: er moet 20% minder gevlogen worden om dezelfde Lden te krijgen.

#### Hoe komen NPD-tabellen tot stand

NPD-tabellen zijn een bijproduct van certificatie-metingen, die voor ieder vliegtuigtype eenmalig gedaan worden. Deze metingen leveren drie certificatiewaarden, uitgedrukt in EPNL (dB), bij voorgeschreven vliegcondities: “flyover”, “takeoff” and “approach”. Regelgeving hierover is te vinden in [17].

Om NPD-tabellen te verkrijgen dienen metingen die gedaan zijn bij omstandigheden die afwijken van de AIR-1845 gecorrigeerd te worden met ARP-866A. Extrapolaties naar grotere hoogtes (er wordt niet zo hoog gevlogen) geschiedt vervolgens met AIR-1845. Metingen worden gedaan onder uiteenlopende condities, zie bijvoorbeeld Appendix D van [10].

Certificatiemetingen worden commercieel aangeboden door Bruel & Kjaer [18].

#### Wat doet NRM

NRM [2] maakt gebruik van de LAmaz-waarden in de NPD-tabellen (zie [19], blz. 3), dus van het maximale LA- geluidsniveau tijdens de passage van een vliegtuig. Er wordt aangenomen dat het maximale niveau optreedt bij minimale afstand tot het vliegtuig.

De LAmaz kan ook opgevat worden als het momentane geluidsniveau (LA) bij een gegeven afstand. Op die manier wordt de LAmaz door NRM als input gebruikt:

- Voor een reeks tijdstippen tijdens een vliegpassage wordt de LA bepaald (zie [2], H8.d).
- Na correctie voor laterale geluidsverzwakking (H8.e), worden die geïntegreerd tot SEL-waarden (H9.d).
- De SEL-waarden worden tenslotte opgeteld tot Lden-waarden (H10).

#### Wat doet Doc29 anders

Er zijn zaken die Doc29 wezenlijk anders doet, maar er zijn ook zaken die gemakkelijk in NRM geïmplementeerd hadden kunnen worden.

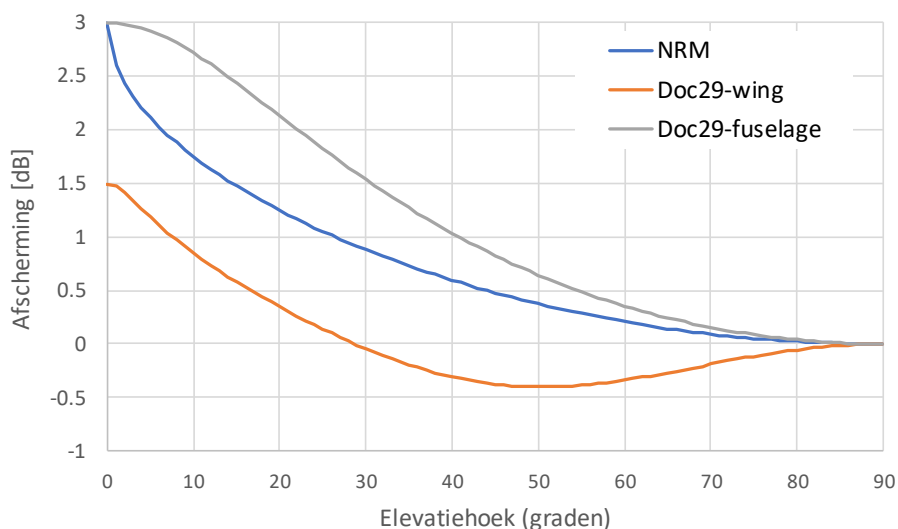
- Het belangrijkste verschil is dat Doc29 uitgaat van de SEL-waarden zoals die in de NPD-tabellen staan, terwijl NRM de SEL zelf uitrekent, waarbij men uitgaat van een bolvormige uitstralingskarakteristiek (in alle richtingen is de geluidsemmissie hetzelfde). Als je de SEL-waarden uitrekent van een Boeing 737-800 onder de aanname van horizontaal vliegen, en je vergelijkt die met de SEL uit de NPD-tabel, dan zijn de NPD-waarden bij Approach condities iets (tot 0.7 dB) hoger en bij Departure condities iets lager (0.8 tot 1.5 dB). Bij grote afstand ( $\geq 16000$  ft) zijn de NPD-waarden sowieso lager, en laat Doc29 dus een gunstiger beeld zien. Zie Tabel 1.
- Een ander belangrijk verschil met NRM is dat Doc29 zelf het motorvermogen “Corrected Net Thrust” uitrekent op basis van standaardprofielen en aërodynamische data die meegeleverd worden met de ANP-data. Met andere woorden, INM is niet meer nodig voor de prestatiegegevens. Ik weet het niet zeker (lenW wilde geen antwoord geven), maar ik kan me nauwelijks voorstellen dat deze andere benadering leidt tot verschillende antwoorden (ceteris paribus), immers INM gebruikt dezelfde invoerdata en waarschijnlijk dezelfde formules.
- In tegenstelling tot NRM neemt Doc29 het effect van bochten mee. In een bocht hangt het vliegtuig scheef (‘bank angle’) en dat heeft effect op het motorvermogen en op de afscherming (onderdeel van de LGV). Als ik het goed interpreteer, mag voorlopig het effect van het motorvermogen worden genegeerd.
- Doc29 berekent de LGV anders (gebaseerd op nieuwere inzichten) dan NRM. Dat geldt zowel voor de afscherming als voor de bodemverzwakking. Voor de afscherming maakt Doc29 onderscheid tussen propellers (geen afscherming), straalmotoren die bevestigd zijn aan de romp (zoals de Fokker 100) en straalmotoren aan de vleugels (zoals het gros van de vliegtuigen). De verschillen tussen NRM en Doc29 staan geplot in Figuur 3. Merk op dat er bij vleugel-gemonteerde motoren ook sprake kan zijn van een geluidstoename. Dit vanwege reflecties op de romp. De totale LGV (afscherming + bodemverzwakking) hangt af van de hoogte van het vliegtuig. Bij 3000 ft (914 m) vliegtuig is het verschil te zien in Figuur 4). De nieuwe LGV-methode had gemakkelijk geïmplementeerd kunnen worden in NRM. Dat zou wel een aanpassing betekend hebben van het wettelijke voorschrift.
- NRM gaat uit van NPD-geluidstabellen (LAmaz) die gepubliceerd worden in versies van de “Appendices” [2], zoals versie 13.3 voor de MER2018. De vliegtuigtypes worden ingedeeld in categorieën, met voor elke categorie een representatief toestel. De laatste tijd worden de categorieën wel uitgebreid, zodat steeds meer vliegtuigtypes een eigen categorie vormen. Zo zijn er voor MER2018 nieuwe categorieën gecreëerd voor de Boeing 737-700 en -800. In

MER2014 werd er nog mee gerekend als een Boeing 737-300. De Appendices geven geen informatie over waar de brongegevens vandaan komen. Doc29 gaat uit van de ANP-database [8], die meer gegevens bevatten dan alleen NPD-tabellen. De ANP-database bevat veel meer vliegtuigtypes dan de Appendices. Daarnaast is er ook een lijst met aanbevolen substituties (“proxy’s”) voor vliegtuigtypes waarvoor geen data beschikbaar is. Het verschil tussen Doc29 en NRM is wat dit betreft minder groot dan het lijkt. Je kunt Appendices-categorieën maken die bestaan uit types uit de ANP-database samen met eventuele types die het betreffende type als proxy gebruiken. Dan is het gelijkwaardig. De synchronisatie tussen Doc29 en NRM kan wat dit betreft dus zonder het wettelijk NRM-voorschrift aan te passen. Alleen een update van de Appendices is nodig. Dat is in feite al gebeurd in MER2018, waarin alle grote toestellen een eigen categorie zijn gaan vormen. De desbetreffende getallen zijn in de Appendices en in de ANP-database hetzelfde. Alleen voor de Boeing 737-300/400 zijn de getallen in de Appendices anders dan in de ANP-database. De geluidstabellen van deze types, zoals die in de Appendices staan, zijn al meer dan 20 jaar oud en nog gebaseerd op het toerental van de hoofdas (N1) in plaats van op de stuwkracht.

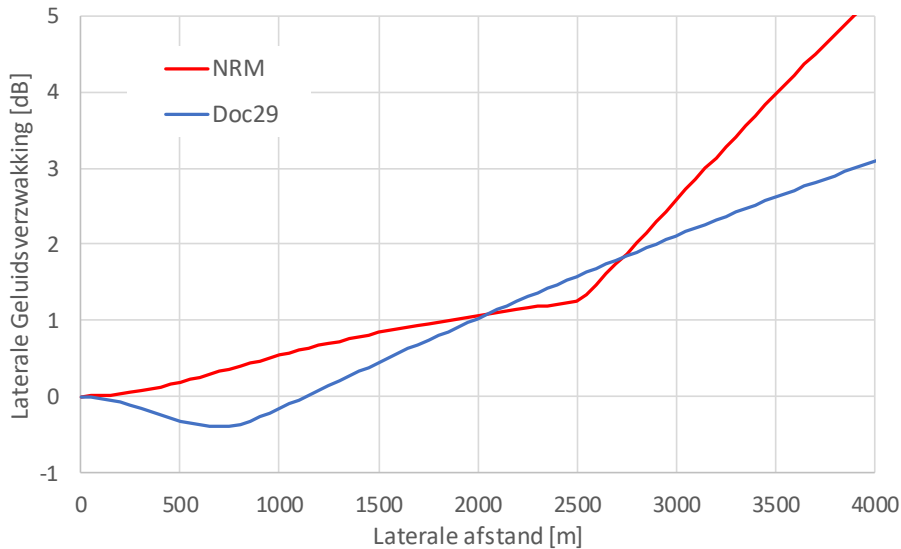
- Doc29 bevat een voorkeursmethode om de NPD-data te corrigeren naar atmosferische omstandigheden (temperatuur en luchtvochtigheid) die afwijken van de AIR-1845-atmosfeer. In NRM vindt een dergelijke correctie niet plaats. Dat zou wel moeten, want in het rekenvoorschrift staat dat de geluiddata geldig zijn voor de ICAO-atmosfeer op zeeniveau (T = 15° en RH = 70%). De NPD-tabellen waarvan duidelijk is dat die voor de AIR-1845 atmosfeer geldig zijn hadden geüpdatet kunnen worden in de Appendices. Een aanpassing van het wettelijke voorschrift zou dus niet nodig geweest zijn.

Power	L_200ft	L_400ft	L_630ft	L_1000ft	L_2000ft	L_4000ft	L_6300ft	L_10000ft	L_16000ft	L_25000ft
3000	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	-0.7	-0.8
4000	0.6	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.3	0.7	-0.2	-0.1
5000	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.6	-0.2	0.1
6000	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	-0.4	0.1
7000	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	-0.5	-0.3
10000	-0.9	-1	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.1	-1.4	-2.4	-6.4
13000	-0.9	-1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.3	-1.1	-1.1	-1.9	-4.9
16000	-0.9	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4	-1.3	-1	-0.8	-1.6	-3.5
19000	-0.9	-1.3	-1.4	-1.4	-1.4	-1.3	-0.9	-0.9	-1.4	-2.6
23500	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-0.8	-0.8	-1.7	-2.3

Tabel 1 Geschatte verschil tussen SEL volgens NPD-tabel en NRM-berekening, Boeing 737-800



Figuur 3 Afscherming berekend met verschillende methoden



Figuur 4 LGV bij 3000 ft vlieghoogte, berekend met NRM en Doc29

### Geschiedenis van NRM

NRM is de opvolger van de oudere Nederlandse rekenmethode voor de Kosteneenheid (KE). In NRM is de KE vervangen door Lden. Hiervoor moesten een paar formules aangepast worden. Maar verder is vrijwel<sup>1</sup> alles bij het oude gebleven.

De van EU-wege verplicht gestelde Lden voor vliegtuiggeluid kan opgevat worden als een cadeautje aan de luchtvaartsector. Het stiller worden van de vliegtuigen met 1 dB kan dan binnen dezelfde geluidsruijme verzilverd worden met een toename van 26% van het vliegverkeer ( $10^{1/10} = 1.259$ ). Met de KE was dat 17% ( $10^{1/15} = 1.166$ ). Het verschil tussen Lden en KE is dat de Lden correct is qua akoestische energieproductie, terwijl de KE meer uitging van de feitelijk ondervonden hinder. Om het concreet te maken: voor de Lden maakt het niet uit of er 2 vliegtuigen tegelijk overvliegen of apart van elkaar. Voor de KE is de laatste situatie meer hinderlijk. De KE was gebaseerd op psychologisch onderzoek.

Het was overigens niet zomaar een cadeautje van de EU. De invoering van de Lden is voorgesteld door een EU-werkgroep onder voorzitterschap van iemand van het toenmalige VROM-ministerie. Van de 13 opstellers van het rapport [21] waren er 4 afkomstig uit Nederland (2xVROM en 2xTNO). (In paragraaf 5.4 van dat rapport staat overigens een fout: de trade-off factor van de Kosteneenheid is niet 13.3 (klopt wel voor het Duitse "Q"), maar 15. Het getal 56 in de tabel moet voor de KE 46 zijn.)

De implementatie van de Lden is vlijtig ter hand genomen. Het NRM is wettelijk vastgelegd in 2002, ruim twee jaar voordat de Lden verplicht werd.

Andere nieuwe inzichten, zoals in editie 3 van Doc29 (2005) gepubliceerd:

- andere rekenmethode voor LGV (zowel afscherming als bodemverzwakking),
  - de omrekeningsmethode naar andere atmosferische omstandigheden dan AIR-1845,
- zijn tot nu toe niet geïmplementeerd, terwijl dat gemakkelijk gekund had.

Militaire vliegvelden hebben hun zonering nog steeds gebaseerd op de KE. Blijkbaar kan dat. Militaire vliegvelden hebben niet dezelfde stimulans om over te stappen op de Lden. In tegenstelling

<sup>1</sup> De straffactoren voor 's avonds en 's nachts zijn ook veranderd.

tot de burgerluchtvaart hebben militaire vliegvelden te maken met toestellen die luidruchtiger worden. Denk aan de F-35 (JSF) die de F-16 vervangt. Als je het aantal vluchten daardoor moet reduceren, pakt dat met de KE gunstiger uit dan met de Lden.

#### Geschiedenis van Doc29

Doc29 wordt sinds de jaren 1980 ontwikkeld, momenteel onder supervisie van de “Environmental Programme Management Group” (EPMG) van de “European Civil Aviation Conference” (ECAC). Deze wordt bij toerbeurt (voorzitter/vice-voorzitter) voorgezeten door een Zwitser en een Nederlander, die bij lenW werkt. Deze twee personen zijn samen aanspreekpunt van de EPMG.

De EPMG maakt gebruik van taakgroepen. Een daarvan is “AIRMOD” die Doc29 up-to-date houdt. Hierin zit (reglementair) iemand van het NLR.

Het is moeilijk te bevatten dat Doc29 onder mede-supervisie van iemand van lenW ontwikkeld wordt, dat deze persoon de expliciete opdracht heeft om Doc29 te promoten, en dat er tegelijkertijd helemaal niets gebeurd is qua ontwikkeling van het NRM, danwel introductie van Doc29.

#### Wat zou het betekenen als Doc29 was toegepast

Op sommige plaatsen zal de Lden lager worden, op andere plaatsen hoger. Het gebruik van de SEL zal het niveau van startende vliegtuigen omlaag brengen. Aan de andere kant zal het gebruik van atmosferische demping en andere formules voor de LGV, verhoging met zich meebrengen, die afhangen van de directe en de laterale afstand tot het vliegtuig en van de vlieghoogte.

Beschouw voor het gemak een Boeing 737-800 in de landingsfase op 3000 ft (900 m) hoogte en een waarnemer op 800 m laterale afstand. We zien dan het volgende:

1. Vanwege het gebruik van de SEL (zie Tabel 1) een toename van ongeveer 0.3 dB.
2. Vanwege de correctie voor atmosferische demping (zie Figuur 2) een toename van ongeveer 1.4 dB. (De scheve afstand is ongeveer 1200 m.)
3. Vanwege het gebruik van andere LGV-formules (zie Figuur 4) een toename van ongeveer 0.8 dB.

Als dit rekenvoorbeeld ook voor andere toestellen geldt (veel zal het niet uitmaken) pakt de Lden dus zo'n 2.5 dB hoger uit.

Het moge duidelijk zijn dat de contouren flink anders komen te liggen.

Contouren zijn tevens begrenzingen van beperkingengebieden. Daarnaast worden tellingen van Ernstig Gehinderden en Slaapvertoorden gedaan binnen bepaalde berekende geluidcontouren. Als deze contouren veranderen, levert dat meer of minder gehinderden op. Wanneer een contour over een woonkern loopt, kan dat het inzicht in de totale hinder aanzienlijk beïnvloeden.

#### Waarom is Doc29 niet gebruikt voor Lelystad Airport

Doc29 is verplicht vanaf 31 december 2018 voor burgerhavens met meer dan 50000 vliegbewegingen. Het was om twee redenen dus niet nodig:

- Het was nog geen 31 december 2018.
- Lelystad verwacht voorlopig niet meer dan 45000 vliegbewegingen.

Bij dat laatste kun je vraagtekens zetten. Volgens EU-RICHTLIJN 2002/49/EG [20] moeten “belangrijke luchthavens” voldoen aan een aantal voorwaarden, zoals genoemd in artikel 8 en bijlage 5 van de Richtlijn. Hieronder valt het gebruik van Doc29. De definitie van “belangrijke luchthaven” staat ook in de richtlijn:

*“Burgerluchthaven, als aangeduid door de lidstaat, waarop jaarlijks meer dan 50 000 vliegtuigbewegingen plaatsvinden (zowel opstijgen en landen zijn bewegingen), met uitsluiting van*



*oefenvluchten met lichte vliegtuigen.”*

Maar...

In het 45000 vliegbewegingen scenario van Lelystad Airport staan niet alleen 45000 bewegingen met grote verkeersvliegtuigen, maar onder meer ook 30000 bewegingen met “klein verkeer”.

Oefenvluchten mogen we van de EU niet meenemen, maar hoeveel van die 30000 zijn oefenvluchten? In MER2014 is te lezen dat 70% van het kleine verkeer circuitjes vliegt rond het vliegveld en dat 30% van of naar buiten het rekengebied vliegt (richting Harderwijk of langs de A6 richting de Ketelbrug). Zijn dat ook oefenvluchten? De MER is daar niet helder over. Maar als dat geen oefenvluchten zijn, dan zijn dat dus 9000 (30% van 30K) vliegbewegingen. In totaal zijn er dan 54000 vliegbewegingen. Dat is meer dan 50000.

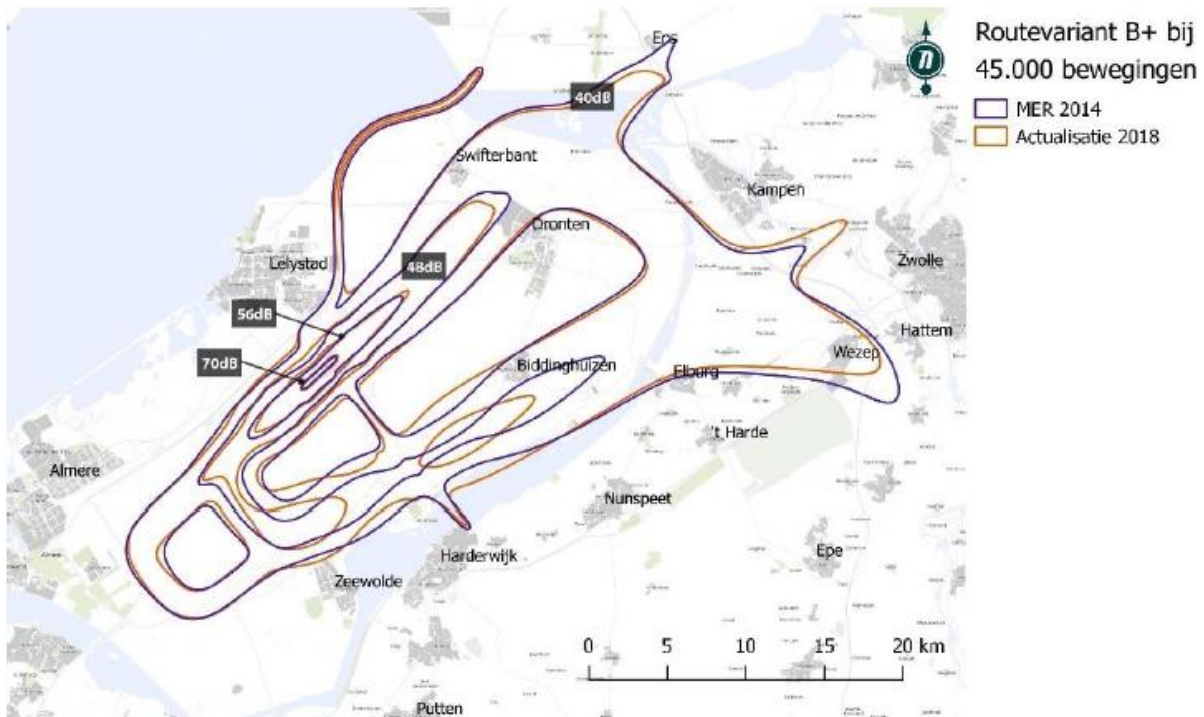
Het was een mooie gelegenheid om Doc29 toe te passen op een vliegveld dat nog geen voorgeschiedenis heeft. De lijn in MER2018 is: we zouden wel willen, maar het lukt nog niet. Hieronder staat een stukje daarover gekopieerd uit het hoofdrapport van MER2018, blz 54:

Voor Schiphol is in 2016 besloten om geluidberekeningen volgens het rekenvoorschrift Doc29 uit te voeren. Dit rekenvoorschrift is in het kader van de ECAC de afgelopen jaren ontwikkeld. In 2018 worden de resultaten daarvan voor Schiphol verwacht. Zodra de methodiek voor Schiphol wettelijk is geïmplementeerd zal het ministerie moeten besluiten of het dit rekenvoorschrift ook geschikt maakt voor geluidberekeningen voor andere luchthavens. Omdat dit rekenvoorschrift dan niet alleen voor luchthavens van nationale betekenis geldt, maar ook voor luchthavens van regionale betekenis (waarvoor de provinciebesturen bevoegd gezag zijn) zal hiervoor een proces met alle betrokken partijen moeten worden doorlopen, te meer omdat op basis van geluidberekeningen bepalingen worden opgenomen in een luchthavenbesluit en partijen aan dat besluit rechtszekerheid ontleen. Zo moeten onder meer de geluid en prestatiegegevens van groot verkeer, klein verkeer en helikopterverkeer geschikt worden gemaakt om te kunnen rekenen volgens dit rekenvoorschrift. De verwachting is dat daar tenminste nog een jaar voor nodig zal zijn, waardoor eerst pas eind 2019 dit voorschrift geschikt zal zijn voor geluidberekeningen voor de regionale luchthavens en vervolgens voor verankering in de regelgeving. Op dat moment kan ook pas het inzicht worden verkregen wat het rekenvoorschrift betekent voor de verschillende luchthavens. Het totaaleffect van de wijzigingen is niet op voorhand aan te geven.

Het probleem is dus, onder meer, dat de prestatiegegevens (lees: ANP-data) niet volledig beschikbaar zijn. Voor groot verkeer zijn die er gewoon. Maar voor sommige kleine vliegtuigen, die vaak oud zijn, bestaat er geen ANP-data. Er worden vaak zelfs geen “proxy’s” genoemd in de ANP-database. Begrijpelijk dat dat lastig wordt met Doc29. Wat hier bedoeld wordt met “geschikt worden gemaakt” is niet duidelijk. Ook kun je je afvragen waarom dat “geschikt maken” al niet veel eerder gedaan is. Al sinds de 3<sup>e</sup> editie van Doc29 (2005) wordt gebruik gemaakt van de ANP-database.

De andere kant van het verhaal is dat de geluidsbelasting voor het grootste deel bepaald wordt door het grootverkeer. Om dat te illustreren staat in Figuur 5 een contourenplaatje gekopieerd uit het hoofdrapport van MER2018. Het kleinverkeer veroorzaakt de lijntjes van Harderwijk naar het vliegveld en van het vliegveld, langs de A6, naar de Ketelbrug. Daarbuiten wordt alles gedomineerd door het grootverkeer.

Evenals bij de recente Concept MER NNSH Schiphol had men de berekeningen ook kunnen splitsen: Doc29 voor het grootverkeer en NRM voor de rest, en de resultaten bij elkaar optellen. Er waren blijkbaar redenen om dat niet te doen.



**Figuur 15 – De 40 t/m 70 L<sub>den</sub> contouren uit het MER2014 en na actualisatie voor routevariant B+ bij 45.000 bewegingen.**

*Figuur 5 Overgenomen uit [7]*

### Bezwaren

Ook al ga je er van uit dat het gebruik van NRM rechtmatig is, dan nog zijn er bezwaren te maken bij het huidige gebruik daarvan.

### Bezwaar 1: NPD-tabellen gelden niet voor de ICAO-atmosfeer

Details staan in [22] en [23]. Het komt erop neer dat in [2] staat

*“De meteorologische omstandigheden waarvoor de geluidsniveaus geldig zijn, komen overeen met die van de ICAO standaardatmosfeer op zeeniveau (zie hoofdstuk 5). De geluidsniveaus worden representatief geacht voor alle meteorologische omstandigheden”.*

Voor de NPD-tabellen van het meeste grootverkeer (B737-700/800 en A320 varianten) kan aangetoond worden dat dit niet juist is. Die tabellen zijn hetzelfde als (en waarschijnlijk afkomstig van) de ANP-database. Daarvan is bekend dat de NPD-tabellen geldig zijn voor de AIR-1845 atmosfeer. Die tabellen hadden dus gecorrigeerd moeten worden voordat ze in de appendices werden opgenomen.

Dit zal een flinke impact hebben op de L<sub>den</sub>-contouren, omdat die grotendeels bepaald worden door het grootverkeer. De verschillen zijn af te lezen uit Figuur 2.

Doc29 stelt de conversie van AIR-1845 naar de ICAO-standaardatmosfeer niet verplicht (zie [10], H2.5, blz 10), maar dan had het wel op de juiste manier in [2] moeten staan, zoiets als:

*“De meteorologische omstandigheden waarvoor de geluidsniveaus geldig zijn, komen overeen met een atmosfeer van 25°C (de zogenaamde AIR-1845 atmosfeer). De geluidsniveaus worden representatief geacht voor alle meteorologische omstandigheden”.*

Er zij opgemerkt dat de AIR-1845 atmosfeer niet representatief is voor Nederland. De gemiddelde temperatuur ligt op zo'n 11°C. (Tijdens openingsuren op Lelystad een paar graden hoger, dicht bij 15° dus.)

Een vraag die wij aan lenW gesteld hebben ging hierover. Hun antwoord was simpelweg:

*De ANP-tabellen hebben betrekking op Doc.29. Doc.29 is niet aan de orde voor het geactualiseerde MER 2018 voor Luchthaven Lelystad.*

Een erg zwak antwoord. Het zijn gewoon dezelfde getallen. Dezelfde vraag werd ook gesteld door een NRC-journalist. Die kreeg het volgende antwoord:

*De geluiddata in het rekenmodel als opgenomen in de Appendices op basis van ANP data, zijn standaard afgeleid bij 15 C (en niet zoals jij aangeeft op 25 C)*

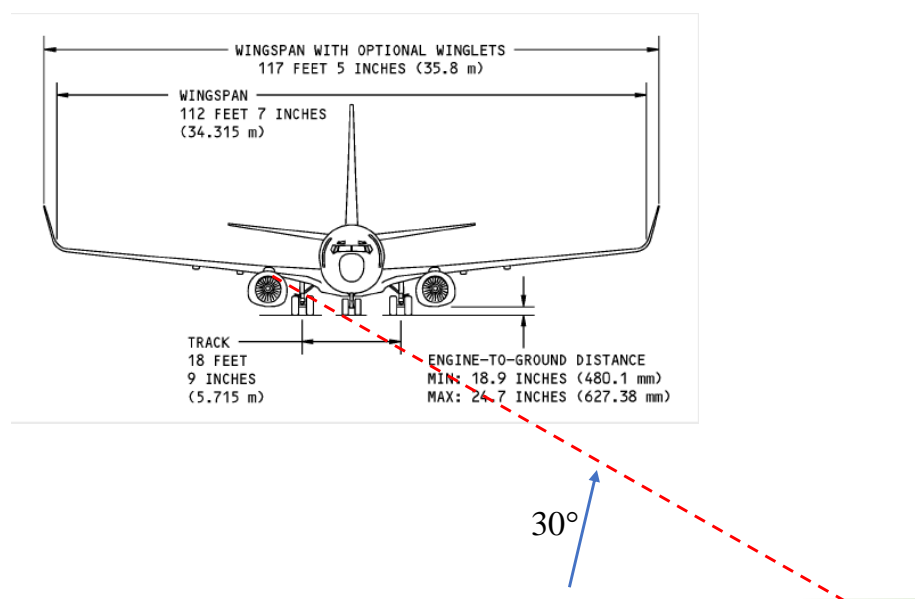
De antwoorden spreken elkaar tegen. Het eerste antwoord zegt dat de Appendices geen ANP-data bevatten (wat onzin is). Het tweede antwoord zegt dat de Appendices wel ANP-data bevatten, maar dat die geldig zijn bij 15 graden.

Een recent NLR-rapport [24] zegt dat de tabellen voor Doc29 wèl gecorrigeerd worden voor atmosferische demping (Paragraaf 5.1.1). Het zijn dezelfde tabellen ...

#### Bezwaar 2: Afscherming

NRM heeft de optie om afscherming van een van de motoren door de romp in rekening te brengen volgens de curve van Figuur 1. Er bestaan twee opties: wel of geen afscherming. Dit wordt aangegeven in de Appendices bij de NPD-tabel van het desbetreffende vliegtuigtype. In tegenstelling tot Doc29 bestaat er in NRM geen richtlijn over het al dan niet toepassen van afscherming.

Voor de Boeing 737-800 en de andere grote toestellen is in de Appendices vastgelegd dat de berekeningen inclusief afscherming gedaan dienen te worden. Bij 30° elevatiehoek betekent dat blijkens Figuur 1 dat bijna 1 dB van het niveau mag worden afgetrokken. Bij 30° (en ook nog wel daaronder) is er echter nog een volledig vrij zicht naar beide motoren. Zie Figuur 6.



Figuur 6 Laterale zicht op Boeing 737-800 motoren

De curve van Doc29 (oranje lijn in Figuur 3) is realistischer. Die laat bij 30° geen afscherming zien. Sterker nog, voor grotere hoeken is er juist een kleine toename van het geluid, vanwege reflecties op de romp. De Doc29-correctie ligt dus veel dichterbij de werkelijkheid, maar die kan niet toegepast worden, omdat die niet valt onder het wettelijke voorschrift.

Binnen NRM kun je kiezen tussen de correctie van Figuur 1 of helemaal geen correctie. De tweede optie ligt veel dichterbij de Doc29-curve. Daarom is in MER2018 (en waarschijnlijk in vele MERs daarvoor) ten onrechte gebruik gemaakt van de afschermingsoptie.

#### Referenties

1. [https://nl.wikipedia.org/wiki/Wegingscurves\\_A\\_en\\_C](https://nl.wikipedia.org/wiki/Wegingscurves_A_en_C)
2. Bijlage 1 als bedoeld in artikel 4 van de regeling burgerluchthavens: Voorschrift voor de berekening van de Lden-geluidbelasting in dB(A) voor overige burgerluchthavens, Staatscourant 2012 nr. 1250, <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2012-12507.html>
3. Integrated Noise Model (INM) Version 7.0: Technical Manual, [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/models/inm\\_model/inm7\\_0c/media/INM\\_7.0\\_Technical\\_Manual.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/inm_model/inm7_0c/media/INM_7.0_Technical_Manual.pdf)
4. Aviation Environmental Design Tool (AEDT) Technical Manual Version 2d, [https://aedt.faa.gov/documents/aedt2d\\_techmanual.pdf](https://aedt.faa.gov/documents/aedt2d_techmanual.pdf)
5. <https://www.luchtvaartmilieu.nl/regelgeving/appendices/>
6. MER Lelystad Airport 2014, <https://www.commissiemer.nl/adviezen/2792>
7. Actualisatie MER Lelystad Airport 2018, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/02/21/201833069-11-mer-actualisatie-hoofdrapport>
8. The Aircraft Noise and Performance (ANP) database, <https://www.aircraftnoisemodel.org/>.
9. Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports, SAE-AIR-1845 (1986). (Niet te vinden op Internet, tenzij tegen betaling)
10. Report on standard method of computing noise contours around civil airports, Vol. 2: Technical guide, 4th edition, ECAC.CEAC Doc 29, <https://www.ecac-ceac.org/documents/10189/51566/02.+Doc29+4th+Edition+Volume+2.pdf/4a63f339-11e1-4604-afaf-f1e34030d9e9>
11. EU Richtlijn 2015/996 tot vaststelling van gemeenschappelijke bepalingmethoden voor lawaai overeenkomstig Richtlijn 2002/49/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L0996&from=EL>
12. [https://nl.wikipedia.org/wiki/Resolutie\\_\(geluidsmeting\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Resolutie_(geluidsmeting))
13. Standard values of atmospheric absorption as a function of temperature and humidity for use in evaluating aircraft flyover noise, SAE-ARP-866A (1975). (Niet te vinden op Internet, tenzij tegen betaling)
14. <https://www.regulations.gov/document?D=FAA-2000-7587-0010>, Section A36.7 Sound Attenuation in Air.
15. Application of pure-tone atmospheric absorption losses to one-third octave-band level, SAE-ARP-5534 (2013). (Niet te vinden op Internet, tenzij tegen betaling)
16. Development of simplified procedure for computing the absorption of sound by the atmosphere and applicability to aircraft noise certification: proposed SAE method, DOT-VNTSC-FAA-12-14, (2012) [https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/9696/dot\\_9696\\_DS1.pdf](https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/9696/dot_9696_DS1.pdf) .
17. [https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_36-4D.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_36-4D.pdf)
18. <https://www.bksv.com/-/media/literature/System-Summary/bu3082.ashx>
19. Actualisatie MER Lelystad Airport, bijlage 5: Actualisatie vliegprofielen, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/02/21/201833069-11-5-actualisatie-vliegprofielen-mer-lelystad>

20. EU Richtlijn 2002/49/EG inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=NL>
21. Position paper on eu noise indicators, <http://www.noiseineu.eu/en/2937-a/homeindex/file?objectid=2714&objectypeid=0>
22. Zienswijze document Samenwerkende Actiegroepen Tegen Laagvliegen (SATL), <https://satl-lelystad.nl/wp-content/uploads/2019/02/Zienswijze-SATL-21022019.pdf>
23. Zienswijze\_PieterSijtsma
24. Toepassing ECAC Doc29 voor het bepalen van de geluidbelasting van het vliegverkeer van Schiphol, <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2019/02/25/nlr-toepassing-ecac-doc29-voor-het-bepalen-van-de-geluidbelasting-van-het-vliegverkeer-van-schiphol/nlr-toepassing-ecac-doc29-voor-het-bepalen-van-de-geluidbelasting-van-het-vliegverkeer-van-schiphol.pdf>