



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-022 | april 2024

De geluidbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden voor het jaar 2023

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Defensie CLSK



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-022 | april 2024

De geluidbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden voor het jaar 2023

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Defensie CLSK

AUTEUR(S):

D. Lemstra

NLR


B.J. Hoekerswever

NLR

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

Bron omslagfoto; Twitter, @VlbLeeuwarden

OPDRACHTGEVER	Ministerie van Defensie CLSK
CONTRACTNUMMER	850004873
EIGENAAR	NLR
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING
D. Lemstra  Digitally signed by D. Lemstra Date: 2024.04.03 08:25:13 +02'00'	B.A. E. G van Leeuwen Kuijk  Remco de Jong 2024.04.03 08:43:49 +02'00'	 Digitally signed by Martin Nagelsmit Date: 2024.04.04 16:09:36 +02'00'

Samenvatting

In het kader van de wettelijk vereiste bewaking van de geluidbelasting rondom de Nederlandse luchthavens is in opdracht van het Commando Luchtstrijdkrachten voor het jaar 2023 de geluidbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden ten gevolge van het startend en landend vliegverkeer berekend. De geluidbelasting is uitgedrukt in Kosteneenheden (Ke).

Het resultaat van elke berekening is weergegeven in de vorm van geluidbelastingscontouren (lijnen van gelijke geluidbelasting). De eerste berekening is uitgevoerd *met* de drempelwaarde van 65 dB(A) (berekeningsnummer: 2024-02-15 10:10:19) en de tweede berekening is uitgevoerd *zonder* drempelwaarde (berekeningsnummer: 2024-02-15 10:09:12).

Zowel de 35 Ke-contour van de geluidbelastingsberekening voor het jaar 2023 met drempelwaarde als de 35 Ke-contour van de geluidbelastingsberekening zonder drempelwaarde valt buiten de 35 Ke-contour van de geluidszone.

De overschrijding wordt veroorzaakt door het helikopterverkeer. Vanwege de baanrenovatie in 2023 zijn de helikopter starts en landingen uitgevoerd vanaf de heli-square, waardoor lokaal een relatief hoge geluidbelasting ontstaat. Aangezien de heli-square dicht bij de 35-Ke zoneringsgrens ligt, is hierdoor de zone overschreden. In normale omstandigheden maken de helikopters meer gebruik van de baankruising als start- of landingspunt en zou geen overschrijding van de zone plaats gevonden hebben.



Bron: Twitter, @VlbLeeuwarden



Bron: Twitter, @VlbLeeuwarden

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
2	Samenstelling vliegverkeer	7
3	Resultaat	11
4	Referenties	13
	Appendix A Begrippen	14
	Appendix B Berekeningsmethode	17
	Appendix C Invoergegevens	19
	Appendix C.1 Verkeersgegevens	19
	Appendix C.2 Vliegbanen	19
	Appendix C.3 Geluidgegevens	19
	Appendix C.4 Nachtstrafactor	20
	Appendix D Geluidbelastingcontouren	21

1 Inleiding

Dit rapport geeft een kort overzicht van de uitgangspunten voor en de resultaten van de berekening van de geluidbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden voor het jaar 2023. De geluidbelasting is uitgedrukt in Kosteneenheden (Ke) en is berekend volgens de wettelijke berekeningsvoorschriften. Belangrijke begrippen met betrekking tot geluidbelasting zijn in Appendix A omschreven.

De geluidbelasting in Kosteneenheden bepaalt de geluidbelasting buitenshuis en is een maat voor de beoordeling van de hinder bij mensen door vliegtuiggeluid. De grenswaarde voor de maximaal toelaatbare geluidbelasting door op de luchthaven landende en opstijgende luchtvaartuigen is vermeld in het Besluit militaire luchthavens en bedraagt 35 Ke. De geografische ligging van de bijbehorende geluidszone is opgenomen op de kaart in bijlage 3 van het Luchthavenbesluit Leeuwarden (Ref. 4).

In de berekeningsvoorschriften is een formule opgenomen die de geluidbelasting in een zeker waarnemingspunt bepaalt, gegeven de aantallen vliegtuigpassages in één jaar, het maximale geluidsniveau in het waarnemingspunt tijdens iedere vliegtuigpassage en gegeven de nachtstraffactor, een weegfactor die afhankelijk is van de dagperiode waarin de vliegtuigpassage plaats heeft gevonden.

In het berekeningsvoorschrift voor de Ke met drempelwaarde is bepaald dat een vliegtuigpassage wordt weggelaten als het bijbehorende maximale geluidsniveau in het betreffende waarnemingspunt lager is dan de drempelwaarde van 65 dB(A). In het berekeningsvoorschrift voor de Ke zonder drempelwaarde geldt deze beperking niet. De berekende geluidbelasting met drempelwaarde is daarom lager dan of gelijk aan de berekende geluidbelasting zonder drempelwaarde.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de samenstelling van het vliegverkeer in de afgelopen 5 jaar. In **Hoofdstuk 3** worden de resultaten van de geluidbelastingsberekeningen besproken.

In **Appendix A** worden de belangrijkste begrippen met betrekking tot geluidbelasting omschreven. In **Appendix B** wordt de berekeningsmethode voor de geluidbelasting in Ke kort beschreven. In **Appendix C** worden de invoergegevens voor de geluidbelastingsberekeningen beschreven. **Appendix D** toont de resultaten van de geluidbelastingsberekeningen als Ke-contouren op een topografische achtergrond.

2 Samenstelling vliegverkeer

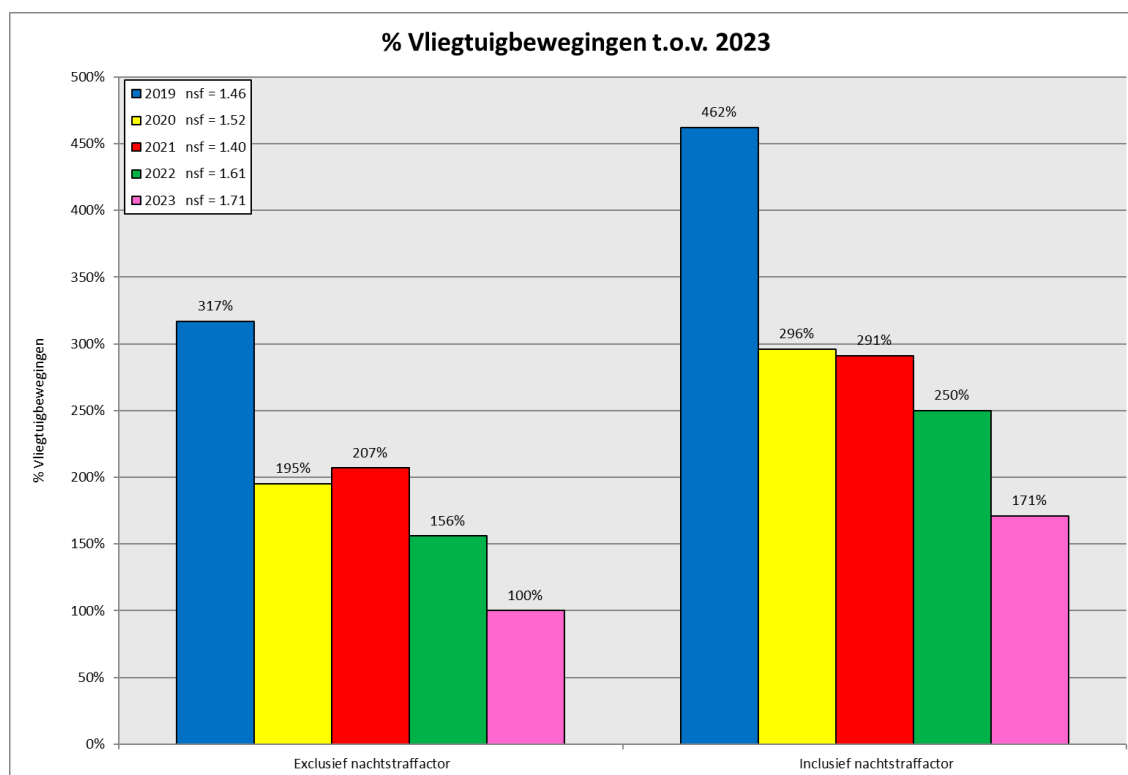
De vliegactiviteiten op de vliegbasis Leeuwarden worden door het Commando Luchtstrijdkrachten (CLSK) geregistreerd. Deze registratie van het vliegverkeer wordt verstrekt aan het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). Het betreft informatie over het tijdstip van een vlucht, de gevlogene route en gevolgde vliegprocedure, de start-/landingsbaan, het type vliegtuig, het al of niet gebruik van “afterburner” in het geval van een jachtvliegtuig, het gewicht van het vliegtuig en de aantallen vluchten.

Figuur 1 tot en met 5 geven een overzicht van de samenstelling van het vliegverkeer van 2019 tot en met 2023 op de vliegbasis Leeuwarden. Er is een onderscheid gemaakt tussen het werkelijke aantal vliegtuigbewegingen en het effectieve aantal vliegtuigbewegingen. Een vliegtuigbeweging is een start of een landing. Het effectieve aantal wordt verkregen door het werkelijke aantal te vermenigvuldigen met de nachtstrafactor. De nachtstrafactor, die in Appendix C wordt behandeld, moet de extra ondervonden hinder van avond- en nachtvluchten tot uiting brengen.

De overige invoergegevens voor de geluidbelastingberekeningen staan beschreven in Appendix C.

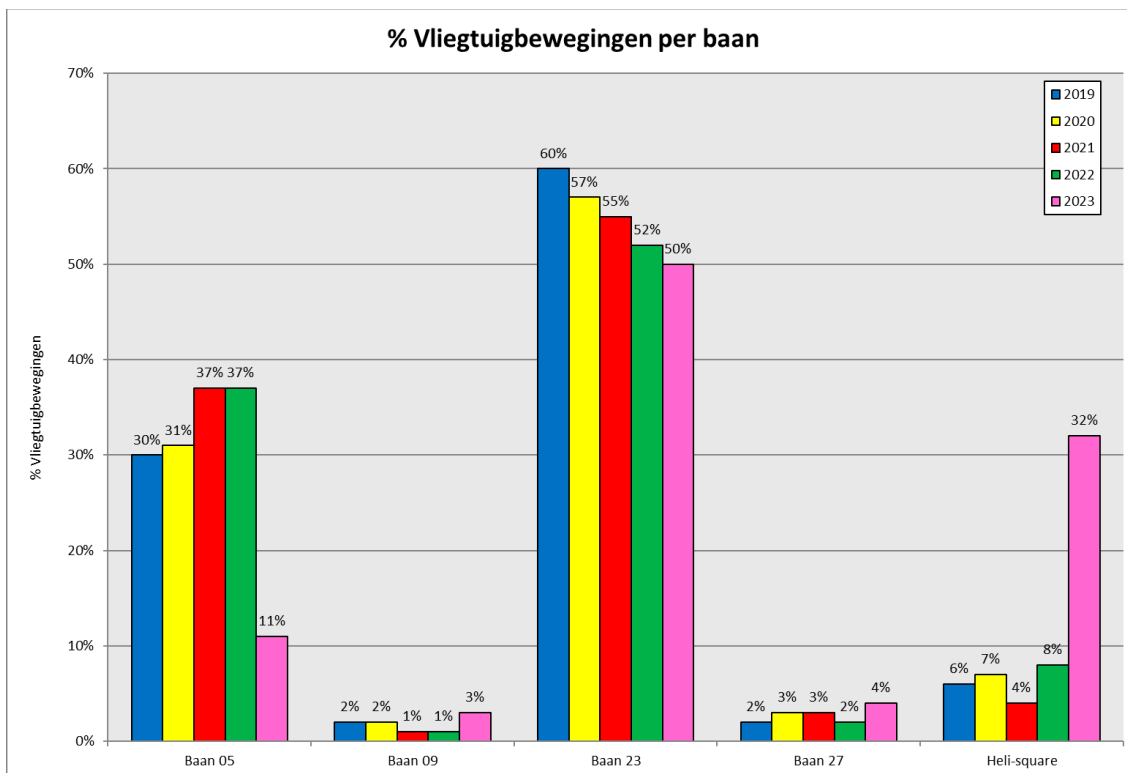
Figuur 1, 2 en 4 tonen het aandeel van het verkeer (uitgedrukt in procenten) van het totaal aantal vliegtuigbewegingen. Figuur 3 en 5 geven het werkelijke aantal vliegtuigbewegingen weer.

Figuur 1 geeft een overzicht van het aantal vliegtuigbewegingen op de vliegbasis Leeuwarden van 2019 tot en met 2023 ten opzichte van het aantal vliegtuigbewegingen in het jaar 2023 (100%). De gemiddelde nachtstrafactor voor het jaar 2023 blijkt 1,71 te zijn.

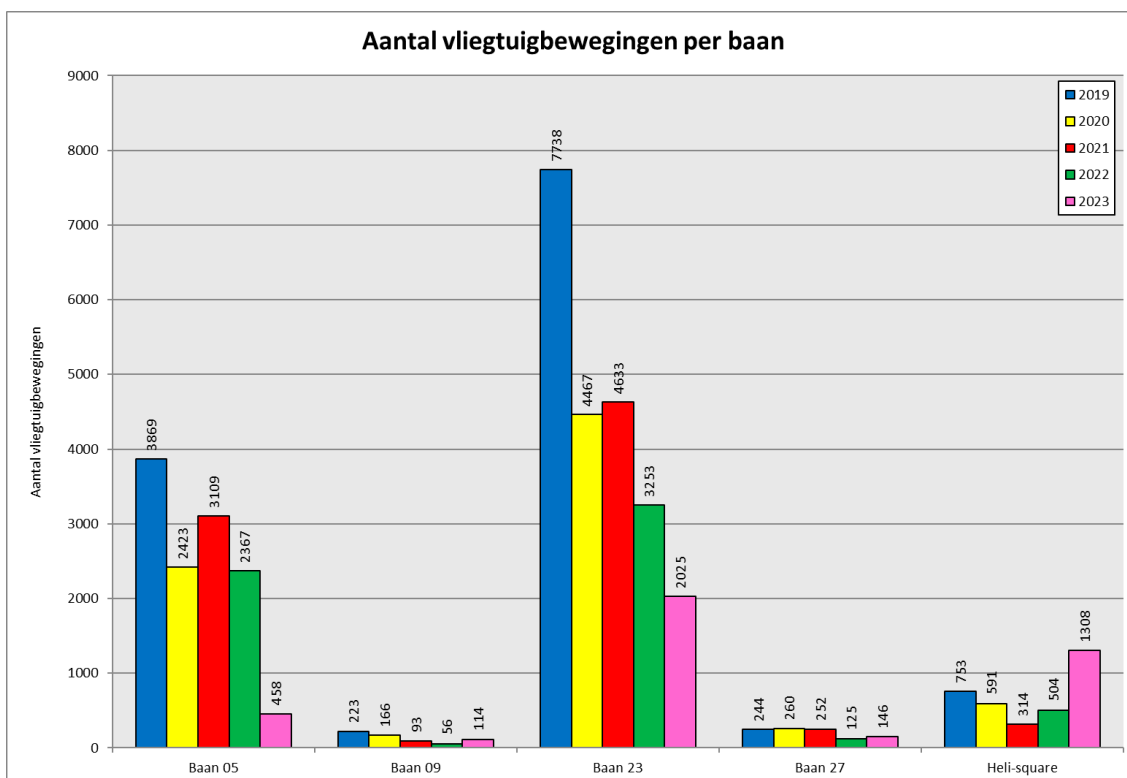


Figuur 1: Percentage vliegtuigbewegingen ten opzichte van het jaar 2023 (exclusief nachtstrafactor = 100%), Vliegbasis Leeuwarden

Figuur 2 en 3 geven een overzicht van de verdeling van het werkelijke aantal vliegtuigbewegingen over de banen voor de jaren 2019 tot en met 2023.

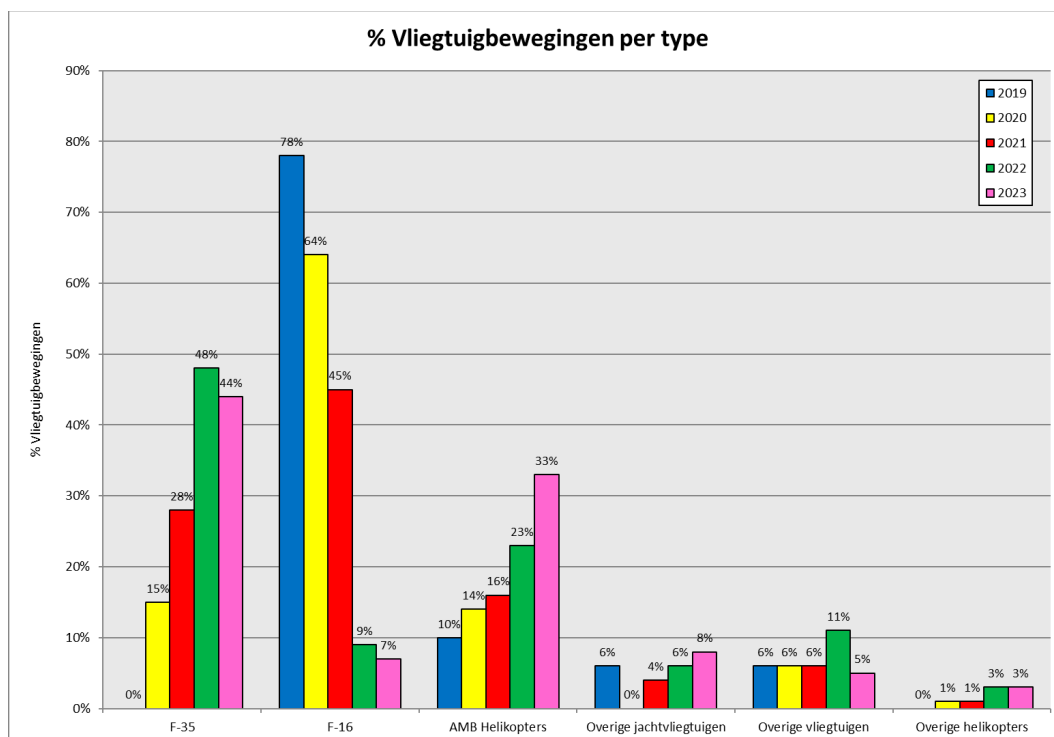


Figuur 2: Percentage vliegtuigbewegingen per baan (exclusief nachtstraffactor), Vliegbasis Leeuwarden

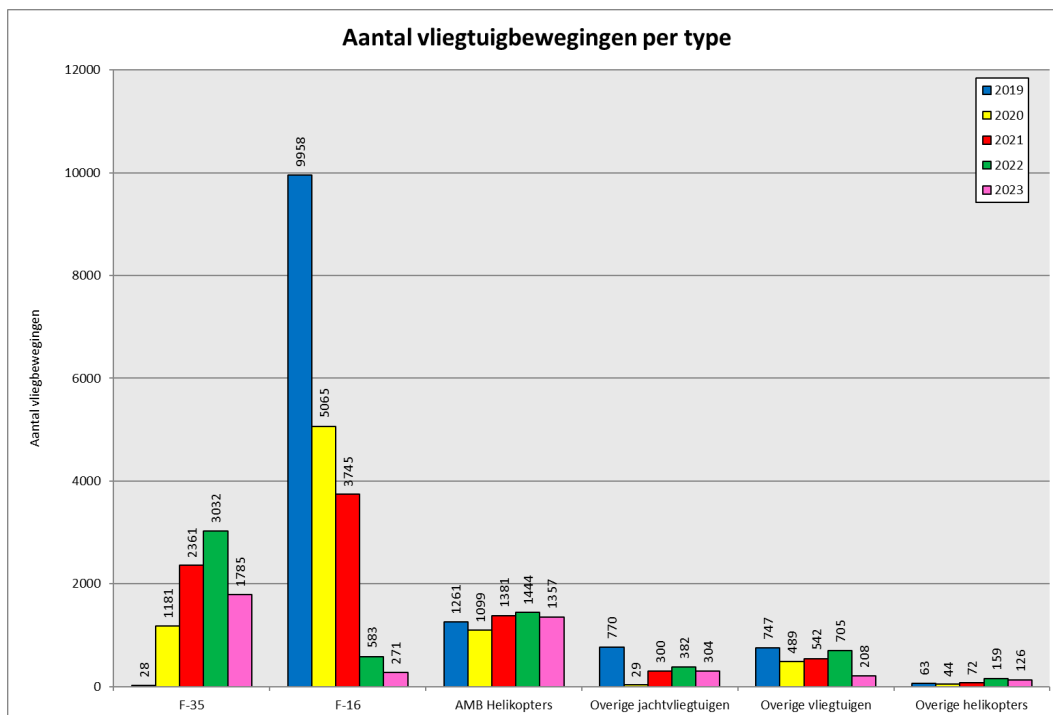


Figuur 3: Aantal vliegbewegingen per baan (exclusief nachtstraffactor), Vliegbasis Leeuwarden

Figuur 4 en 5 geven een overzicht van de verdeling van het werkelijke aantal vliegtuigbewegingen over vliegtuigtypen voor de jaren 2019 tot en met 2023.



Figuur 4: Percentage vliegtuigbewegingen per vliegtuigtype (exclusief nachtstraffactor), Vliegbasis Leeuwarden



Figuur 5: Aantal vliegtuigbewegingen per type (exclusief nachtstraffactor), Vliegbasis Leeuwarden

In Figuur 4 en Figuur 5 zijn de verdelingen weergegeven per vliegtuigtype en figuurgroepen. Een figuurgroep bestaat uit vliegtuigtypes met vergelijkbare kenmerken. De vliegtuigtypes zijn onderverdeeld in de volgende figuurgroepen:

Figuurgroep:	Omschrijving:	Meest voorkomende types in 2023:
AMB Helikopters	Helikopters die specifiek bedoeld zijn voor algemeen maatschappelijk belang (ambulance, politie en brandweer)	Eurocopter EC-145 en Eurocopter EC-135
Overige jachtvliegtuigen	Alle jachtvliegtuigen met uitzondering van de F-35 en F-16	Eurofighter Typhoon, Hornet F18H en L-39 Albatros
Overige vliegtuigen	Alle vliegtuigtypes die niet in de overige figuurgroepen vallen	Cessna 550, Learjet 35 en Lockheed C-130 Hercules
Overige helikopters	Alle helikopters met uitzondering van de AMB helikopters	AH64 Apache, AS532 Cougar en NHindustries NH90

3 Resultaat

Het resultaat van de berekeningen van de geluidbelasting rondom vliegbasis Leeuwarden voor het jaar 2023 bestaat uit de Ke-geluidbelastingscontouren voor:

- De geluidbelastingsberekening met drempelwaarde (berekeningsnummer: 2024-02-15 10:10:19)
- De geluidbelastingsberekening zonder drempelwaarde (berekeningsnummer: 2024-02-15 10:09:12)

Geluidbelastingscontouren zijn lijnen van gelijke geluidbelasting.

In 2023 hebben er testvluchten plaatsgevonden op vliegbasis Leeuwarden. Bij deze vluchten zijn door de F-35 gewijzigde procedures gevlogen met verschillen in hoogteverloop, stuwkracht en grondpad ten opzichte van de 'standaard' vluchten. Deze testvluchten vormden de basis voor een onderzoek naar het optimaliseren van vliegprocedures. Gezien het zeer beperkte aantal testvluchten is er voor gekozen om deze voor de jaarberekening te modelleren met de 'standaard' vliegprocedures.

Figuur 6 op bladzijde 12 toont de 35 Ke-contouren voor de jaarberekeningen zonder drempelwaarde voor de jaren 2019 tot en met 2023, met daarbij de geluidszone. De geografische ligging van de geluidszone is opgenomen op de kaart in bijlage 3 van het Luchthavenbesluit Leeuwarden (Ref. 4) en is afkomstig van Ref. 5.

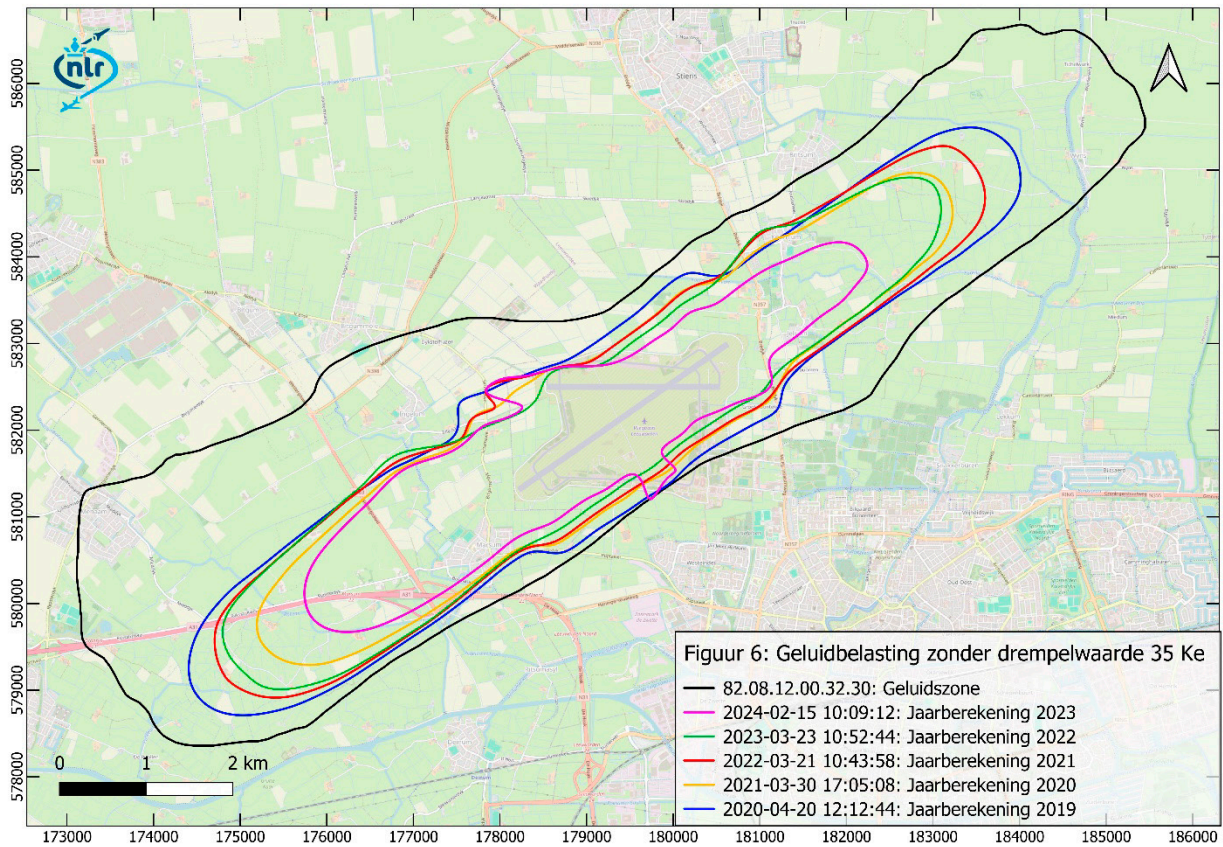
De Ke-contouren van de berekening met en zonder drempelwaarde zijn op een landkaart weergegeven in Appendix D, figuur D.1 en figuur D.2. Bovendien tonen deze figuren de contouren van de geluidszone.

Zowel de 35 Ke-contour van de geluidbelastingsberekening voor het jaar 2023 met drempelwaarde als de 35 Ke-contour van de geluidbelastingsberekening zonder drempelwaarde valt buiten de 35 Ke-zoneringscontour.

De overschrijding wordt veroorzaakt door het helikopterverkeer. Vanwege de baanrenovatie in 2023 zijn de helikopter starts en landingen uitgevoerd vanaf de heli-square, waardoor lokaal een relatief hoge geluidbelasting ontstaat. Aangezien de heli-square dicht bij de 35-Ke zoneringsgrens ligt, is hierdoor de zone overschreden. In normale omstandigheden maken de helikopters meer gebruik van de baankruising als start- of landingspunt en zou geen overschrijding van de zone plaats gevonden hebben.

In figuur D.3 is de 35 Ke-contour (met en zonder drempelwaarde) van het jaar 2023 getoond en vergeleken met de 35 Ke-zoneringscontour. De 35 Ke-contour van het jaar 2023 zonder drempelwaarde is marginaal groter dan de 35 Ke-contour van het jaar 2023 met drempelwaarde.

Figuur D.4 geeft een overzicht van de 35 Ke-contouren zonder drempelwaarde van de afgelopen jaren ten opzichte van de 35 Ke-zoneringscontour.



Figuur 6: 35 Ke-geluidbelastingscontouren voor de jaarberekeningen zonder drempelwaarde voor de jaren 2019 tot en met 2023

Een vergrote versie van Figuur 6 is te zien in Appendix D.4.

4 Referenties

1. *Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke) ten gevolge van het vliegverkeer*, RLD/BV-01, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, maart 1998.
2. *Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke), zonder drempelwaarde, ten gevolge van het vliegverkeer*, RLD/BV-01.2, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2004.
3. *Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidsbelasting in Ke voor de militaire luchthavens bedoeld in artikel 8.1 van de Wet luchtvaart. Geluidsniveaus, prestatiegegevens en indeling naar categorie (versie 14.0)*, R. de Jong en G.J.T. Heppe, NLR rapport CR 96650, januari 2020.
4. *Besluit van 3 mei 2013 tot vaststelling van een luchthavenbesluit voor de militaire luchthaven Leeuwarden (Luchthavenbesluit Leeuwarden)*.
5. *De geluidsbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden*, Beers, C.S., mei 1986, NLR rapport TR 86058 C, Confidentieel.
6. *Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting in Ke voor de militaire luchthavens bedoeld in artikel 8.1 van de Wet luchtvaart. Geluidsniveaus, prestatiegegevens en indeling naar categorie (versie 14.3)*, R. de Jong en G.J.T. Heppe, NLR rapport CR 96650, januari 2023.

Appendix A Begrippen

dB(A)

De A-gewogen decibelwaarde dB(A) is de meest gangbare eenheid voor geluidsterkte. De A-weging houdt rekening met de gevoeligheid van het menselijk oor voor de toonhoogte van het geluid.

Drempelwaarde

In het berekeningsvoorschrift voor de Ke met drempelwaarde is bepaald dat een vliegtuigpassage wordt weggelaten als het bijbehorende maximale geluidsniveau in het betreffende punt lager is dan de drempelwaarde van 65 dB(A).

Geluidgegevens

De geluidgegevens voor een vliegtuigcategorie bevatten de geluidsniveaus in dB(A) als functie van de motorstuwkracht en de afstand tussen het vliegtuig en de waarnemer.

Geluidsniveau

Het geluidsniveau is een maat voor de hoeveelheid geluid veroorzaakt door één passerend vliegtuig.

Geluidbelasting

De geluidbelasting is een maat voor het geluid dat door alle vliegtuigen gezamenlijk gedurende een gebruiksjaar wordt veroorzaakt op of rond de luchthaven. Daarbij worden de geluidsniveaus van alle vliegtuigen die gedurende een jaar van de luchthaven vertrekken en aankomen op een voorgeschreven manier bij elkaar opgeteld. Die optelling kan op verschillende manieren gebeuren. Zo ontstaan verschillende geluidbelastingsmaten. Ke is een voorbeeld van een maat voor de geluidbelasting buitenshuis gedurende het hele etmaal.

Geluidbelastingscontour

Een geluidbelastingscontour is een lijn die punten van gelijke geluidbelasting met elkaar verbindt. De contour wordt bepaald door interpolatie tussen de in de netwerkpunten berekende geluidbelasting. Een voorbeeld is de 35 Ke-contour. Buiten de 35 Ke-contour is de geluidbelasting lager dan 35 Ke, binnen die contour is de geluidbelasting hoger dan 35 Ke. Meestal worden op de geluidkaarten rond een vliegveld meerdere contouren met 5 Ke-intervallen aangegeven.

Geluidhinder

Geluidhinder is het effect dat geluid heeft op de mens. Geluidhinder is subjectief. Met behulp van een aantal dosismaten is het mogelijk geluidhinder op een meer objectieve manier vast te stellen. De geluidhinder wordt vaak uitgedrukt in het percentage gehinderden en ernstig gehinderden.

Geluidszone

De geluidszone is de geluidcontour die hoort bij de grenswaarde van de geluidbelasting. In het Besluit militaire luchthavens is de grenswaarde van de geluidbelasting vastgesteld op 35 Kosteneenheden. De zonering drukt niet de feitelijke geluidbelasting uit, maar geeft de maximaal toegestane geluidsomvang die in enig jaar mag optreden grafisch weer, in Kosteneenheden.

Grenswaarde van de geluidbelasting

De grenswaarde van de geluidbelasting is in het Besluit militaire luchthavens op basis van de Luchtvaartwet vastgesteld op 35 Kosteneenheden.

Grondpad

Het grondpad is de projectie van het vliegp pad in het horizontale vlak. Met andere woorden: het grondpad is een lijn op de grond verticaal onder het vliegp pad.

Hoogteprofiel

Het hoogteprofiel is het verloop van de vlieghoogte boven de grond als functie van de afgelegde weg langs het grondpad.

Instrument Flight Rules (IFR)

Instrument Flight Rules, afgekort IFR, of instrumentvliegvoorschriften zijn vliegvoorschriften voor luchtvaartnavigatie met behulp van instrumenten. Deze voorschriften laten vliegen onder alle weersomstandigheden toe, mits het vliegtuig dan veilig kan functioneren. Wanneer er geen VFR-condities zijn (weersomstandigheden met onder andere voldoende zicht, zoals vereist voor een vlucht onder Visual Flight Rules (zichtvliegvoorschriften, VFR)) en de piloot dus horizontaal en/of verticaal onvoldoende zicht heeft om zijn positie te kunnen bepalen, is het vliegen volgens IFR de enige mogelijkheid.

Kosteneenheid (Ke)

De Kosteneenheid, afgekort Ke, is een eenheid waarin de geluidbelasting veroorzaakt door vliegverkeer wordt uitgedrukt. Het betreft de geluidbelasting buitenshuis en het gaat om het vliegverkeer van een heel jaar en van het hele etmaal. De Kosteneenheid is genoemd naar prof. dr. ir. C.W. Kosten (voorzitter van een adviescommissie van de regering), die in de jaren zestig onderzocht hoe geluidbelasting als maat voor de geluidshinder van vliegverkeer het beste te berekenen is. Bij de berekening van de geluidbelasting in Ke gaat men uit van het piekniveau op het waarneempunt tijdens een vliegtuigpassage, bepaald op een hoogte van 1.2 meter boven een met gras bedekte bodem.

Nachtstraffactor (nsf)

De nachtstraffactor is de weegfactor in de Kosteneenheid die afhankelijk is van de etmaalperiode waarin de vliegtuigpassage plaats heeft gevonden. Deze factor moet de grotere mate van hinder van vliegtuigbewegingen in de avond en nachtelijke uren tot uitdrukking brengen. Zo telt een vlucht in de nacht (tussen 23:00 en 06:00 uur lokale tijd) 10 keer zo zwaar als een vlucht overdag.

Netwerkpunten

De netwerkpunten zijn een raster van punten waarvoor de geluidbelasting wordt berekend.

Piekniveau

Het piekniveau is het maximale geluidsniveau (in dB(A)) op het waarneempunt tijdens een vliegtuigpassage, L_{max} in de Kostenformule. Het plaatselijke maximale geluidsniveau is afhankelijk van de afstand tussen de waarnemer en de vliegbaan, de motorstuwkracht van het vliegtuig en de hoek waaronder het vliegtuig door de waarnemer ten opzichte van de horizon wordt waargenomen.

Prestatiegegevens

De prestatiegegevens bevatten een beschrijving van de vlieghoogte, de motorstuwkracht en de grondsnelheid langs het grondpad als functie van de afgelegde weg langs het grondpad. Deze gegevens zijn per vliegtuigcategorie afhankelijk gesteld van de te volgen klim- of daalprocedure en, bij starts, het vliegtuiggewicht (afhankelijk van de afstand tot de bestemming).

Routespreidingsgebied

Het routespreidingsgebied is het gebied dat de horizontale spreiding weergeeft van het vliegverkeer dat een bepaalde route volgt. De in het horizontale vlak optredende spreiding wordt in de berekening van de geluidbelasting meegenomen door per aankomst-, vertrekroute of circuit een nominaal grondpad te definiëren met links en rechts daarvan een spreidingsbreedte.

Vliegbaan

De vliegbaan is de beschrijving van een gevlogen weg op zowel het horizontale vlak als in verticale zin (vlieghoogte).

Vliegtuigcategorie

Een vliegtuigcategorie vertegenwoordigt een groep vliegtuigen of een groep helikopters met een geluidsverwantschap. Omdat niet voor alle vliegtuigtypen de geluid- en prestatiegegevens bekend zijn, worden de vliegtuigtypen ingedeeld in een beperkt aantal vliegtuigcategorieën.

Vliegtuigbeweging

Een vliegtuigbeweging is een start of een landing van een luchtvaartuig.

Zone

Zie geluidszone

Appendix B Berekeningsmethode

In de Wet luchtvaart is onder artikel 10.12, derde lid, de bepaling opgenomen dat de Minister van Defensie in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer¹, regels vaststelt omtrent de wijze van meten, berekenen en registreren van de grenswaarden voor de maximaal toegelaten geluidbelasting door landende en opstijgende luchtvaartuigen. De Regeling berekening geluidsbelasting militaire luchthavens beschrijft deze regels.

Deze regels betreffen onder andere voorschriften voor de berekening van geluidbelastingscontouren (lijnen van gelijke geluidbelasting) rond luchthavens. In deze berekeningsvoorschriften, “Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke) ten gevolge van het vliegverkeer” (Ref. 1) en “Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke), zonder drempelwaarde, ten gevolge van het vliegverkeer” (Ref. 2), is de berekeningsmethodiek vastgelegd, zoals deze door het NLR wordt toegepast.

In de berekeningsvoorschriften staan regels over de wijze van berekenen van de geluidbelasting door “landende en opstijgende” vliegtuigen. Er is een formule in opgenomen die de geluidbelasting in een waarnemingspunt bepaalt, gegeven de aantallen vliegtuigpassages in één jaar, het maximale geluidsniveau in het waarnemingspunt tijdens iedere vliegtuigpassage en gegeven de nachtstraffactor, een weegfactor die afhankelijk is van de dagperiode waarin de vliegtuigpassage plaats heeft gevonden.

Voor de berekening van de geluidbelasting in Ke worden conform artikel 3 van het Besluit Militaire Luchthavens (BML) de volgende vliegtuigen meegenomen:

- Landende en opstijgende luchtvaartuigen met een toegelaten totaal massa van ten minste 6000 kg;
- Landende en opstijgende luchtvaartuigen met een toegelaten totaal massa van wel minder dan 6000 kg maar meer dan 390 kg,
 - a) voor zover dit vaste-vleugelvliegtuigen met straalaandrijving en helikopters betreft,
 - b) dan wel deze luchtvaartuigen gebruik maken van dezelfde aan- en uitvliegroutes als de luchtvaartuigen van ten minste 6000 kg,
 - c) dan wel de vliegpatronen van deze luchtvaartuigen overeenkomen met die van luchtvaartuigen van ten minste 6000 kg.

Voor deze laatste twee punten neemt het NLR de als IFR-geregistreerde vluchten als klein verkeer mee in de berekening.

De formule voor de geluidbelasting luidt als volgt:

$$B = 20 \cdot \log \left(\sum n \cdot 10^{\frac{L_{\max}}{15}} \right) - 157$$

Waarbij geldt:

- B : De geluidbelasting in Kosteneenheden (Ke).
 n : De nachtstraffactor (waarde 1 tot en met 10 afhankelijk van het tijdstip van de vlucht).
 Σ : Het totaal van de bijdragen van de vliegtuigen in één jaar.
 L_{\max} : Het maximale geluidsniveau buitenshuis ten gevolge van iedere vliegtuigpassage.

¹ In 2010 zijn het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer samengegaan in het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

In het berekeningsvoorschrift voor de K_e met drempelwaarde (Ref. 1) is bepaald dat de hindersombijdrage H^2 ten gevolge van een vliegtuigpassage gelijk aan 0 wordt gesteld indien de bijbehorende L_{\max} lager is dan 65 dB(A). Dat wil zeggen dat er in de berekening voor de geluidbelasting in K_e een drempelwaarde van 65 dB(A) wordt toegepast. De toelichting legt uit dat vliegtuigpassages, die een geluidsniveau lager dan 65 dB(A) in een netwerkpunt veroorzaken, niet in de berekening van de geluidbelasting worden meegenomen. De berekende geluidbelasting met drempelwaarde zal hierdoor lager kunnen zijn dan de berekende geluidbelasting zonder drempelwaarde.

$$^2 H = n \cdot 10^{\frac{L_{\max}}{15}}$$

Appendix C Invoergegevens

In deze appendix worden de invoergegevens voor de geluidbelastingsberekeningen beschreven.

Appendix C.1 Verkeersgegevens

Een overzicht van de samenstelling van het vliegverkeer is in hoofdstuk 2 van dit rapport gegeven.

Appendix C.2 Vliegbanen

De vliegbanen worden beschreven door de projectie op de grond (het grondpad) en het verloop van de vlieghoogte boven de grond als functie van de afgelegde weg langs het grondpad met de daarbij behorende stuwkracht (het hoogteprofiel).

De grondpaden worden vastgesteld aan de hand van de voor de luchthaven voorgeschreven aankomst- en vertrekroutes alsmede circuits. Tevens wordt rekening gehouden met de optredende horizontale afwijkingen van deze vliegbanen. Voor deze spreiding in horizontale richting is, overeenkomstig de berekeningsvoorschriften, aangenomen dat de vliegtuigen uniform verdeeld zijn over de spreidingsbreedte. Deze spreiding verschilt per route.

De hoogteprofielen zijn vliegtuigtypegebonden, omdat ze direct verband houden met de prestaties van een vliegtuig. In de "Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting" staan de hoogteprofielen voor het civiele vliegverkeer vermeld. Voor het militaire verkeer betreft dit confidentiële informatie.

Appendix C.3 Geluidgegevens

De geluidgegevens voor een vliegtuig bevatten de geluidsniveaus in dB(A) als functie van de motorstuwkracht en de afstand tussen het vliegtuig en de waarnemer. De bij de berekening toegepaste geluidgegevens zijn ontleend aan "Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting" waarmee de geluidszone is berekend (Ref. 3), aangevuld met gegevens uit de meest recente versie (Ref. 6).

Omdat voor slechts een beperkt aantal vliegtuigtypen de geluid- en prestatiegegevens bekend zijn, worden de vliegtuigtypen waarvan deze gegevens niet bekend zijn, ingedeeld bij een vergelijkbaar type m.b.t. de geluidproductie. Dit gebeurt op grond van de verwantschap die de vliegtuigtypen op basis van de volgende parameters bezitten:

- a) aantal motoren;
- b) maximale stuwkracht per motor;
- c) maximum startgewicht;
- d) omloopverhouding van de motoren, zogenaamde by-pass ratio;
- e) vliegtuig-/motorcombinatie.

Omdat, in tegenstelling tot de civiele luchtvaart, de militaire luchtvaartoperaties in Nederland met slechts een zeer beperkt aantal vliegtuigtypen worden uitgevoerd, zijn voor het merendeel van deze typen de voor de berekening van de geluidbelasting benodigde geluid- en prestatiegegevens bekend of beschikbaar. In die enkele gevallen waarin er toch een vliegtuigtype voorkomt waarvan deze gegevens onbekend zijn, wordt deze ingedeeld bij een type waarvan de geluid- en prestatiegegevens wel bekend zijn.

Appendix C.4 Nachtstraffactor

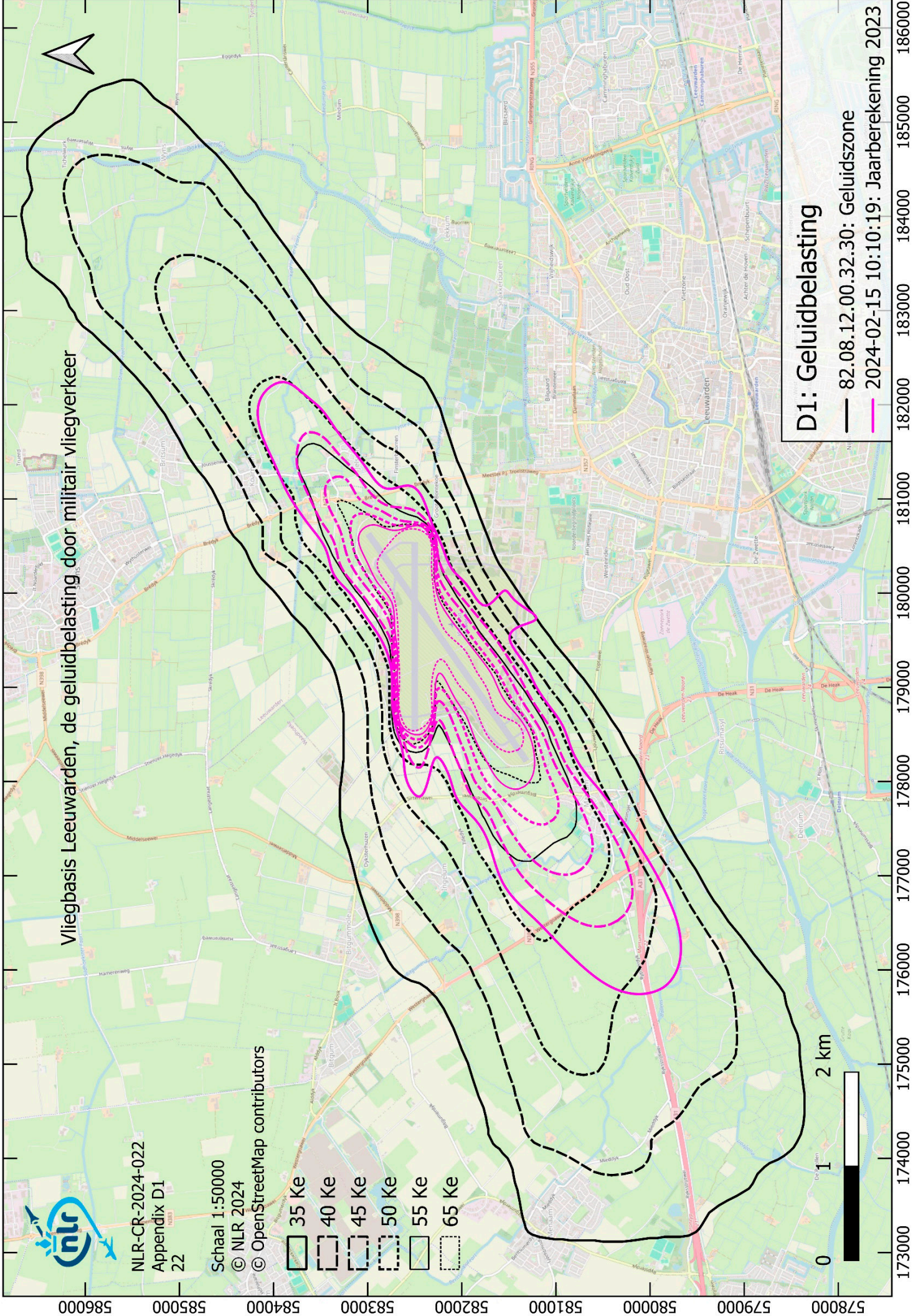
In overeenstemming met de berekeningsvoorschriften wordt een nachtstraffactor toegepast. Deze factor moet de grotere mate van hinder van vliegtuigbewegingen in de avond en nachtelijke uren tot uitdrukking brengen. De nachtstraffactor is tijdsafhankelijk.

Het verloop is als volgt:

Dagperiode van tot [uur]	Nachtstraffactor
0 - 6	10
6 - 7	8
7 - 8	4
8 - 18	1
18 - 19	2
19 - 20	3
20 - 21	4
21 - 22	6
22 - 23	8
23 - 24	10

De nachtstraffactor wordt in rekening gebracht door het aantal vliegtuigbewegingen in een bepaalde dagperiode te vermenigvuldigen met de bij de betreffende dagperiode behorende nachtstraffactor. Dit betekent dat indien er om 20:05 uur één F-16 vertrekt, deze als vier F-16's in de berekening wordt meegenomen.

Appendix D Geluidbelastingcontouren



Vliegbasis Leeuwarden, de geluidbelasting door militair vliegverkeer

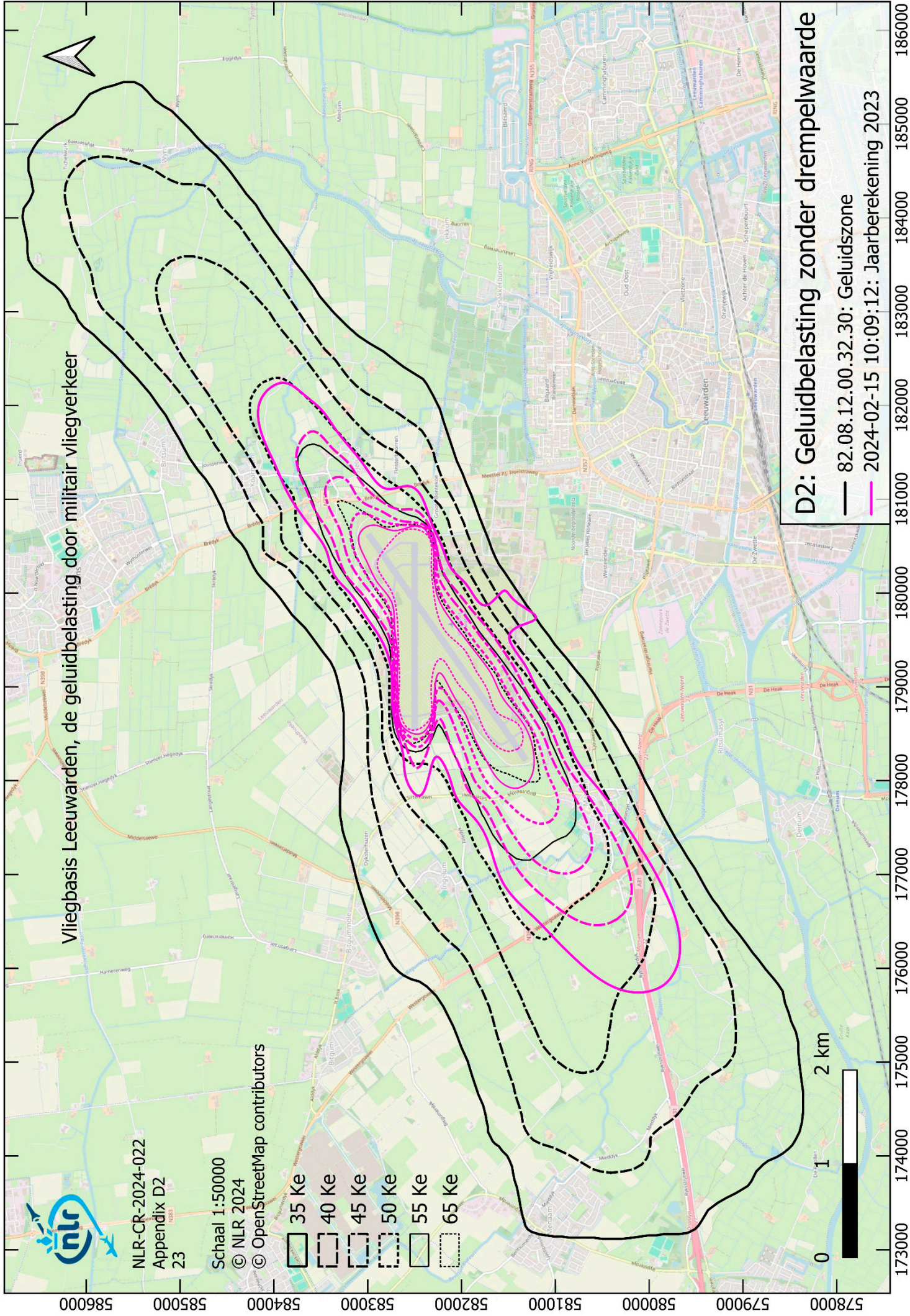
NLR-CR-2024-022
Appendix D1
22

Schaal 1:50000
© NLR 2024
© OpenStreetMap contributors

- 35 Ke
- 40 Ke
- 45 Ke
- 50 Ke
- 55 Ke
- 65 Ke

D1: Geluidbelasting
 — 82.08.12.00.32.30: Geluidszone
 — 2024-02-15 10:10:19: Jaarberekening 2023





Vliegbasis Leeuwarden, de geluidbelasting door militair vliegverkeer



NLR-CR-2024-022
Appendix D2
23

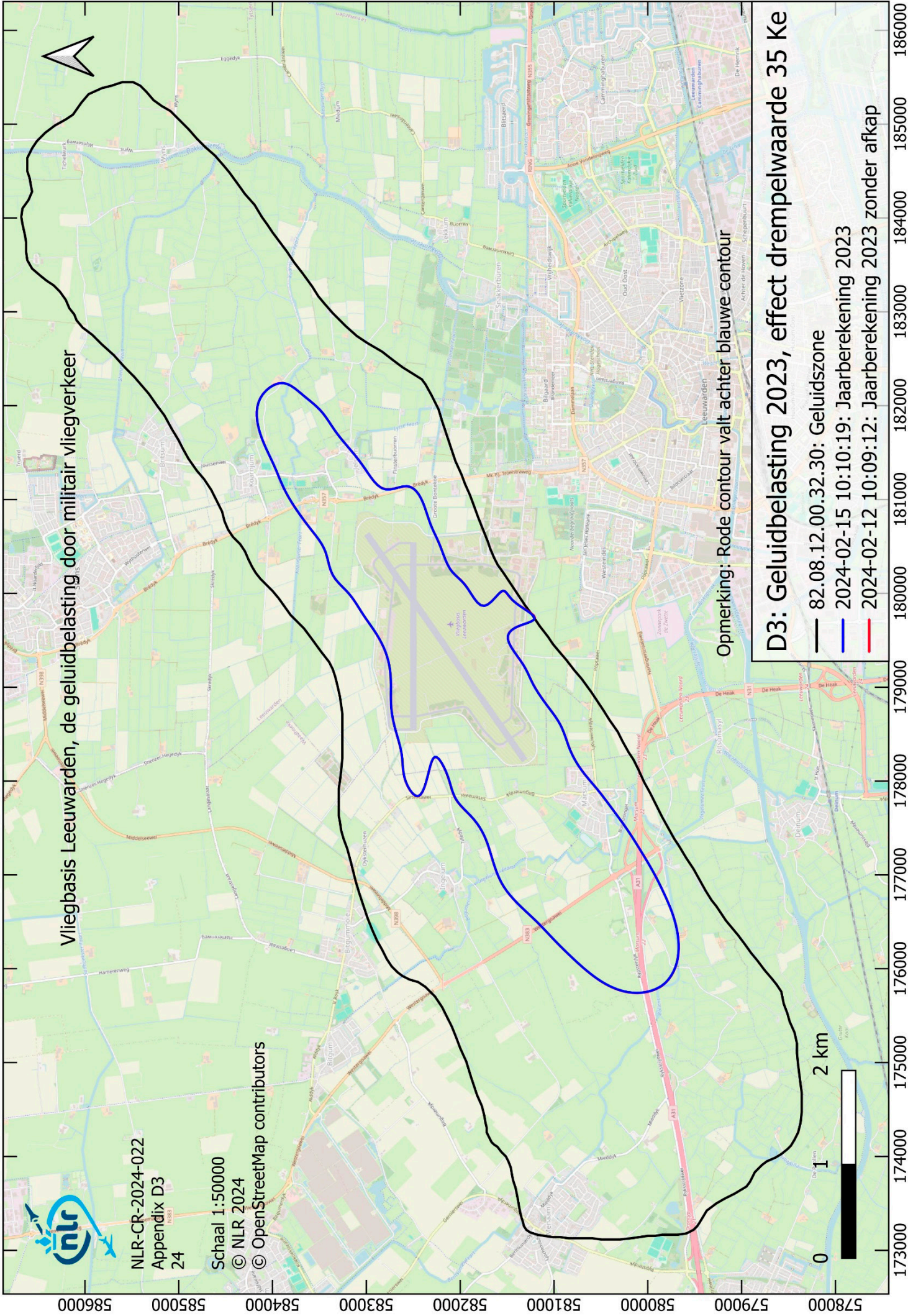
Schaal 1:50000
© NLR 2024
© OpenStreetMap contributors

- 35 Ke
- 40 Ke
- 45 Ke
- 50 Ke
- 55 Ke
- 65 Ke

- D2: Geluidbelasting zonder drempelwaarde**
- 82.08.12.00.32.30: Geluidszone
 - 2024-02-15 10:09:12: Jaarberekening 2023



586000 585000 584000 583000 582000 581000 580000 579000 578000 173000 174000 175000 176000 177000 178000 179000 180000 181000 182000 183000 184000 185000 186000



586000

NLR-CR-2024-022
Appendix D3
24

Schaal 1:50000
© NLR 2024
© OpenStreetMap contributors

584000

583000

582000

581000

580000

579000

578000

0

1

2 km

173000

174000

175000

176000

177000

178000

179000

180000

181000

182000

183000

184000

185000

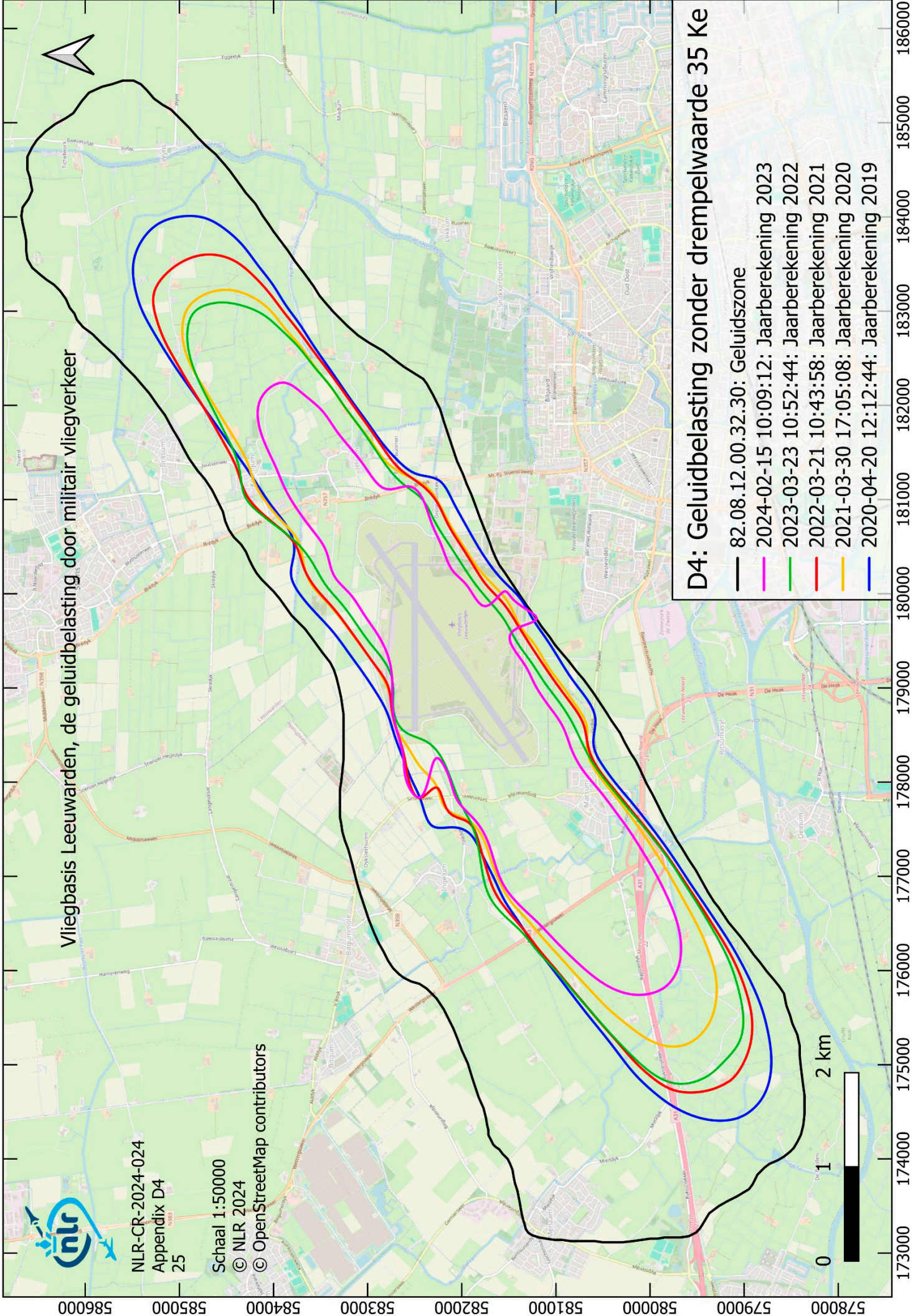
186000

Vliegbasis Leeuwarden, de geluidbelasting door militair vliegverkeer

Opmerking: Rode contour valt achter blauwe contour

D3: Geluidbelasting 2023, effect drempelwaarde 35 Ke

- 82.08.12.00.32.30: Geluidszone
- 2024-02-15 10:10:19: Jaarberekening 2023
- 2024-02-12 10:09:12: Jaarberekening 2023 zonder afkap



Vliegbasis Leeuwarden, de geluidbelasting door militair vliegverkeer

- D4: Geluidbelasting zonder drempelwaarde 35 Ke**
- 82.08.12.00.32.30: Geluidszone
 - 2024-02-15 10:09:12: Jaarberekening 2023
 - 2023-03-23 10:52:44: Jaarberekening 2022
 - 2022-03-21 10:43:58: Jaarberekening 2021
 - 2021-03-30 17:05:08: Jaarberekening 2020
 - 2020-04-20 12:12:44: Jaarberekening 2019



NLR-CR-2024-024
Appendix D4
25

Schaal 1:50000
© NLR 2024
© OpenStreetMap contributors





Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: www.nlr.nl

Postal address

PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

Royal NLR

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444