

**ACTUALISATIE**

# MER Lelystad Airport

Herstel invoergegevens, verwerken actuele inzichten en voorschriften,  
effecten aansluitroutes

**Bijlage 11    Validatierapport Lden tool**

# **Validatie L<sub>den</sub>-tool voor overige burgerluchthavens**

**In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu -  
Directoraat-Generaal Bereikbaarheid**

**Februari 2018**

**Vital Link Beleidsanalyse  
A. van Velzen**



## Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusie .....	1
1. Inleiding.....	3
2. Samenvattende beschrijving berekeningsvoorschrift.....	5
2.1 Achtergrond berekeningsvoorschrift.....	5
2.2 Samenvattende beschrijving rekenstappen vastgelegd in berekeningsvoorschrift.....	5
3. Validatie berekening geluidbelasting met $L_{den}$ -tool.....	11
3.1 Inleiding.....	11
3.2 Testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau .....	12
3.3 Vergelijking resultaten testberekeningen .....	13
3.4 Validatie berekening $L_{den}$ -geluidbelasting .....	18
3.5 Conclusies .....	19
4. Validatie berekende geluidbelasting met $L_{den}$ tool voor omzettingsbesluit.....	21
4.1 Overzicht uitgevoerde validatieberekeningen .....	21
4.2 Resultaten validatieberekeningen.....	21
5. Valideren van wijzigingen in berekeningsvoorschrift geïmplementeerd in $L_{den}$ tool .....	27
5.1 Overzicht van wijzigingen .....	27
5.2 Gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box.....	27
5.3 Geluidbelasting in handhavingspunten baanafhankelijk .....	28
5.4 Regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices .....	30
5.5 Nauwkeurigheidscriterium voor bepalen aantal deelroutes.....	31
Bijlage A. Ligging routes en berekeningspunten test- en validatieberekeningen.....	A-1
Bijlage B. Validatie meest recente versie $L_{den}$ -tool op basis testberekening Lelystad .....	B-1
B1. Beschrijving resultaten testberekening.....	B-1
B2. Rapportage testberekening Lelystad met 2015 versie van $L_{den}$ -tool .....	B-3
B3. Rapportage testberekening Lelystad met meest recente versie van $L_{den}$ -tool.....	B-4



## Samenvatting en conclusie

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is door ADECS en NLR de  $L_{den}$ -tool voor overige burgerluchthavens ontwikkeld. Deze tool wordt ingezet voor het maken van geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens in Nederland. Door Vital Link Beleidsanalyse (VLB) is een validatie van de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd. Centraal is deze validatie staat de vraag of berekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift dat is opgenomen als bijlage 1 van de Regeling Burgerluchthavens. De Regeling Burgerluchthavens, inclusief het berekeningsvoorschrift, is van kracht sinds 1 november 2009. Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden.

De validatie is in een aantal stappen uitgevoerd en bestond in hoofdzaak uit:

- Het uitvoeren van een aantal test- en validatieberekeningen om vast te stellen of de geluidbelasting van traffic regels (met en zonder deelroutes) wordt berekend conform het berekeningsvoorschrift.
- Het nagaan of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

Voor het uitvoeren van de test- en validatieberekeningen is door VLB, op basis van het berekeningsvoorschrift, een spreadsheet ontwikkeld waarmee de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt wordt berekend (controleberekeningen). Met de uitgevoerde testberekeningen zijn alle aspecten van de in het berekeningsvoorschrift vastgelegde berekeningswijze van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau gevalideerd. Voor alle test- en validatieberekeningen kwamen de resultaten van de  $L_{den}$ -tool overeen met de resultaten van de controleberekeningen. Ook is vastgesteld dat de optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom en de vertaalslag van deze totale hindersom naar de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) in de  $L_{den}$ -tool wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.

Tenslotte is vastgesteld dat de wijzigingen in het berekeningsvoorschrift die per 1 juli 2012 van kracht zijn geworden correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool. Het gaat hier om de volgende wijzigingen en aanvullingen:

- a. het gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box rond de start/landingsbanen
- b. het baanafhankelijk berekenen van de geluidbelasting in handhavingspunten op 100 m van de baan.
- c. regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices.
- d. het opnemen van een nauwkeurigheidscriterium in het voorschrift op grond waarvan het aantal deelroutes wordt vastgesteld waarmee wordt gerekend.

De algehele eindconclusie in 2015 was dat berekeningen met de toenmalige versie van de  $L_{den}$ -tool werden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift. Deze conclusie geldt voor zowel geluidbelastingberekeningen als handhavingsberekeningen.

In 2018 is een laatste stap aan het validatieproces toegevoegd. Hierbij is gekeken of berekeningen met de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool nog steeds conform het voorschrift worden uitgevoerd. Ook hier is de conclusie dat dit het geval is.

## 1. Inleiding

Door ADECS en NLR is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu de  $L_{den}$ -tool voor overige burgerluchthavens<sup>1</sup> ontwikkeld. Deze tool wordt ingezet voor het maken van geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens in Nederland.

De wijze waarop geluidsberekeningen voor overige burgerluchthavens dienen te worden uitgevoerd is vastgelegd in een berekeningsvoorschrift. Dit berekeningsvoorschrift is opgenomen als bijlage 1 van de Regeling Burgerluchthavens. De Regeling Burgerluchthavens, inclusief het berekeningsvoorschrift voor het maken van geluidsberekeningen, is van kracht sinds 1 november 2009 (stcrt-2009-16154). Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden (stcrt-2012-12507).

Door Vital Link Beleidsanalyse (VLB) is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een validatie van de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd. Centraal is deze validatie staat de vraag of berekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.

De validatie is uitgevoerd in een aantal ronden. In deze verschillende ronden zijn verbeterpunten geïdentificeerd, welke gerapporteerd en doorgesproken zijn met de ontwikkelaars van de  $L_{den}$ -tool (ADECS en NLR). De validatiewerkzaamheden hadden in eerste instantie betrekking op het oorspronkelijke berekeningsvoorschrift dat van kracht was van 1 november 2009 tot 1 juli 2012. Hierbij is nagegaan of de toenmalige versie van de  $L_{den}$ -tool (versie 2.0) voldeed aan dit voorschrift. Als onderdeel van de validatie is onder andere gekeken of de rekenkern van de  $L_{den}$ -tool voldoet aan het berekeningsvoorschrift waarbij resultaten van de rekenkern zijn vergeleken met een door VLB gemaakte implementatie van het berekeningsvoorschrift in een spreadsheet. Een deel van de validatiewerkzaamheden met betrekking tot versie 2.0 van de  $L_{den}$ -tool is nog steeds relevant aangezien ze betrekking hebben op delen van het voorschrift die niet zijn gewijzigd per 1 juli 2012. Dit deel van de oorspronkelijke validatie is dan ook in de voorliggende rapportage opgenomen.

In het eerste kwartaal van 2015 is een aanvullende validatie uitgevoerd van de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool (versie 3.2<sup>2</sup>). In deze validatie is naar de volgende zaken gekeken:

- Of de geluidbelasting van traffic regels (met en zonder deelroutes) ten behoeve van formele omzettingsbesluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift.
- Of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

---

<sup>1</sup> Ingevolge artikel 8.1 van de Wet Luchtvaart zijn de overige burgerluchthavens alle burgerluchthavens in Nederland met uitzondering van Schiphol

<sup>2</sup> Detailinformatie meest recente versie: Lden Rapporteren: versie 3.3.0.0; Lden Update: versie 38; Berekeningsmodule: versie 3.0 build 20150108



In 2018 is een laatste stap aan het validatieproces toegevoegd. Hierbij is gekeken of berekeningen met de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool nog steeds conform het voorschrift worden uitgevoerd.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt nader ingegaan op het berekeningsvoorschrift. Het hoofdstuk gaat in op de inhoudelijke rekenstappen die in het berekeningsvoorschrift worden beschreven.

Hoofdstuk 3 gaat in op de vraag of de berekende  $L_{den}$ -geluidswaarden in netwerk- en handhavingspunten in de  $L_{den}$ -tool worden berekend conform het berekeningsvoorschrift. Hiervoor is een aantal testberekeningen uitgevoerd.

In hoofdstuk 4 wordt nagegaan of de geluidbelasting ten behoeve van formele omzettingsbesluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift.

Hoofdstuk 5 tenslotte heeft betrekking op de vraag of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

Bijlage A bevat een aantal figuren met betrekking tot de ligging van routes en berekeningspunten in de test- en validatieberekeningen welke in de hoofdstukken 3 en 4 worden beschreven.

Bijlage B bevat een beschrijving van de validatie die in 2018 heeft plaatsgevonden.

## **2. Samenvattende beschrijving berekeningsvoorschrift**

### **2.1 Achtergrond berekeningsvoorschrift**

De geluidbelasting van het vliegverkeer op overige burgerluchthavens wordt gehandhaafd op basis van handhavingspunten. In het Besluit Burgerluchthavens is aangegeven dat een luchthavenbesluit in ieder geval de volgende handhavingspunten bevat:

- (a) één handhavingspunt met een grenswaarde voor de geluidbelasting aan beide zijden in het verlengde van de middellijn van de start- en landingsbaan op 100 meter van het einde van de baan, en
- (b) één handhavingspunt met een grenswaarde voor de geluidbelasting op elke locatie waar woonbebouwing met een aaneengesloten karakter gelegen is op of in de nabijheid van een geluidcontour van 56 dB(A)  $L_{den}$ .

Met een luchthavenbesluit wordt de grenswaarde van de geluidbelasting in de handhavingspunten vastgelegd. Met jaarlijks uit te voeren handavingsberekeningen wordt - op basis van het daadwerkelijk gebruik van de luchthaven in een gebruiksjaar - nagegaan of de grenswaarde in handhavingspunten niet wordt overschreden.

De wijze waarop de  $L_{den}$ -geluidbelasting in handhavingspunten dient te worden berekend is bij ministeriele regeling vastgelegd in de Regeling Burgerluchthavens (RB). De RB schrijft voor dat het berekenen van de  $L_{den}$ -geluidbelasting dient plaats te vinden volgens het "Voorschrift voor de berekening van de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) voor overige burgerluchthavens" (in dit rapport aangeduid als "het berekeningsvoorschrift"). Het berekeningsvoorschrift is opgenomen als bijlage 1 bij de Regeling Burgerluchthavens.

Het berekeningsvoorschrift vormt dus een integraal onderdeel van de wet- en regelgeving. Met het van kracht worden van de ministeriële regeling is het berekeningsvoorschrift de verplichte basis voor te maken  $L_{den}$ -geluidsberkeningen voor de overige burgerluchthavens. De  $L_{den}$ -tool is een implementatie van het berekeningsvoorschrift.

### **2.2 Samenvattende beschrijving rekenstappen vastgelegd in berekeningsvoorschrift**

De berekening van de  $L_{den}$ -geluidbelasting in een berekeningspunt kan worden onderverdeeld in de volgende hoofdonderdelen:

- A. Berekening tijdsgeïntegreerd geluidsniveau per vliegtuigpassage.
- B. Berekening hindersom.
- C. Berekening geluidbelasting.

Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van de rekenstappen in de verschillende hoofdonderdelen. Een schematisch overzicht van de rekenstappen, en de benodigde invoer voor de verschillende rekenstappen wordt gegeven in figuur 2.1.

## **A. Berekening tijdsgeïntegreerd geluidsniveau per vliegtuigpassage**

Het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau  $LAX_{jkm}$  in een berekeningspunt is het geluidsniveau ten gevolge van de passage van één vliegtuig, behorende tot categorie k, volgens vliegprocedure m en langs grondpad j. Bij de bepaling van  $LAX_{jkm}$  worden de volgende stappen onderscheiden.

- A1. Vaststellen tijdsinterval  $\Delta t_z$  en de afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ ).
- A2. Vaststellen ligging punten F behorend bij punten Z.
- A3. Bepaling vlieghoogte h en motorstuwkracht T, behorend bij de punten Z.
- A4. Bepaling van de afstand s tussen het berekeningspunt en de punten Z.
- A5. Bepaling laterale geluidsverzwakking in berekeningspunt bij passage in de punten Z.
- A6. Bepaling van het gecorrigeerde momentane geluidsniveau in het berekeningspunt als gevolg van een vliegtuigpassage in de punten Z.
- A7. Bepaling van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau ( $LAX_{jkm}$ ) in het berekeningspunt.

### *(A1) Vaststellen tijdsinterval $\Delta t_z$ en de afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ )*

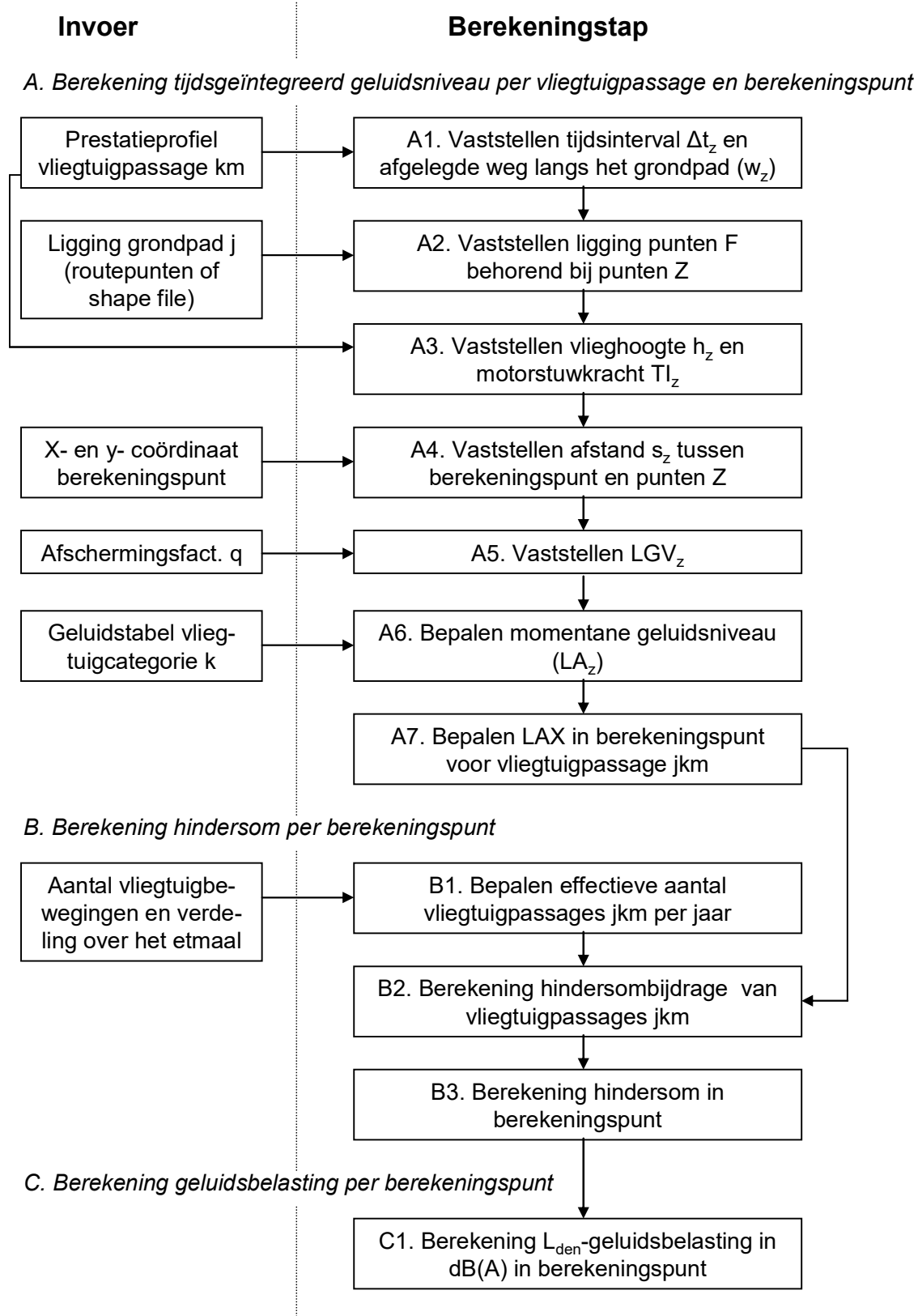
Het grondpad wordt verdeeld in een geheel aantal segmenten (integratiestappen). De afgelegde weg langs het grondpad wordt voor iedere integratiestap bepaald door de snelheid ter plekke te vermenigvuldigen met het tijdsinterval  $\Delta t$  ( $w = V \cdot \Delta t$ ). Voor berekeningen ten behoeve van het bepalen van geluidbelastingcontouren wordt voor  $\Delta t$  een waarde van 2 seconden aangehouden voor luchthavens die worden gebruikt door vliegtuigen, en 0,5 seconde voor helikopterluchthavens. Het tijdsinterval bedraagt 0,1 seconde voor de berekening van de geluidbelasting in handhavingspunten (grenswaarde of gerealiseerde geluidbelasting). Deze waarde van 0,1 seconde voor  $\Delta t$  wordt gehanteerd voor handhavingspunten die liggen op 100 meter achter de baankoppen (in het verlengde van de baan). Alleen met een klein tijdsinterval kan voor deze punten, die recht onder de vliegbaan en dicht bij de landingsbaan liggen, een nauwkeurige berekening worden uitgevoerd.

Indien binnen de integratiestap een segmentovergang plaatsvindt in het prestatieprofiel (zoals vastgelegd in de Appendices), wordt de lengte van de integratiestap aangepast, zodanig dat de integratiestap eindigt ter plekke van de segmentovergang in het prestatieprofiel. Voor deze integratiestappen moet het tijdsinterval  $\Delta t$  dus worden vastgesteld op basis van het prestatieprofiel.

### *(A2) Vaststellen ligging punten F behorend bij punten Z*

De punten Z zijn de punten op de vliegbaan in het midden van ieder segment volgend uit een integratiestap. De punten Z bevinden zich altijd loodrecht boven het grondpad. Het punt F is het snijpunt van het grondpad met de loodlijn vanuit Z. Voor de vaststelling van de ligging van de punten F voor vliegtuigpassage jkm wordt gebruik gemaakt van de ligging van het grondpad j.

**Figuur 2.1 Schematisch overzicht rekenstappen in  $L_{den}$ -berekenningsvoorschrift.**



*(A3) Bepaling vlieghoogte  $h$  en motorstuwkracht  $T$ , behorend bij de punten  $Z$*

De vlieghoogte  $h$  en de motorstuwkracht  $T$  worden voor elk van de punten  $Z$  bepaald als functie van de afgelegde weg langs het grondpad ( $w$ ). Daarbij wordt uitgegaan van de prestatiegegevens in de Appendices. Voor zover een integratiestap eindigt ter plekke van een segmentovergang in het prestatieprofiel kunnen de waarden rechtstreeks uit de prestatiegegevens afgelezen worden. Voor de tussengelegen punten worden de waarden van  $h$  en  $T$  bepaald d.m.v. lineaire interpolatie binnen de grenzen van het segment, tenzij de Appendices aangeven dat gerekend dient te worden met een constante waarde over het segment.

Als het grondpad langer is dan de bijbehorende lengte van het prestatieprofielen, dan moet het prestatieprofiel worden geëxtrapoleerd, waarbij:

- de vlieghoogte lineair wordt geëxtrapoleerd (i.e. de stijghoek van het laatste segment van het prestatieprofiel wordt aangehouden);
- de waarde van de stuwkracht (index) en de snelheid constant zijn (gelijk aan de waarde aan het einde van het laatste profielsegment).

*(A4) Bepaling van de afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en de punten  $Z$*

De afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en vliegbaanpunt  $Z$  (voor vliegtuigcategorie  $k$  en klasse  $m$  boven grondpad  $j$ ) kan worden afgeleid uit de vlieghoogte  $h_z$  in punt  $Z$  en de afstand  $sh_z$ . Hierbij is  $sh_z$  de afstand tussen het berekeningspunt en het punt  $F$  op het grondpad, dat hoort bij vliegbaanpunt  $Z$ . Met toepassing van de stelling van Pythagoras wordt  $s_z$  berekend uit  $h_z$  en  $sh_z$ .

*(A5) Bepaling laterale geluidsverzwakking in berekeningspunt bij passage in de punten  $Z$*

De Laterale Geluidverzwakking ( $LGV_z$ ) is een correctie op het geluidsniveau die afhankelijk is van de afstand  $s_z$ , de elevatiehoek  $\beta_z$  en de afschermende werking van vliegtuigdelen. Het laatste effect wordt uitgedrukt in een afschermingsfactor  $q$ , die (afhankelijk van de vliegtuigcategorie) de waarde 0 of 1 heeft. De elevatiehoek  $\beta_z$  wordt afgeleid uit  $sh_z$  en  $h_z$ .

*(A6) Bepaling van het gecorrigeerde momentane geluidsniveau in het berekeningspunt als gevolg van een vliegtuigpassage in de punten  $Z$*

Het momentane geluidsniveau ( $LA_z$ ) is het geluidsniveau dat in een berekeningspunt wordt waargenomen, indien een vliegtuig, behorend tot categorie  $k$ , een vlucht uitvoert volgens procedure  $m$  boven grondpad  $j$  en zich bevindt in punt  $Z$  van de vliegbaan. Het geluidsniveau is gecorrigeerd met de LGV. Voor elk punt  $Z$  wordt het niet-gecorrigeerde momentane geluidsniveau ( $LA'_z$ ) afgeleid uit de geluidstabellen van de Appendices, op basis van de afstand  $s$  tussen het berekeningspunt en het vliegbaanpunt  $Z$  en de motorstuwkracht  $T$ . De correctie van het geluidsniveau vindt plaats door de LGV in mindering te brengen.

Bij de afleiding van geluidswaarden uit de tabellen in de Appendices is veelal interpolatie of extrapolatie noodzakelijk. Interpolatie op basis van zowel de logaritme van de afstand als de motorstuwkracht dient lineair plaats te vinden. Indien de berekende  $\log(\text{afstand})$  of stuwkracht of zowel de  $\log(\text{afstand})$  als de stuwkracht buiten de van toepassing zijnde geluidstabel in de Appendices valt (vallen), dan wordt lineair geëxtrapoleerd op basis van de twee waarden van de  $\log(\text{afstand})$ , dan wel de stuwkracht, die het dichtst liggen bij de waarden van de  $\log(\text{afstand})$ , respectievelijk de stuwkracht, waarvoor het geluidsniveau moet worden berekend, en de bijbehorende geluidsniveaus uit de tabel.

*(A7) Bepaling van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau ( $LAX_{jkm}$ ) in het berekeningspunt*

Uit alle (gecorrigeerde) momentane geluidsniveaus in de punten Z op de vliegbaan wordt voor iedere vliegtuigpassage het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau berekend in een berekeningspunt (LAX). Voor alle integratiestappen van de vliegbaan worden de momentane geluidsniveaus  $LA_z$  numeriek geïntegreerd over het tijdsinterval  $\Delta t$ . Voor een passage van één vliegtuig, behorende tot categorie k, volgens vliegprocedure m en langs grondpad j worden de stappen A1 t/m A6 apart uitgevoerd. Uiteindelijk leidt dit dus tot een berekend tijdsgeïntegreerd geluidsniveau in een berekeningspunt met dimensies j, k en m ( $LAX_{jkm}$ ).

**B. Berekening hindersom**

De totale hindersom ( $H_{den}$ ) in een berekeningspunt is de sommatie van hindersombijdragen voor alle combinaties van vliegtuigcategorieën k, procedures m en grondpaden j. Deze kan worden berekend in drie stappen, te weten

- B1. Bepalen van het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar per grondpad, gecorrigeerd voor de etmaalperiode.
- B2. Berekenen hindersombijdrage ten gevolge van het aantal vliegtuigpassages van categorie k en volgens procedure m, die een grondpad j volgen.
- B3. Berekenen hindersom.

*(B1) Bepalen van het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar, gecorrigeerd voor de etmaalperiode*

Voor iedere combinatie van vliegtuigcategorie k, procedure m en grondpad j wordt het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar vastgesteld. Daarbij geldt voor de dagperiode (7:00 - 19:00) een correctiefactor 1, voor de avondperiode (19:00 - 23:00) een correctiefactor  $\sqrt{10}$  en voor de nachtperiode (23:00 - 7:00) een correctiefactor 10.

*(B2) Berekenen hindersombijdrage*

De hindersombijdrage in een berekeningspunt wordt berekend met behulp van het tijdgeïntegreerde geluidsniveau ten gevolge van de passage van een vliegtuig behorend tot de verzameling km (categorie k en procedure m), langs grondpad j en het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar van de verzameling km langs het grondpad j.

*(B3) Berekenen hindersom*

De hindersom ( $H_{den}$ ) in een berekeningspunt wordt berekend door alle hindersombijdragen in dat punt, ten gevolge van alle combinaties van vliegtuigcategorieën k, procedures m en grondpaden j, te sommeren.

**C. Berekening geluidbelasting**

De geluidbelasting in een berekeningspunt wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{den} = 10 \cdot \log(H_{den}) - 74.99$$

### 3. Validatie berekening geluidbelasting met $L_{den}$ -tool

#### 3.1 Inleiding

De wijze waarop de geluidsberekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden gemaakt, moet voldoen aan de beschrijvingen in het berekeningsvoorschrift. De validatie van de  $L_{den}$ -tool is erop gericht vast te stellen of de  $L_{den}$ -tool daadwerkelijk aan het berekeningsvoorschrift voldoet.

Door het NLR is een aantal testberekeningen uitgevoerd met het geluidsmodel dat de rekenkern vormt van de  $L_{den}$ -tool. Deze testberekeningen zijn in 2011 uitgevoerd met versie 2.0 van de  $L_{den}$  tool<sup>3</sup>. De testberekeningen zijn nog steeds relevant aangezien ze betrekking hebben op delen van het voorschrift die niet zijn gewijzigd.

Er zijn 2 sets van 6 testberekeningen gemaakt waarbij telkens de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt is berekend. Daarbij zijn door het NLR alle tussenresultaten van de 12 testberekeningen beschikbaar gemaakt. Het gaat hier om tussenresultaten voor alle punten Z die worden vastgesteld bij het doorrekenen van de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt.

De testberekeningen hebben alleen betrekking op de validatie van het gedeelte van het rekenmodel voor de berekening van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX). De validatie van dit deel van het rekenmodel is het meest complex. De validatie van de berekening van de hindersondergrens en de berekening van de uiteindelijke  $L_{den}$ -geluidbelasting is relatief eenvoudig en heeft plaatsgevonden op basis van een aantal additionele testberekeningen met de volledige  $L_{den}$ -tool.

Ten behoeve van de validatie van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau is door VLB, op basis van het berekeningsvoorschrift, een spreadsheet ontwikkeld waarmee de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt wordt berekend. In de spreadsheet kan de invoer voor een berekening worden ingevoerd, op grond waarvan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) voor de betreffende vliegtuigbeweging in het betreffende berekeningspunt wordt berekend. Het gaat om de volgende invoer:

- Prestatieprofiel voor de beschouwde vliegtuigcategorie (k) en procedure (m).
- Ligging grondpad (j) in termen van zogenaamde routepunten.
- Ligging berekeningspunt (x- en y-coördinaat).
- Afschermingsfactor q (0 of 1) voor beschouwde vliegtuigcategorie (k).
- Geluidstabel voor beschouwde vliegtuigcategorie (k).

In de spreadsheet worden alle tussenresultaten voor de punten Z berekend en vastgelegd. De berekende tussenresultaten worden vergeleken met de door het NLR berekende

---

<sup>3</sup> Een deel van de testberekeningen is herhaald met versie 3.2 van de Lden tool waarbij is vastgesteld dat resultaten van beide versies (2.0 en 3.2) niet van elkaar afwijken.



tussenresultaten. Met behulp van de spreadsheet kan dus in groot detail worden nagegaan in hoeverre de NLR rekenkern (zoals opgenomen in de  $L_{den}$ -tool) voldoet aan het berekeningsvoorschrift.

In paragraaf 3.2 wordt nader ingegaan op de specificatie van de 12 testberekeningen. Paragraaf 3.3 gaat in op de vergelijking van de NLR resultaten en de resultaten van de controleberekeningen. In paragraaf 3.4 wordt ingegaan op de validatie van de berekening van de uiteindelijke  $L_{den}$ -geluidbelasting. Een samenvatting van de belangrijkste conclusies wordt gegeven in paragraaf 3.5.

### 3.2 Testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de 2 sets van 6 testberekening die in het kader van de validatie van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau zijn uitgevoerd. De testberekeningen in de eerste set (i.e. set A) zijn het eerst gemaakt en hebben alle betrekking op vliegbewegingen met klein verkeer (categorie 002 of 003) op de luchthaven Texel.

**Tabel 3.1 Overzicht testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau**

Run	Vliegveld	Categorie	Procedure	Baan	Route	Tijdsstap
<b>Set A</b>						
Run A1	Texel	002	Start	04	0010	2.0 sec.
Run A2	Texel	002	Landing	04	0020	2.0 sec.
Run A3	Texel	002	Start	04	0012 (para)	2.0 sec.
Run A4	Texel	003	Start	22	0018	2.0 sec.
Run A5	Texel	003	Landing	22	0025	2.0 sec.
Run A6	Texel	003	Landing	22	0025	2.0 sec.
<b>Set B</b>						
Run B1	Texel	002	Start	04	0010	0.1 sec.
Run B2	Texel	002	Landing	04	0020	0.1 sec.
Run B3	Lelystad	069	0500	23	RWYH	2.0 sec.
Run B4	Lelystad	069	1000	05	STIN	2.0 sec.
Run B5	Lelystad	069	0500	23	RWYH	2.0 sec.
Run B6	Lelystad	011	1000	05	STIN	2.0 sec.

Met de testberekeningen in set A waren een aantal aspecten van de berekening van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau niet afgedekt, te weten:

- Het werken met prestatieprofielen waarbij de motorstuwkracht niet is uitgedrukt in een thrustindex, en waarbij volgens het rekenvoorschrift in de geluidstabel een dubbele interpolatie moet plaatsvinden (i.e. over motorstuwkracht en afstand)
- Het extrapoleren van prestatieprofielen en geluidstabellen.

- Het rekenen met een situatie waarbij er wel sprake is van afscherming (van invloed op de berekenende LGV).
- Het rekenen met een tijdstap van 0,1 seconden (in plaats van 2 seconden) voor berekeningen in handhavingspunten.

Een tweede set (i.e. set B) van 6 testberekeningen is gedefinieerd en uitgevoerd, waarin bovengenoemde aspecten wel zijn meegenomen. Daarnaast zijn in set B ook testberekeningen voor het groot verkeer opgenomen.

In bijlage A wordt voor de 12 testberekeningen een overzicht gegeven van de ligging van de routes en de ligging van de berekeningspunten.

### 3.3 Vergelijking resultaten testberekeningen

In eerste instantie zijn de tussenresultaten van de testberekening zoals opgeleverd door het NLR, vergeleken met de tussenresultaten van de implementatie van het berekeningsvoorschrift in de spreadsheet. Hierbij is achtereenvolgens voor alle punten Z naar de volgende tussenresultaten gekeken:

1. Tijdsinterval  $\Delta t_z$  en afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ ).
2. Ligging punten F behorend bij de punten Z.
3. Vlieghoogte  $h_z$  en motorstuwkracht  $T_{I_z}$ .
4. Afstand  $s_z$  tussen berekeningspunt en punten Z.
5. Laterale geluidsverzwakking (LGV<sub>z</sub>).
6. Momentane geluidsniveau (LA<sub>z</sub>).
7. Hindersombijdrage van LA<sub>z</sub> aan tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX).

De tussenresultaten zoals berekend door het NLR zijn stap voor stap vergeleken met de resultaten die berekend zijn in de spreadsheet. Onderstaand wordt ingegaan op de wijze waarop, op grond van het berekeningsvoorschrift, de verschillende stappen zijn geïmplementeerd in de spreadsheet.

#### *(1). Tijdsinterval $\Delta t_z$ en afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ )*

In principe geldt voor  $\Delta t$  een waarde van 2 of 0,1 seconde. Indien binnen de integratiestap echter een segmentovergang plaatsvindt in het prestatieprofiel, wordt de lengte van de integratiestap aangepast, zodanig dat de integratiestap eindigt ter plekke van de segmentovergang in het prestatieprofiel. In de eerste stap in de spreadsheet is, op grond van de gegevens in het prestatieprofiel, de waarde voor  $\Delta t$  vastgesteld voor de laatste integratiestap binnen ieder segment van het prestatieprofiel. Daarbij is direct vastgesteld voor welke punten Z (genummerd vanaf het begin van de vliegbaan) een afwijkende waarde voor  $\Delta t$  geldt.

Op basis van de vastgestelde waarden voor  $\Delta t_z$  en de snelheden in het prestatieprofiel is voor ieder punt Z de afgelegde weg tot het einde van iedere integratiestap vastgesteld.

(2). *Ligging punten F behorend bij de punten Z*

De punten Z van de vliegbaan zijn de punten in het midden van een segment dat behoort bij een integratiestap. De punten Z bevinden zich altijd loodrecht boven het grondpad, en het punt  $F_z$  is het snijpunt van het grondpad met de loodlijn vanuit het bijbehorende punt Z.

Voor de vaststelling van de ligging van de punten F (in termen van X- en Y-coördinaat) moet gebruik worden gemaakt van de ligging van het grondpad. De ligging van het grondpad (of route) is invoer voor het rekenmodel (en ook voor de spreadsheet), en is gespecificeerd in termen van routepunten. Het NLR heeft routepunten om de 100 m gedefinieerd. Aangezien geen additionele informatie beschikbaar is gemaakt, is er in de controleberekening vanuit gegaan dat de route is opgebouwd uit rechte lijnstukken (aangeduid als routesegmenten) tussen de opgegeven routepunten. Dit geldt ook voor routesegmenten gelegen in een bocht. Door het NLR is echter aangegeven dat zij een spline trekt door de routepunten. Voor rechte delen van routes ontstaan door het trekken van een spline kleine (insignificante) afwijkingen t.o.v. het rechte routeverloop. Het verschil tussen het NLR en de controleberekening voor wat betreft de ligging van de punten Z wordt geïllustreerd in figuur 3.1. De figuur heeft betrekking op de ligging van de punten Z op een deel van de route in testberekening B2. Te zien is dat de ligging van de punten Z in de controleberekening een knik te zien geven. Dit heeft te maken met de aanname dat de routesegmenten rechte lijnstukken zijn. Duidelijk is dat de ligging van de punten Z zoals door het NLR aangehouden een betere representatie te zien geeft van een werkelijke vliegroute. Hierbij wordt wel aangetekend dat in het berekeningsvoorschrift op dit punt niets is vastgelegd, en dat er op dit punt dus interpretatieruimte is.

**Figuur 3.1. Ligging punten Z in NLR- en controleberekening voor deel van route in testberekening B2.**



### *(3). Vlieghoogte $h_z$ en motorstuwkracht $TI_z$*

De tussenresultaten m.b.t. vlieghoogte  $h_z$  en motorstuwkracht  $TI_z$  zijn in de spreadsheet berekend op grond van de waarden voor  $w_z$  zoals vastgesteld door het NLR en het prestatieprofiel. Hierdoor is expliciet nagegaan of deze rekenstap wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift (i.e. afwijkingen zijn niet te wijten aan eventuele afwijkingen in  $w_z$  zoals vastgesteld in stap 1).

### *(4). Afstand $s_z$ tussen berekeningspunt en punten Z*

De tussenresultaten m.b.t. de afstand  $s_z$  zijn in de spreadsheet berekend op grond van de ligging van de punten Z zoals vastgesteld door het NLR. Hierdoor is expliciet nagegaan of deze rekenstap wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift. Afwijkingen zijn dus niet te wijten aan eventuele afwijkingen in de ligging van de punten Z zoals vastgesteld in stap 2 (X- en Y-coördinaat per punt Z) of stap 3 (vlieghoogte per punt Z).

In de spreadsheet is in eerste instantie de afstand  $sh_z$  tussen het berekeningspunt en de punten F berekend. De afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en de punten Z is vervolgens afgeleid uit de vlieghoogte  $h_z$  en de afstand  $sh_z$  (Pythagoras).

### *(5). Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )*

In eerste instantie is conform het berekeningsvoorschrift in de spreadsheet de elevatiehoek  $\beta_z$  afgeleid uit  $sh_z$  en  $h_z$ . Hierbij is gebruik gemaakt van  $sh_z$  en  $h_z$  zoals door het NLR vastgesteld zodat het resultaat van deze rekenstap afzonderlijk wordt getest. De  $LGV_z$  is in de spreadsheet conform het berekeningsvoorschrift afgeleid uit  $s_z$  en  $\beta_z$ .

### *(6). Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )*

Het momentane geluidsniveau ( $LA_z$ ) is het geluidsniveau dat in een berekeningspunt wordt waargenomen, indien een vliegtuig zich bevindt in punt Z van de vliegbaan. Het geluidsniveau is gecorrigeerd met de LGV. Voor elk punt Z wordt het niet-gecorrigeerde momentane geluidsniveau ( $LA'_z$ ) afgeleid uit de geluidstabellen van de Appendices, op basis van de afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en het vliegbaanpunt Z en de motorstuwkracht  $TI_z$ . In de spreadsheet is voor de afleiding van  $LA'_z$  gebruik gemaakt van  $s_z$  en  $TI_z$  zoals door het NLR vastgesteld, zodat het resultaat van deze rekenstap afzonderlijk wordt getest. Voor het vaststellen van  $LA'_z$  zijn in de spreadsheet de interpolatie- en extrapolatieprocedures in de geluidstabel, zoals opgenomen in het berekeningsvoorschrift, geïmplementeerd.

### *(7). Hindersombijdrage van $LA_z$ aan tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX)*

Door het NLR is per punt Z verder de volgende uitvoer gegenereerd:

- De hindersombijdrage van  $LA_z$  aan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (uitgaande van een referentieperiode van 1 seconde). In de formule voor de bepaling van LAX is dit de term:  $10^{(LA_z / 10)}$ . In de uitvoer van het NLR model wordt deze bijdrage per punt Z aangeduid als  $HS_z$ .
- De cumulatieve hindersombijdrage van  $LA_z$  aan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau. In de formule voor de bepaling van LAX is dit de term:  $\sum_z \Delta t \cdot 10^{(LA_z / 10)}$ . Hierbij gaat het in ieder punt Z om de hindersombijdrage van het betreffende punt Z en alle punten Z tussen het begin van het grondpad en het betreffende punt Z. Door het NLR wordt deze cumulatieve hindersombijdrage aangeduid als  $HSsom_z$ .

In de spreadsheet zijn  $HS_z$  en  $HSsom_z$  bepaald op basis van de  $LA_z$  die volgt uit stap 6. Voor de berekening van  $HSsom_z$  is gebruik gemaakt van  $\Delta t_z$  zoals bepaald door het NLR.

## Resultaten

Voor de verschillende testberekeningen zijn de tussenresultaten van de controleberekening vergeleken met de tussenresultaten berekend door het NLR. In tabel 3.2 is voor de verschillende tussenresultaten het maximale verschil (in enig punt Z) tussen de NLR berekening en de controleberekening weergegeven. Daarnaast is ook het aantal punten Z weergegeven dat voor de verschillende testberekeningen is vastgesteld.

Uit tabel 3.2 is het volgende op te maken:

- De maximale verschillen die worden gevonden zijn over het algemeen zeer klein en hebben veelal te maken met zaken als afronding, het rekenen op een ander platform e.d.
- In een aantal testberekeningen worden voor de ligging van de punten Z (x- en y-coördinaat) verschillen gevonden die enige significantie hebben. Zoals te zien, bedraagt de afwijking van de ligging van de X- of Y-coördinaten maximaal ongeveer 5 á 6 meter. De afwijkingen vinden alleen plaats in runs waarin sprake is van een gebogen route (i.e. runs A1 t/m A6 en B1/B2 - zie ook bijlage A). De verschillen hebben rechtstreeks te maken met het feit dat in de controleberekening de routesegmenten van 100 m zijn geïnterpreteerd als rechte lijnstukken terwijl het NLR een spline trekt door de routepunten (zie ook figuur 3.1). Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat in het berekeningsvoorschrift op dit punt geen voorgeschreven procedure is opgenomen. Overigens zijn de gevonden afwijkingen voor de ligging van de punten Z niet van significante invloed op het uiteindelijk berekende geïntegreerd geluidsniveau (zie tabel 3.3).

**Tabel 3.2. Maximaal verschil in enig punt Z tussen controleberekening en NLR berekening voor verschillende tussenresultaten.**

	eenheid	Runs set A					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Aantal punten Z	--	116	156	86	152	134	134
Maximale verschil tussenresultaten							
Vliegtijd per integratiestap ( $\Delta t_z$ )	seconde	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Afstand $W_z$ tussen begin grondpad en $F_z$	meter	0.11	0.31	0.35	0.07	0.09	0.09
Ligging punten Z: X-coördinaat	meter	4.07	4.49	6.51	4.99	5.28	5.28
Ligging punten Z: Y-coördinaat	meter	3.34	4.79	4.20	2.69	4.10	4.10
Vlieghoogte $h_z$	meter	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.04
Motorstuwkracht ( $T_{Iz}$ )	index	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afstand $S_z$ tussen berekeningpunt en punt Z	meter	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Elevatiehoek $\beta_z$	rad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.02%	0.06%	0.02%	0.02%	0.05%	0.07%
Cumulatieve hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.09%	0.19%	0.08%	0.18%	0.10%	0.09%
	eenheid	Runs set B					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Aantal punten Z	--	2277	3099	59	66	124	118
Maximale verschil tussenresultaten							
Vliegtijd per integratiestap ( $\Delta t_z$ )	seconde	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Afstand $W_z$ tussen begin grondpad en $F_z$	meter	0.15	0.33	0.00	0.02	0.02	0.03
Ligging punten Z: X-coördinaat	meter	4.84	4.10	0.04	0.06	0.08	0.07
Ligging punten Z: Y-coördinaat	meter	4.12	3.29	0.15	0.13	0.12	0.13
Vlieghoogte $h_z$	meter	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02
Motorstuwkracht ( $T_{Iz}$ )	index	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00
Afstand $S_z$ tussen berekeningpunt en punt Z	meter	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Elevatiehoek $\beta_z$	rad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.11%	0.23%	0.09%	0.12%	0.11%	0.09%
Cumulatieve hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.01%	0.04%	0.06%	0.03%	0.01%	0.02%

In een volgende stap in de validatie is getoetst in hoeverre de zeer kleine verschillen in de afzonderlijke rekenstappen van invloed zijn op het uiteindelijke berekende tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX). Hiervoor is een aparte versie van de spreadsheet gemaakt, waarin de rekenstappen niet meer afzonderlijk worden getoetst (met gebruikmaking van NLR tussenresultaten die in eerdere stappen al zijn getoetst), maar waarin de gehele berekening is gebaseerd op de tussenresultaten van de controleberekening zelf. In tabel 3.3 wordt hierbij een

vergelijking gemaakt tussen het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) afgeleid uit de HSsom zoals berekend door het NLR en de HSsom zoals vastgesteld in de controleberekening. Uit tabel 3 is op te maken dat de verschillen minimaal zijn (maximaal ongeveer 0.02 dB(A) voor testberekening A2).

**Tabel 3.3. Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) voor verschillende testberekeningen (resultaat NLR versus resultaat controleberekening).**

Run	1. NLR	2. Controleberekening	Vershil (1 minus 2)
<b>Set A</b>			
Run A1	79.5168	79.5095	+0.0073
Run A2	69.8543	69.8344	+0.0199
Run A3	88.4334	88.4458	-0.0125
Run A4	85.9849	85.9802	+0.0047
Run A5	77.4075	77.4079	-0.0004
Run A6	67.7628	67.7593	+0.0035
<b>Set B</b>			
Run B1	79.5254	79.5138	0.011641
Run B2	68.8172	68.8040	0.013228
Run B3	87.8232	87.8232	-0.000023
Run B4	88.5692	88.5688	0.000410
Run B5	44.8381	44.8381	0.000003
Run B6	82.6506	82.6504	0.000247

### 3.4 Validatie berekening $L_{den}$ -geluidbelasting

In de vorige paragraaf is aan de hand van de met de spreadsheet uitgevoerde controleberekeningen aangetoond dat de vaststelling van de hindersombijdrage van afzonderlijke traffic regels in een berekeningspunt in de  $L_{den}$ -tool plaats vindt conform het berekeningsvoorschrift. Als onderdeel van de validatie is aan de hand van de  $L_{den}$ -tool vervolgens nagegaan of de  $L_{den}$ -geluidbelasting in de handhavingspunten kan worden afgeleid uit de berekende hindersombijdragen van de verschillende traffic regels. De hindersombijdragen van traffic regels voor de verschillende handhavingspunten worden in de  $L_{den}$ -tool weggeschreven naar het bestand traffic.dbf. Voor alle handhavingspunten wordt de optelling van de hindersombijdragen over de traffic regels gepresenteerd in de schil van de  $L_{den}$ -tool. De optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom (rechtstreekse optelling) verloopt correct. Vervolgens is nagegaan of de vertaalslag van de hindersom ( $H_{den}$ ) naar de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) correct plaatsvindt. Conform het berekeningsvoorschrift dient deze vertaalslag plaats te vinden met de formule:  $L_{den} = 10^{*10} \log(H_{den}) - 74.99$ . Aan de hand van een aantal testberekeningen met de  $L_{den}$ -tool is vastgesteld is dat deze vertaalslag correct plaatsvindt.

### 3.5 Conclusies

De belangrijkste conclusies van de validatie zijn onderstaand samengevat.

1. Met de uitgevoerde testberekeningen zijn alle aspecten van de in het berekeningsvoorschrift vastgelegde berekeningswijze van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau gevalideerd. Over het algemeen is het berekeningsvoorschrift voor wat betreft de berekening van de geluidbelasting in berekeningspunten eenduidig. Alleen voor de ligging van de punten Z (X- en Y-coördinaten) en de afstand  $s_z$  tot het berekeningspunt worden in een aantal testberekeningen afwijkingen gevonden.
2. Voor de ligging van de X- of Y-coördinaten van de punten Z bedraagt de maximale afwijking tussen de NLR uitkomst en de controleberekening ongeveer 5 m. De afwijkingen vinden alleen plaats in runs waarin sprake is van een gebogen route. De verschillen hebben rechtstreeks te maken met het feit dat in de controleberekening de routesegmenten van 100 m zijn geïnterpreteerd als rechte lijnstukken terwijl het NLR een spline trekt door de routepunten. De ligging van de punten Z zoals door het NLR aangehouden geven in bochten een goede representatie van een werkelijke vliegroute (zie figuur 3.1). De gevonden verschillen voor de ligging van de punten Z tussen de NLR berekeningen en de controleberekeningen zijn niet van significante invloed op het uiteindelijk berekende geïntegreerd geluidsniveau van een vliegtuigbeweging. Verder is van belang dat op dit punt in het berekeningsvoorschrift geen voorgeschreven procedure opgenomen. Er is dus geen 'standaard' waar aan moet worden voldaan.
3. De optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom en de vertaalslag van deze totale hindersom naar de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) worden in de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.





## 4. Validatie berekende geluidbelasting met $L_{den}$ tool voor omzettingsbesluit

### 4.1 Overzicht uitgevoerde validatieberekeningen

In de afgelopen jaren zijn met de  $L_{den}$ -tool voor een aantal luchthavens in Nederland berekeningen uitgevoerd in kader van te nemen omzettings- en luchthavenbesluiten. Het gaat hier zowel om luchthavens met alleen klein verkeer als luchthavens met groot en klein verkeer. Hierbij is van belang dat voor groot verkeer met deelroutes wordt gerekend.

Ten einde vast te stellen of de geluidbelasting in het kader van formele besluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift, is een aantal validatieberekeningen uitgevoerd. De validatieberekeningen hebben betrekking op het omzettingsbesluit van de luchthaven Eelde waarbij zowel validatieberekeningen met betrekking tot groot als klein verkeer zijn uitgevoerd. Een overzicht van de validatieberekeningen wordt gegeven in tabel 4.1. Te zien is dat er 2 validatieberekeningen met betrekking tot klein verkeer (categorie 001 en 002) zijn uitgevoerd en 1 berekening met betrekking tot groot verkeer (categorie 469). Verder is te zien dat in de validatieberekeningen gekeken is naar de berekende geluidbelasting voor een deel van de wettelijk voorgeschreven 100 m handhavingspunten voor Eelde (HH\_05, HH\_01 en HH\_23).

**Tabel 4.1 Overzicht validatieberekeningen in relatie tot omzettingsbesluit Eelde.**

Run	Vliegveld	Categorie	Procedure	Baan	Route	Deelroutes	Punt
C1	Eelde	001	108	23	ROMEO	1	HH_05
C2	Eelde	002	001	01	UNIFORM	1	HH_01
C3	Eelde	469	1000	23	823	81	HH_23

De validatieberekeningen zijn zowel uitgevoerd met de laatste versie van de NLR standalone rekenkern (dit is de rekenkern die is opgenomen in versie 3.2 van de  $L_{den}$ -tool) als met de door VLB ontwikkelde spreadsheet (wederom aangeduid als 'controleberekeningen'). De resultaten zijn vergeleken met het rekenresultaat van de officiële berekeningen die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde. Daarnaast is voor de validatieberekening met deelroutes (run C3) een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van de berekening voor individuele deelroutes van de NLR rekenkern en de spreadsheetberekening.

In bijlage A wordt voor de 3 validatieberekeningen een overzicht gegeven van de ligging van de routes en de ligging van de handhavingspunten. Voor run C3 wordt met deelroutes -40 en 40 het spreidingsgebied weergegeven en wordt tevens de nominale route (deelroute 0) weergegeven.

### 4.2 Resultaten validatieberekeningen

In tabel 4.2 wordt voor de 3 validatieberekeningen het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) afgeleid uit de HSSom zoals berekend door de NLR standalone rekenkern en de HSSom zoals

vastgesteld in de controleberekening. Dit resultaat wordt vergeleken met het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau afgeleid uit de resultaten van berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde. Hierbij is gebruik gemaakt van het bestand traffic.dbf waarin voor de handhavingpunten de HSsom per traffic regel wordt weggeschreven. De 3 validatieberekeningen hebben alle betrekking op 1 traffic regel. De HSsom voor de in de validatieberekeningen beschouwde handhavingpunten uit het bestand traffic.dbf is gedeeld door het aantal 'movements' dat ook is opgenomen in traffic.dbf om de vergelijking van de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging (zoals berekend met de NLR standalone rekenkern en de controleberekening) te kunnen maken.

Te zien is in tabel 4.2 dat de verschillen die worden gevonden over het algemeen zeer klein zijn. Hierbij geldt dat er ook zeer kleine verschillen zijn tussen de resultaten van de omzettingsbesluit-berekening (berekend met de NLR rekenkern als integraal onderdeel van de  $L_{den}$  tool) en de NLR standalone rekenkern. Deze verschillen hebben te maken met het rekenen op een ander platform. Het maximale verschil tussen de controleberekening en de omzettingsbesluit-berekening bedraagt ongeveer 0.01 dB(A) voor run C3.

**Tabel 4.2 Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) voor validatieberekeningen.**

Run	1.Berekening omzettingsbesluit ( $L_{den}$ tool)	2. NLR standalone rekenkern	3.Controle-berekening	Vershil (1 minus 2)	Vershil (1 minus 3)
C1	69.37	69.37	69.37	0.0002	0.0014
C2	90.38	90.38	90.38	-0.0025	-0.0032
C3	100.34	100.34	100.33	-0.0006	0.0118

In het berekeningsvoorschrift is voorgeschreven dat bij het beschouwen van spreiding per nominale route 3, 9, 27, 81 of 243 deelroutes dienen te worden beschouwd. Het aantal te beschouwen deelroutes is daarbij afhankelijk van een te hanteren nauwkeurigheidscriterium. Op de vraag of in de  $L_{den}$ -tool het nauwkeurigheidscriterium wordt toegepast conform het berekeningsvoorschrift wordt in hoofdstuk 5 van dit rapport ingegaan.

Voor run C3 worden, zoals aangegeven in tabel 4.1, 81 deelroutes beschouwd. In tabel 4.3 worden de rekenresultaten voor deze deelroutes vergeleken tussen de NLR standalone rekenkern en de controleberekening. Voor beide berekeningen worden per deelroute de volgende resultaten getoond:

- De berekende hindersom;
- Het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) op basis van de berekende hindersom;
- De hindersom vermenigvuldigd met de voor een deelroute van toepassing zijnde verkeersfractie.

De verkeersfracties zijn gebaseerd op een normaalverdeling, waarbij de buitenste deelroutes (-40, 40) de kleinste verkeersfractie hebben en de nominale route (deelroute 0) de grootste verkeersfractie heeft. De verkeersfracties over deelroutes tellen uiteraard op tot 1 (zie ook tabel

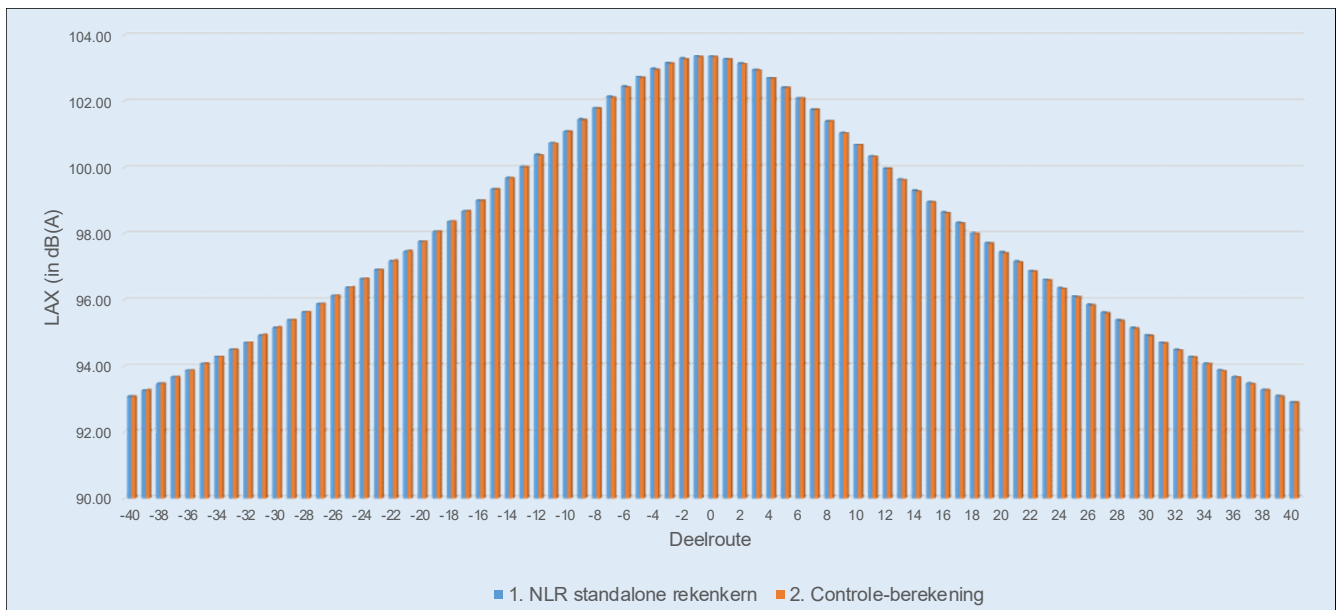
4.3). De wijze waarop aan deelroutes verkeersfracties worden toegekend is niet vastgelegd in het berekeningsvoorschrift en is dan ook niet gevalideerd.

De waarden van de hindersom vermenigvuldigd met de verkeersfractie dienen te worden opgeteld en leiden tot de hindersom voor de betreffende trafficregel. Te zien is in tabel 4.3 dat voor zowel de NLR standalone rekenkern als de controleberekening de totale hindersom  $1.08 \cdot 10^{10}$  bedraagt. Op basis van deze totale hindersom is het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau voor run C3 vastgesteld (zie waarden in tabel in tabel 4.2).

Uit tabel 4.3 is op te maken dat voor alle deelroutes het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) zoals berekend door de NLR standalone rekenkern en de controleberekening zeer goed overeenkomt (maximale verschil 0.03 dB(A)). Dit wordt onderstreept door de grafische vergelijking van de resultaten per deelroute in figuur 4.1.

De conclusie is dus dat ook voor het groot verkeer waar wordt gerekend met deelroutes het resultaat van de berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit, eenduidig kan worden gereproduceerd op basis van een controleberekening.

**Figuur 4.1** Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) per deelroute voor run C3 - NLR standalone rekenkern versus controleberekening.



**Tabel 4.2. Resultaten voor 81 deelroutes run C3 - NLR standalone rekenkern versus controleberekening.**

Deelroute	Hindersom		Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A)		Verschil LAX (1 minus 2) in dB(A)	Verkeersfractie deelroute	Hindersom * verkeersfractie	
	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening			1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening
<b>Totaal</b>						<b>1.0000</b>	<b>1.08E+10</b>	<b>1.08E+10</b>
-40	2.03E+09	2.03E+09	93.09	93.08	0.0008	0.0031	6.35E+06	6.35E+06
-39	2.12E+09	2.13E+09	93.27	93.28	-0.0031	0.0034	7.28E+06	7.28E+06
-38	2.23E+09	2.23E+09	93.47	93.47	0.0004	0.0037	8.34E+06	8.34E+06
-37	2.33E+09	2.33E+09	93.67	93.67	-0.0008	0.0041	9.53E+06	9.53E+06
-36	2.44E+09	2.44E+09	93.87	93.87	-0.0060	0.0045	1.09E+07	1.09E+07
-35	2.55E+09	2.56E+09	94.07	94.08	-0.0112	0.0048	1.24E+07	1.24E+07
-34	2.68E+09	2.69E+09	94.29	94.29	-0.0043	0.0052	1.41E+07	1.41E+07
-33	2.82E+09	2.82E+09	94.50	94.50	-0.0071	0.0057	1.60E+07	1.60E+07
-32	2.96E+09	2.97E+09	94.72	94.73	-0.0088	0.0061	1.82E+07	1.82E+07
-31	3.12E+09	3.12E+09	94.94	94.95	-0.0113	0.0066	2.06E+07	2.06E+07
-30	3.28E+09	3.29E+09	95.16	95.17	-0.0114	0.0071	2.33E+07	2.33E+07
-29	3.47E+09	3.47E+09	95.40	95.40	-0.0068	0.0076	2.63E+07	2.63E+07
-28	3.66E+09	3.67E+09	95.64	95.64	-0.0088	0.0081	2.97E+07	2.98E+07
-27	3.87E+09	3.88E+09	95.88	95.89	-0.0065	0.0087	3.35E+07	3.36E+07
-26	4.10E+09	4.11E+09	96.12	96.13	-0.0101	0.0092	3.77E+07	3.78E+07
-25	4.34E+09	4.36E+09	96.38	96.39	-0.0127	0.0098	4.25E+07	4.26E+07
-24	4.61E+09	4.62E+09	96.64	96.65	-0.0110	0.0104	4.78E+07	4.79E+07
-23	4.92E+09	4.92E+09	96.92	96.92	0.0000	0.0109	5.38E+07	5.38E+07
-22	5.22E+09	5.24E+09	97.18	97.19	-0.0159	0.0115	6.02E+07	6.04E+07
-21	5.58E+09	5.60E+09	97.47	97.48	-0.0129	0.0121	6.76E+07	6.78E+07
-20	5.97E+09	5.98E+09	97.76	97.77	-0.0057	0.0127	7.60E+07	7.61E+07
-19	6.40E+09	6.41E+09	98.06	98.07	-0.0031	0.0133	8.52E+07	8.53E+07
-18	6.87E+09	6.88E+09	98.37	98.37	-0.0065	0.0139	9.55E+07	9.57E+07
-17	7.39E+09	7.39E+09	98.68	98.69	-0.0039	0.0145	1.07E+08	1.07E+08
-16	7.96E+09	7.96E+09	99.01	99.01	-0.0014	0.0151	1.20E+08	1.20E+08
-15	8.60E+09	8.60E+09	99.35	99.35	0.0011	0.0156	1.34E+08	1.34E+08
-14	9.30E+09	9.29E+09	99.68	99.68	0.0026	0.0162	1.50E+08	1.50E+08
-13	1.01E+10	1.01E+10	100.03	100.03	0.0052	0.0167	1.68E+08	1.68E+08
-12	1.09E+10	1.09E+10	100.39	100.37	0.0159	0.0172	1.88E+08	1.87E+08
-11	1.19E+10	1.18E+10	100.74	100.73	0.0058	0.0176	2.09E+08	2.09E+08
-10	1.29E+10	1.28E+10	101.09	101.09	0.0068	0.0181	2.33E+08	2.32E+08
-9	1.40E+10	1.39E+10	101.46	101.44	0.0227	0.0185	2.59E+08	2.57E+08
-8	1.52E+10	1.51E+10	101.81	101.79	0.0160	0.0189	2.86E+08	2.85E+08
-7	1.64E+10	1.63E+10	102.15	102.12	0.0288	0.0192	3.15E+08	3.13E+08
-6	1.76E+10	1.75E+10	102.45	102.43	0.0230	0.0195	3.43E+08	3.41E+08
-5	1.88E+10	1.87E+10	102.74	102.72	0.0269	0.0197	3.71E+08	3.69E+08
-4	1.99E+10	1.98E+10	102.99	102.96	0.0304	0.0199	3.97E+08	3.94E+08
-3	2.07E+10	2.06E+10	103.17	103.15	0.0227	0.0201	4.17E+08	4.15E+08
-2	2.14E+10	2.13E+10	103.30	103.28	0.0219	0.0202	4.33E+08	4.31E+08
-1	2.17E+10	2.16E+10	103.37	103.35	0.0215	0.0203	4.41E+08	4.39E+08
0	2.17E+10	2.16E+10	103.37	103.35	0.0169	0.0203	4.41E+08	4.39E+08
1	2.13E+10	2.13E+10	103.29	103.28	0.0121	0.0203	4.33E+08	4.32E+08
2	2.07E+10	2.06E+10	103.15	103.14	0.0125	0.0202	4.18E+08	4.17E+08
3	1.97E+10	1.97E+10	102.95	102.94	0.0062	0.0201	3.96E+08	3.96E+08
4	1.87E+10	1.86E+10	102.71	102.70	0.0108	0.0199	3.72E+08	3.71E+08
5	1.75E+10	1.74E+10	102.42	102.41	0.0096	0.0197	3.45E+08	3.44E+08
6	1.62E+10	1.62E+10	102.09	102.09	-0.0017	0.0195	3.15E+08	3.15E+08
7	1.50E+10	1.50E+10	101.75	101.75	-0.0011	0.0192	2.87E+08	2.87E+08
8	1.38E+10	1.38E+10	101.40	101.41	-0.0044	0.0189	2.60E+08	2.61E+08
9	1.27E+10	1.27E+10	101.05	101.04	0.0063	0.0185	2.35E+08	2.35E+08
10	1.17E+10	1.17E+10	100.70	100.69	0.0077	0.0181	2.12E+08	2.12E+08
11	1.08E+10	1.08E+10	100.34	100.33	0.0096	0.0176	1.91E+08	1.90E+08
12	9.94E+09	9.94E+09	99.97	99.97	0.0017	0.0172	1.71E+08	1.71E+08
13	9.21E+09	9.18E+09	99.64	99.63	0.0141	0.0167	1.54E+08	1.53E+08
14	8.53E+09	8.49E+09	99.31	99.29	0.0217	0.0162	1.38E+08	1.37E+08
15	7.88E+09	7.87E+09	98.97	98.96	0.0081	0.0156	1.23E+08	1.23E+08
16	7.33E+09	7.29E+09	98.65	98.63	0.0237	0.0151	1.10E+08	1.10E+08
17	6.81E+09	6.79E+09	98.33	98.32	0.0157	0.0145	9.87E+07	9.83E+07
18	6.35E+09	6.33E+09	98.03	98.01	0.0168	0.0139	8.83E+07	8.80E+07
19	5.92E+09	5.90E+09	97.73	97.71	0.0154	0.0133	7.89E+07	7.86E+07
20	5.56E+09	5.52E+09	97.45	97.42	0.0298	0.0127	7.07E+07	7.03E+07

**Tabel 4.2 (vervolg).**

Deelroute	Hindersom		Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A)		Verschil LAX (1 minus 2) in dB(A)	Verkeersfractie deelroute	Hindersom * verkeersfractie	
	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening			1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening
21	5.21E+09	5.18E+09	97.16	97.14	0.0239	0.0121	6.31E+07	6.28E+07
22	4.88E+09	4.86E+09	96.88	96.86	0.0190	0.0115	5.63E+07	5.60E+07
23	4.59E+09	4.57E+09	96.62	96.60	0.0192	0.0109	5.02E+07	5.00E+07
24	4.33E+09	4.31E+09	96.36	96.34	0.0203	0.0104	4.48E+07	4.46E+07
25	4.08E+09	4.06E+09	96.11	96.09	0.0167	0.0098	3.99E+07	3.97E+07
26	3.86E+09	3.84E+09	95.86	95.84	0.0214	0.0092	3.55E+07	3.54E+07
27	3.65E+09	3.63E+09	95.62	95.60	0.0201	0.0087	3.16E+07	3.14E+07
28	3.46E+09	3.44E+09	95.39	95.37	0.0234	0.0081	2.81E+07	2.79E+07
29	3.28E+09	3.27E+09	95.16	95.14	0.0224	0.0076	2.49E+07	2.48E+07
30	3.12E+09	3.10E+09	94.94	94.92	0.0274	0.0071	2.21E+07	2.20E+07
31	2.96E+09	2.95E+09	94.72	94.70	0.0215	0.0066	1.96E+07	1.95E+07
32	2.82E+09	2.81E+09	94.50	94.48	0.0143	0.0061	1.73E+07	1.72E+07
33	2.69E+09	2.67E+09	94.29	94.27	0.0178	0.0057	1.52E+07	1.52E+07
34	2.56E+09	2.55E+09	94.08	94.06	0.0138	0.0052	1.34E+07	1.34E+07
35	2.44E+09	2.43E+09	93.88	93.86	0.0151	0.0048	1.18E+07	1.18E+07
36	2.33E+09	2.32E+09	93.67	93.66	0.0084	0.0045	1.04E+07	1.04E+07
37	2.23E+09	2.22E+09	93.48	93.47	0.0111	0.0041	9.11E+06	9.09E+06
38	2.13E+09	2.13E+09	93.28	93.28	0.0087	0.0037	7.98E+06	7.97E+06
39	2.04E+09	2.04E+09	93.09	93.09	0.0064	0.0034	6.98E+06	6.97E+06
40	1.96E+09	1.95E+09	92.91	92.90	0.0113	0.0031	6.11E+06	6.09E+06



## **5. Valideren van wijzigingen in berekeningsvoorschrift geïmplementeerd in L<sub>den</sub> tool**

### **5.1 Overzicht van wijzigingen**

Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden (stcrt-2012-12507). Deze wijzigingen en aanvullingen hadden betrekking op:

- a. het gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box rond de start/landingsbanen
- b. het baanafhankelijk berekenen van de geluidbelasting in handhavingspunten op 100 m van de baan.
- c. regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices.
- d. het opnemen van een nauwkeurigheidscriterium in het voorschrift op grond waarvan het aantal deelroutes wordt vastgesteld waarmee wordt gerekend.

De vraag is of de wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de L<sub>den</sub>-tool. In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op bovengenoemde 4 wijzigingen. Hierbij wordt eerst het berekeningsvoorschrift in relatie tot een wijziging gegeven, waarna wordt ingegaan op de vraag of er een correcte implementatie in de L<sub>den</sub>-tool heeft plaatsgevonden.

### **5.2 Gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box**

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

In principe wordt in een handhavingsberekening voor een luchthaven met naderingsverkeersleiding gebruik gemaakt van radartracks. De geluidbelasting in een berekeningspunt dat in de nabijheid van een start/landingsbaan ligt wordt echter berekend op basis van gemodelleerde routes. Hiertoe wordt voor iedere start/landingsbaan een gebied gedefinieerd. Dit gebied heeft de vorm van een rechthoek. Het gebied is 300 m breed. De lengte van het gebied is de lengte van de start/landingsbaan plus een lengte van 1000 m in het verlengde van de baan aan weerszijde.

De geluidbelasting in de berekeningspunten binnen (of op de lijn van) de gedefinieerde rechthoek (ook wel aangeduid als box) dient dus altijd berekend te worden op basis van gemodelleerde routes. Voor de berekening van de geluidbelasting in de berekeningspunten buiten de gedefinieerde rechthoek moet in een handhavingsberekening gebruik worden gemaakt van beschikbare radartracks.

*Resultaten validatie*

Diverse validatietesten zijn uitgevoerd voor de luchthaven Rotterdam. Geconstateerd is dat voor de handhavingspunten gelegen op 100 m van het einde van de baan (gelegen binnen de box)



de geluidbelasting wordt bepaald op basis van gemodelleerde routes. Voor handhavingspunten buiten de box wordt de geluidbelasting bepaald op basis van radartracks.

De resultaten voor 20 vliegtuigbewegingen is weergegeven in tabel 5.1. Ieder van de 20 vliegtuigbewegingen is 2 maal doorgerekend in een handavingsberekening, waarbij in één geval er een radartrack beschikbaar was en in één geval niet. In tabel 5.1 is te zien dat de resultaten voor de berekeningspunten binnen de box identiek zijn voor dezelfde beweging met en zonder radartrack. Dit aangezien er ondanks de aanwezigheid van de radartrack in één van de 2 trafficregels in beide gevallen van de modelroutes gebruik wordt gemaakt. Voor de handhavingspunten buiten de box daarentegen is er een verschil tussen de geluidbelasting voor eenzelfde vliegtuigbeweging met en zonder radartrack. Dit is correct. In de ene traffic regel wordt gerekend met de modelroute (aangezien er geen radartrack aanwezig is), en in de andere traffic regel wordt gerekend op basis van de beschikbare radartrack.

### **5.3 Geluidbelasting in handhavingspunten baanafhankelijk**

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

Voor de handhavingspunten op 100 m in het verlengde van een start/ladingsbaan geldt dat de geluidbelasting is gekoppeld aan de betreffende start/landingsbaan. Alleen het verkeer van en naar de betreffende start/landingsbaan wordt dus meegenomen bij het berekenen van de geluidbelasting in dit type handhavingspunt. Dit zowel bij het vaststellen van een grenswaarde (geluidbelastingsberekening) als bij het handhaven van de grenswaarde (handavingsberekening).

De geluidbelasting in alle overige handhavingspunten en in alle netwerkpunten wordt berekend op basis van het verkeer op alle start/landingsbanen op een luchthaven.

*Resultaten validatie*

De rekenresultaten van omzettingsbesluiten voor diverse luchthavens met meer dan 1 start/ladingsbaan zijn bekeken. Vastgesteld is dat:

- In de omzettingsbesluiten genomen vóór 1 juli 2012 (luchthavens Teuge en Terlet) is de geluidbelasting voor de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van het verkeer op alle banen. Dit is conform het rekenvoorschrift dat van kracht was vóór 1 juli 2012.
- Voor luchthavens waarvoor het omzettingsbesluit is genomen op of na 1 juli 2012 (luchthavens Eelde, Hilversum, en Texel) is de geluidbelasting voor de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van alleen het verkeer op de baan waar een handhavingspunt aan is gekoppeld (i.e. verkeer op baan X en X+18). Dit is dus conform het meest recente rekenvoorschrift dat geldt vanaf 1 juli 2012. Ook in handavingsberekeningen voor deze luchthavens wordt de geluidbelasting in de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van alleen het verkeer op de baan waar een handhavingspunt aan is gekoppeld.

**Tabel 5.1 Berekening geluidbelasting van traffic regels voor handhavingpunten binnen en buiten de box (met en zonder beschikbare radartracks)**

NR	FLIGHTDATE	FLIGHTTIME	RUNWAY	REGISTR	ICAOCAT	FLIGHTTYPE	CAT	ROUTE	ROUTEM	ROUTETYPE	FLIGHTPROC	HH06	HH24	PUNT_3	PUNT_4	PUNT_5	PUNT_6
												Binnen Box			Buiten Box		
1	07/11/2014	16:44	24	V11	GLF4	S	070	AND1B-B	AND1B-B	M	0500	775912.1	1061972.4	3654.7	6530.8	160749.9	21732.8
	07/11/2014	16:44	24	V11	GLF4	S	070	4921358	AND1B-B	T	0500	775912.1	1061972.4	1160.0	7386.6	127568.8	39163.2
2	07/11/2014	17:20	24	PHHSE	B738	L	469	LAN	LAN	M	1000	398271.7	11028981.0	355334.3	31240.4	510.1	6.2
	07/11/2014	17:20	24	PHHSE	B738	L	469	4921453	LAN	T	1000	398271.7	11028981.0	281134.6	36095.5	934.5	6371.3
3	07/11/2014	17:24	24	EIRJC	RJ85	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	17:24	24	EIRJC	RJ85	L	074	4921459	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	220552.2	20393.5	406.4	5.8
4	07/11/2014	18:05	24	EIRJC	RJ85	S	074	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	5758306.0	6690391.5	56.0	9308.8	405896.7	46726.1
	07/11/2014	18:05	24	EIRJC	RJ85	S	074	4921519	RFS1B-C	T	0500	5758306.0	6690391.5	68.2	12129.6	456779.2	59946.7
5	07/11/2014	18:12	24	GLCYF	E170	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	18:12	24	GLCYF	E170	L	074	4921539	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	204689.8	23478.0	406.5	4.4
6	07/11/2014	18:14	24	PHHSE	B738	S	469	WDY1B-C	WDY1B-C	M	0501	9525487.0	3734424.0	96.8	8971.6	553187.6	94185.1
	07/11/2014	18:14	24	PHHSE	B738	S	469	4921545	WDY1B-C	T	0501	9525487.0	3734424.0	132.8	13915.3	522488.6	66210.5
7	07/11/2014	18:42	24	DACKB	CRJ9	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	18:42	24	DACKB	CRJ9	L	074	4921609	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	197355.6	24313.8	403.8	3.1
8	07/11/2014	18:54	24	CSDRU	H25B	S	070	RFS1B-B	RFS1B-B	M	0500	768554.2	926079.4	64.3	3781.0	144465.2	18509.0
	07/11/2014	18:54	24	CSDRU	H25B	S	070	4921647	RFS1B-B	T	0500	768554.2	926079.4	85.3	6581.4	86525.6	18675.2
9	07/11/2014	18:56	24	GEUPB	A319	L	077	LAN	LAN	M	1000	668785.1	12378130.0	342521.3	10813.0	30.5	0.0
	07/11/2014	18:56	24	GEUPB	A319	L	077	4921653	LAN	T	1000	668785.1	12378130.0	254150.9	6939.5	38.5	0.0
10	07/11/2014	19:01	24	OOVLN	F50	S	071	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0000	14963305.0	8531844.0	594.0	36671.7	1400841.6	135998.5
	07/11/2014	19:01	24	OOVLN	F50	S	071	4921671	RFS1B-C	T	0000	14963305.0	8531844.0	809.3	56212.4	809935.4	86766.4
11	07/11/2014	19:05	24	GLCYF	E170	S	074	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	18209376.0	21156892.0	177.0	29437.1	1283559.0	147761.0
	07/11/2014	19:05	24	GLCYF	E170	S	074	4921681	RFS1B-C	T	0500	18209376.0	21156892.0	220.6	38460.0	1298226.3	95906.5
12	07/11/2014	19:47	24	GEUPB	A319	S	077	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	49366212.0	33512694.0	36.4	61675.1	4745532.5	180085.3
	07/11/2014	19:47	24	GEUPB	A319	S	077	4921804	RFS1B-C	T	0500	49366212.0	33512694.0	53.2	96525.9	2323492.8	63322.9
13	07/11/2014	20:20	24	EIRJC	RJ85	L	074	LAN	LAN	M	1000	959343.3	22180940.0	764573.5	64932.8	959.2	7.8
	07/11/2014	20:20	24	EIRJC	RJ85	L	074	4921891	LAN	T	1000	959343.3	22180940.0	664771.9	64315.6	1284.2	33.2
14	07/11/2014	20:58	24	PHXRY	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	20:58	24	PHXRY	B737	L	469	4921960	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	959429.2	127436.6	2150.3	25.0
15	07/11/2014	21:37	24	GLCYF	E170	L	074	LAN	LAN	M	1000	959343.3	22180940.0	764573.5	64932.8	959.2	7.8
	07/11/2014	21:37	24	GLCYF	E170	L	074	4922055	LAN	T	1000	959343.3	22180940.0	678919.4	85795.8	1294.6	16.3
16	07/11/2014	21:54	24	PHHSB	B738	S	469	WDY1B-C	WDY1B-C	M	0501	30122254.0	11809294.0	306.0	28370.6	1749333.8	297839.8
	07/11/2014	21:54	24	PHHSB	B738	S	469	4922102	WDY1B-C	T	0501	30122254.0	11809294.0	408.4	43902.2	1800727.0	235121.5
17	07/11/2014	22:08	24	OOVLM	F50	L	071	LAN	LAN	M	1000	699436.4	23488642.0	290705.9	14832.8	69.3	5.6
	07/11/2014	22:08	24	OOVLM	F50	L	071	4922126	LAN	T	1000	699436.4	23488642.0	204132.0	15974.9	93.4	12.6
18	07/11/2014	22:12	24	OOVLI	F50	L	071	LAN	LAN	M	1000	699436.4	23488642.0	290705.9	14832.8	69.3	5.6
	07/11/2014	22:12	24	OOVLI	F50	L	071	4922131	LAN	T	1000	699436.4	23488642.0	204215.7	17065.9	445.5	449.0
19	07/11/2014	22:14	24	PHXRV	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	22:14	24	PHXRV	B737	L	469	4922137	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	888684.4	86813.1	2161.8	24.1
20	07/11/2014	22:16	24	PHXRE	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	22:16	24	PHXRE	B737	L	469	4922144	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	978104.9	128800.9	2134.7	24.4
Geen radartrack aanwezig voor berekening geluidbelasting van traffic regel																	
Wel radartrack aanwezig voor berekening geluidbelasting van traffic regel																	

- Voor overige handhavingpunten (in de  $L_{den}$ -tool zelf door gebruiker te definiëren) en netwerkpunten wordt de geluidbelasting vastgesteld op basis van het verkeer op alle banen. Dit voor zowel prognoseberekeringen (waaronder omzettingsbesluiten) als handavingsberekeringen. Dit is conform de laatste versie van het rekenvoorschrift.

#### 5.4 Regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices

##### *Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

In een geluidbelastingberekening dient de vigerende versie (zijnde de meest recente versie) van de Appendices gebruikt te worden. In een handavingsberekening dient in principe van dezelfde Appendices gegevens, en daarmee dezelfde versie van de Appendices, gebruik te worden gemaakt als de gegevens op basis waarvan de grenswaarden zijn berekend. Een uitzondering hierop heeft betrekking op procedures en categorieën van luchtvaartuigen (en bijbehorende geluidgegevens) die nieuw zijn toegevoegd aan de Appendices. Wanneer een procedure of een geluidscategorie niet aanwezig is in de Appendices op basis waarvan de grenswaarden zijn berekend, dan dient de meest recente versie van de Appendices geraadpleegd te worden voor de benodigde informatie.

##### *Resultaten*

De officiële berekeningen die ten grondslag ligt aan omzettings- en luchthavenbesluiten worden meegeleverd met de  $L_{den}$ -tool versie 3.2. Voor een aantal van deze berekeningen is nagegaan of de juiste versie van de Appendices is toegepast. Voor de Appendices groot en heli verkeer voor de overige burgerluchthavens gelden de volgende ingangsdatums voor verschillende versies van de Appendices:

Versie	Ingangsdatum
v11.2	01/01/2000
v13.0	01/07/2012
v13.1	01/11/2013
v13.2	01/11/2014

Voor de Appendices klein verkeer voor de overige burgerluchthavens gelden de volgende ingangsdatums:

Versie	Ingangsdatum
v11	01/01/2000
v13	01/07/2012

In tabel 5.2 is voor diverse luchthavens aangegeven welke versie van de Appendices is toegepast in omzettings- en luchthavenbesluiten. Daarnaast is aangegeven welke versie van de Appendices wordt toegepast in een handavingsberekening voor het jaar 2015. Uit de tabel is op te maken dat:

- Voor alle luchthavens voor zowel groot/heli als klein verkeer gebruik is gemaakt van de versie van de Appendices die vigerend was op het moment van de ingangsdatum van het omzetting- of luchthavenbesluit voor de betreffende luchthavens.
- In een handavingsberekening gebruik wordt gemaakt van combinatie Appendices. Hierbij wordt de versie van de Appendices die ook is gebruikt voor het vaststellen van grenswaarden (vastgelegd in omzetting- of luchthavenbesluit) als basis genomen. Deze is aangevuld met nieuw toegevoegde gegevens aan de meest recente versie van de Appendices (momenteel v13.2 voor groot/heli verkeer en v13 voor klein verkeer).

De conclusie is dat voor de verschillende type berekeningen voor verschillende luchthavens de juiste versie van de Appendices wordt toegepast.

**Tabel 5.2 Toegapaste Appendices in berekeningen voor diverse luchthavens.**

Luchthaven	Toegepaste Appendices in OZB/LHB*	Datum ingang OZB/LHB	Toegepaste Appendices in Handavingsberekening 2015**
Ameland	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	1/4/2011	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Drachten	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	01/01/2011	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Hilversum	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	1/7/2012	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13
Hoogeveen	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	01/01/2012	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Seppe	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	1/10/2013	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13
Texel	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	01/07/2012	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13

\* OZB = Omzettingsbesluit; LHB = Luchthavenbesluit

\*\* Gebruiksjaar dat begint in 2015

## 5.5 Nauwkeurigheidscriterium voor bepalen aantal deelroutes

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

De wijze waarop grondpaden, spreidingsgebieden en daaruit af te leiden deelroutes worden vastgesteld, maakt geen deel uit van het berekeningsvoorschrift. Wel is voorgeschreven dat bij het beschouwen van spreiding per nominale route minimaal 3 en maximaal 243 routes dienen te worden beschouwd. Het aantal te beschouwen deelroutes is daarbij afhankelijk van een in de berekening te hanteren nauwkeurigheidscriterium. De hindersombijdrage in ieder berekeningspunt van iedere passage met een luchtvaartuig dient in eerste instantie berekend te worden op basis van alleen de nominale route en 3 deelroutes. Als het verschil tussen de berekende

hindersonbijdrage met respectievelijk 1 en 3 deelroutes groter is dan het van toepassing zijnde nauwkeurigheidscriterium, dan dient het aantal deelroutes met een factor 3 opgehoogd te worden en dient de hindersonbijdrage voor de betreffende passage met een luchtvaartuig in het betreffende berekeningspunt opnieuw berekend te worden. Vervolgens worden de resultaten van de berekeningen met 3 en 9 deelroutes met elkaar vergeleken. Dit wederom aan de hand van het nauwkeurigheidscriterium. Deze procedure herhaalt zich tot het moment dat het verschil tussen de laatste 2 berekeningen kleiner of gelijk is aan het nauwkeurigheidscriterium en/of tot het moment dat gerekend is met het maximum aantal deelroutes van 243. Voor alle luchthavens dient voor het nauwkeurigheidscriterium een waarde van 0.1% aangehouden te worden.

### *Resultaten*

Voor een tweetal traffic regels uit het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde is door het NLR detailinformatie beschikbaar gemaakt met betrekking tot de berekende hindersonbijdrage met een verschillend aantal deelroutes. Het gaat hier om de volgende traffic regels:

1. Een passage met categorie 81 met procedure 0501 gebruikmakend van baan 05 en route 703. Hierbij is gekeken naar de geluidbelasting in het handhavingspunt HH\_23.
2. Een passage met categorie 469 met procedure 1000 gebruikmakend van baan 23 en route 823. Hierbij is eveneens gekeken naar de geluidbelasting in het handhavingspunt HH\_23. Dit is dezelfde berekening als run C3 uit hoofdstuk 4.

De berekende hindersonbijdrage met een verschillend aantal deelroutes voor de twee berekeningen is weergegeven in tabel 5.3. Voor berekening 1 is te zien dat pas bij het rekenen met 243 wordt voldaan aan het nauwkeurigheidscriterium (verschil tussen berekening met 81 en 243 routes is met 0.05% minder dan 0.1%). Het is dus correct dat met 243 wordt gerekend. Daarbij komt de op basis van 243 berekende waarde van de hinderson exact overeen met de waarde die in het omzettingsbesluit te zien is.

Voor berekening 2 is te zien dat aan het nauwkeurigheidscriterium wordt voldaan op het moment dat 81 deelroutes zijn toegepast (verschil tussen berekening met 27 en 81 routes is met 0.08% minder dan 0.1%). Het nauwkeurigheidscriterium is voor deze berekening ook toegepast in een controleberekening (op basis van de spreadsheet-implementatie van berekeningsvoorschrift). Te zien is dat de procentuele verschillen tussen berekeningen met een verschillend aantal deelroutes vrijwel exact overeenkomen met de uitkomsten van het NLR. Ook op basis van de controleberekening wordt bij het rekenen met 81 deelroutes aan het nauwkeurigheidscriterium voldaan. Dit leidt uiteindelijk voor beide berekeningen (NLR en controleberekening) tot een totale hindersonbijdrage van  $1.08 \cdot 10^{10}$  (zie ook tabel 4.2). Het daaruit afgeleide tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) van beide berekeningen komt overeen met het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau berekend op basis van de officiële berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit Eelde (zie ook resultaten run C3 in tabel 4.2).

De conclusie is dus dat het in het berekeningsvoorschrift opgenomen nauwkeurigheidscriterium

bij het bepalen van het aantal door te rekenen deelroutes correct wordt toegepast in de  $L_{den}$ -tool.

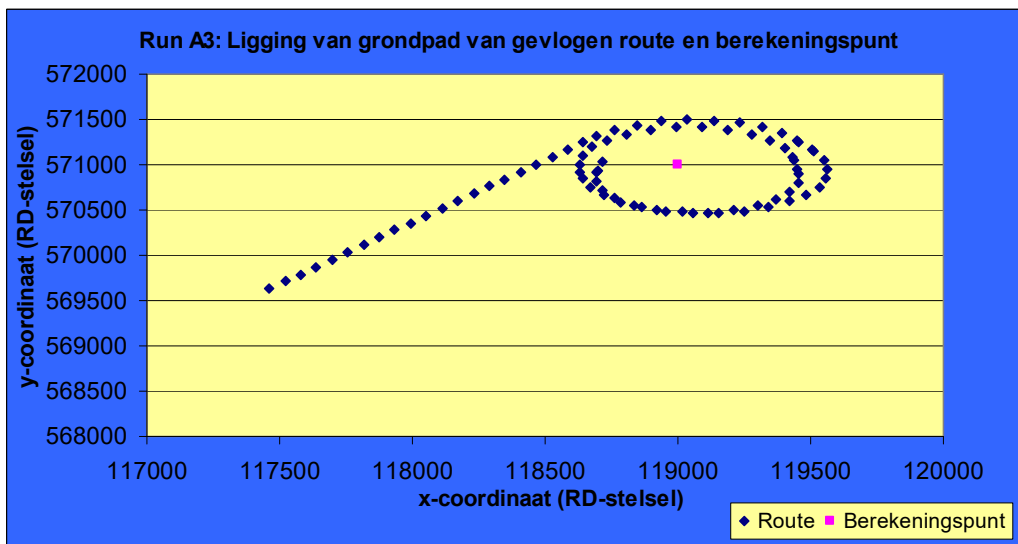
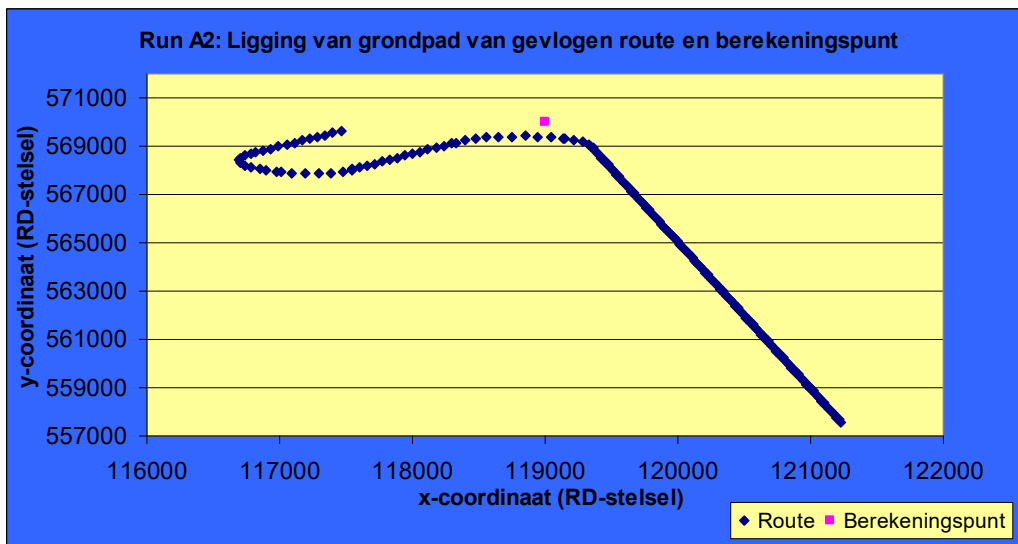
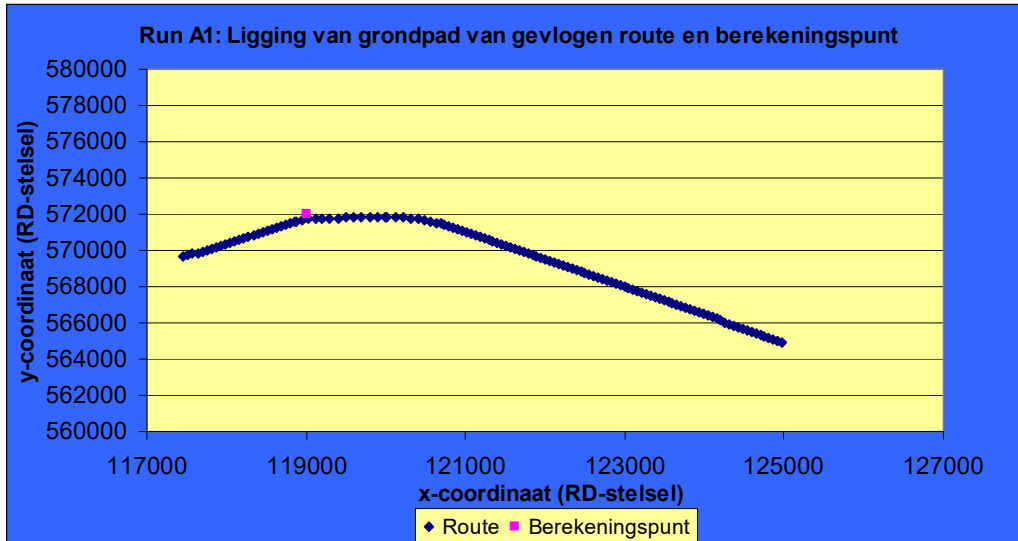
**Tabel 5.3 Toepassing van nauwkeurigheidscriterium bij bepalen aantal door te rekenen deelroutes.**

Stap	Aantal deelroutes	Berekening 1 (NLR)		Berekening 2* (NLR)		Berekening 2 (controle)	
		Hindersom	Verschil laatste 2 stappen	Hindersom	Verschil laatste 2 stappen	Hindersom	Verschil laatste 2 stappen
Stap 1	1	1.83E+12	nvt	2.17E+10	nvt	2.16E+10	
Stap 2	3	9.74E+11	87.6%	1.30E+10	67.6%	1.29E+10	67.6%
Stap 3	9	4.85E+11	100.7%	1.08E+10	20.0%	1.08E+10	19.9%
Stap 4	27	5.77E+11	15.8%	1.08E+10	0.2%	1.08E+10	0.3%
Stap 5	81	6.28E+11	8.2%	1.08E+10	0.08%	1.08E+10	0.06%
Stap 6	243	6.28E+11	0.05%	nvt	nvt	nvt	nvt

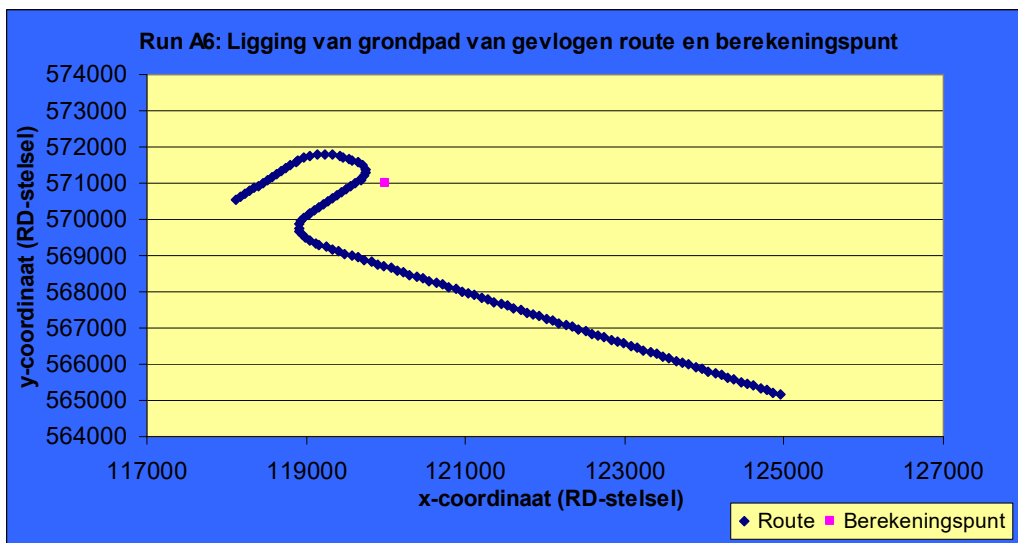
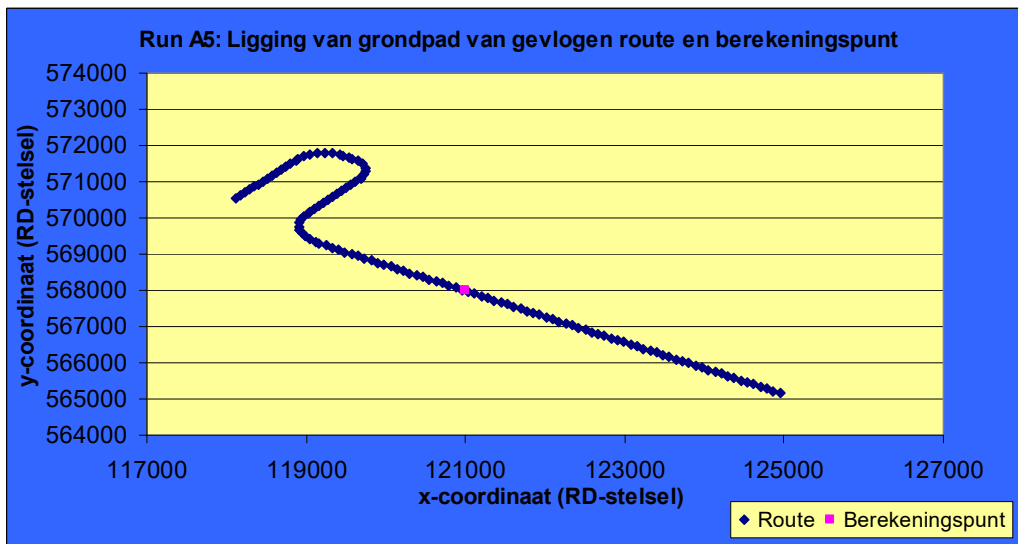
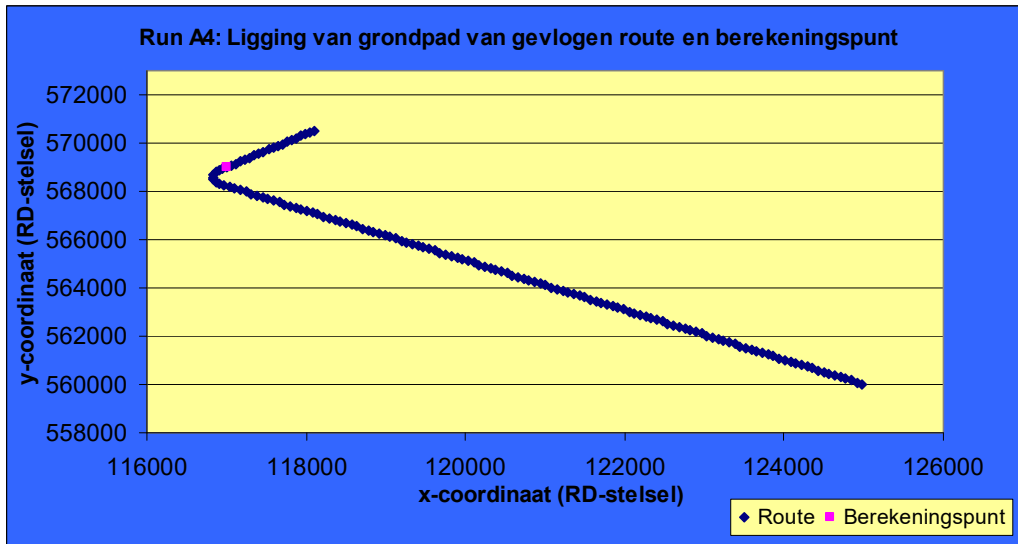
\* Deze berekening komt overeen met run C3 uit hoofdstuk 4.

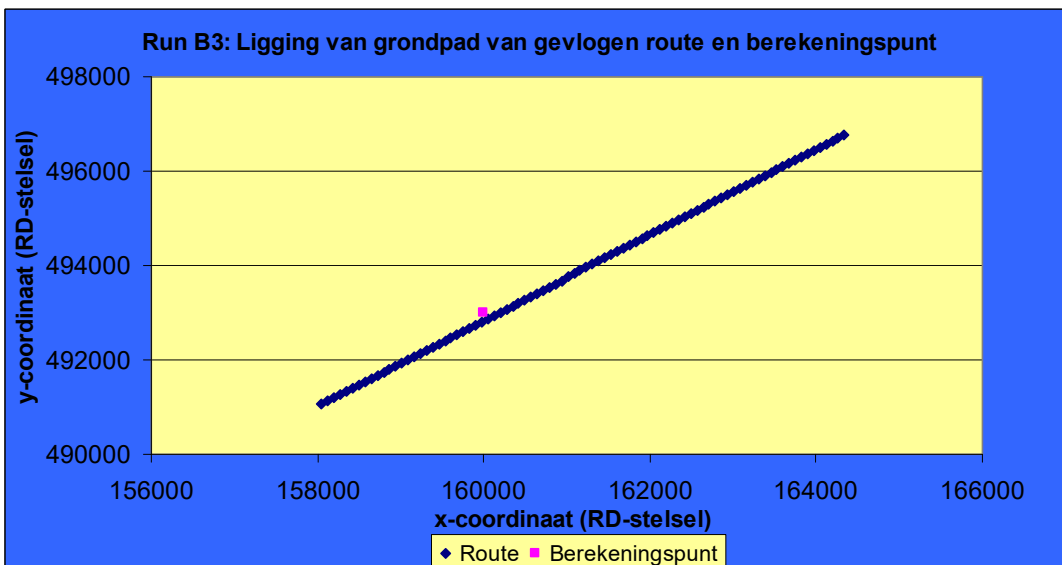
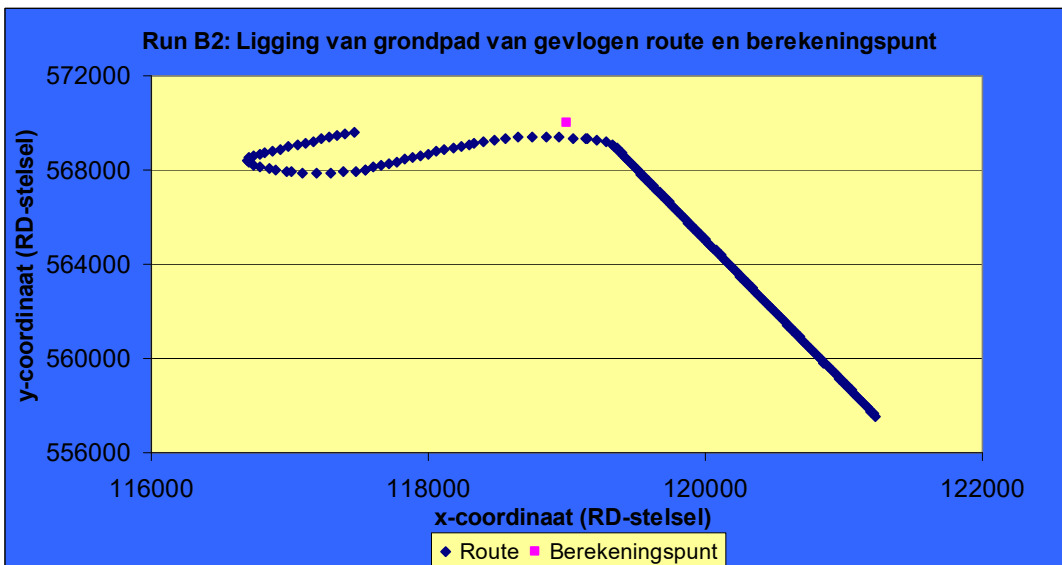
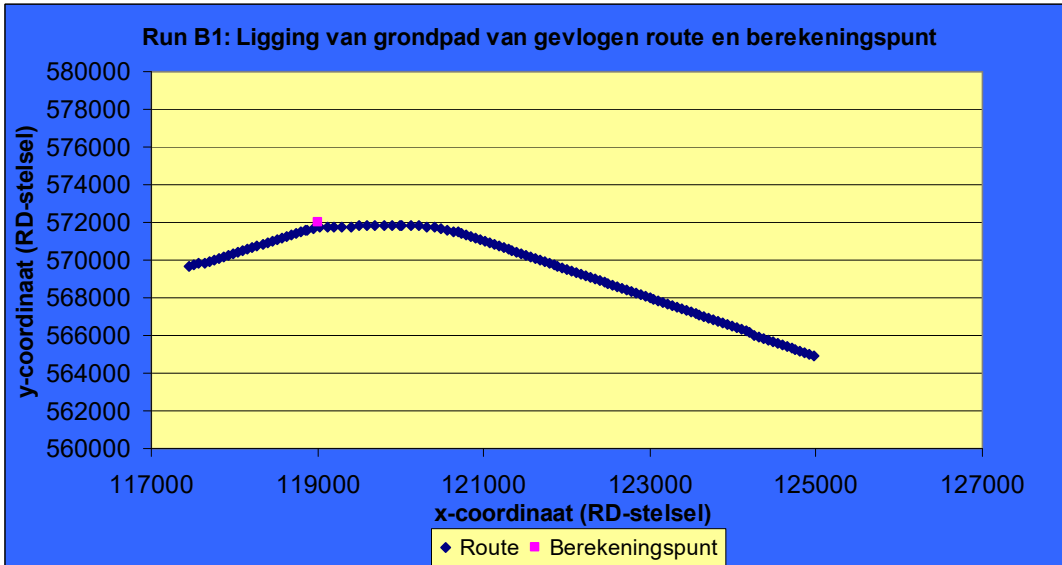


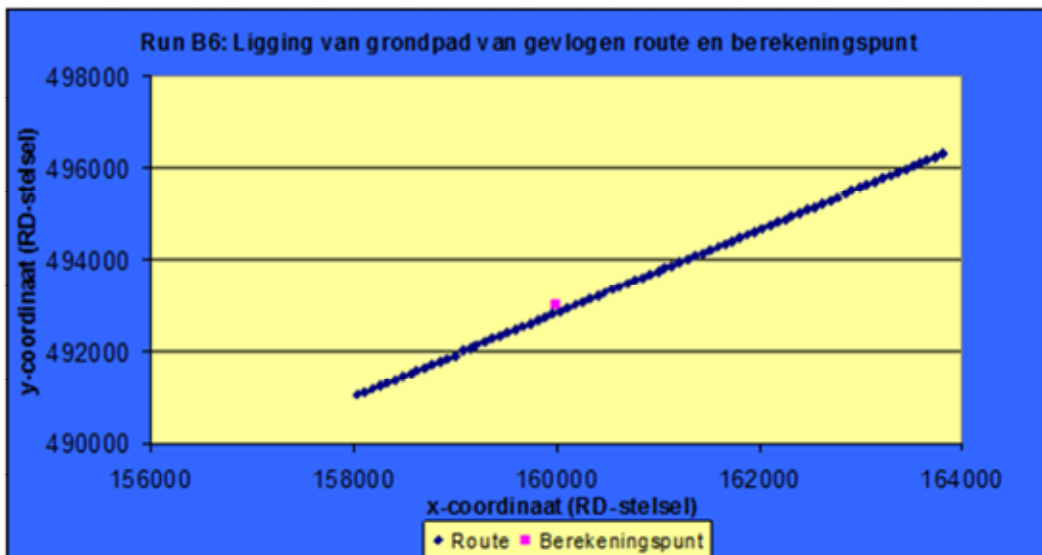
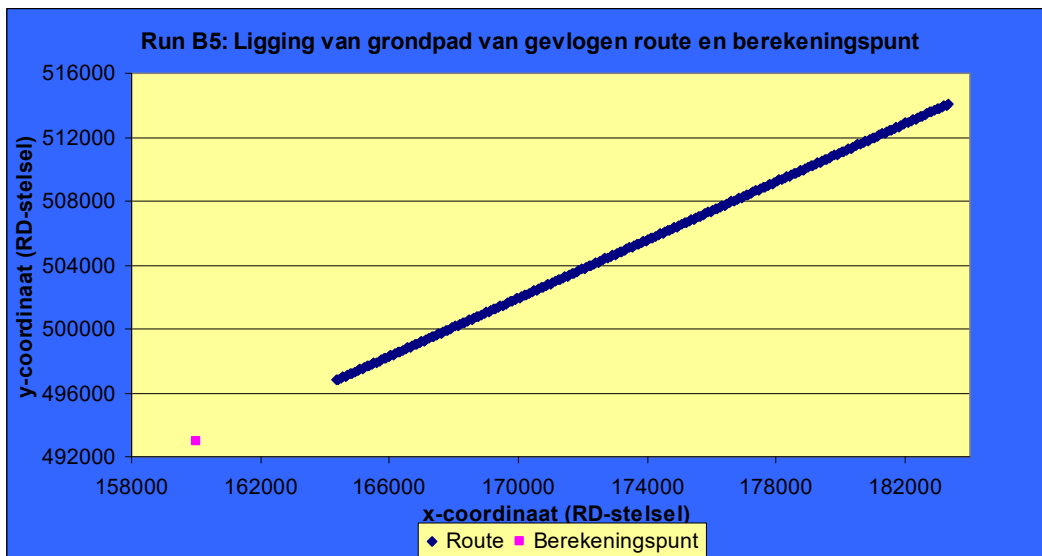
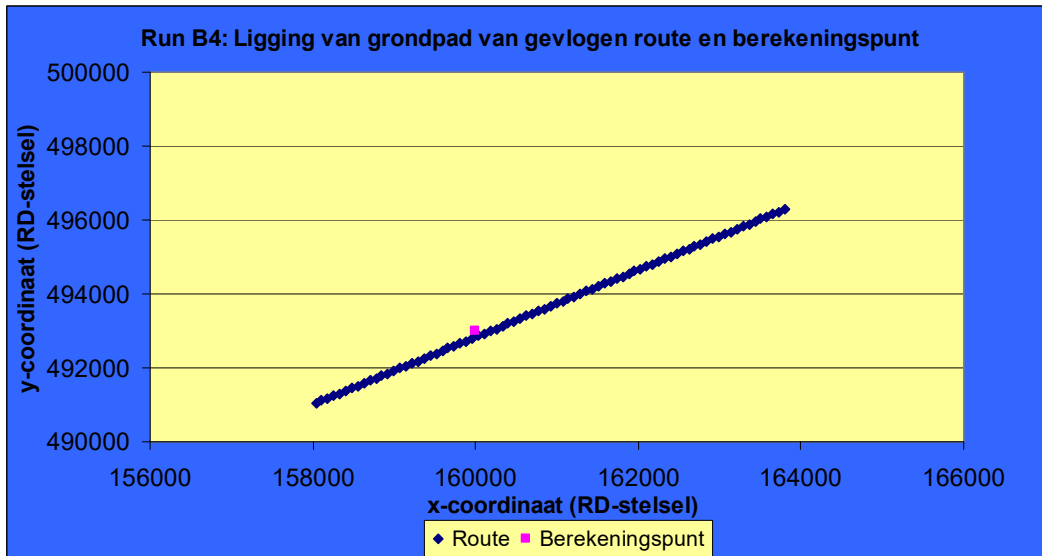
## Bijlage A. Ligging routes en berekeningspunten test- en validatieberekeningen

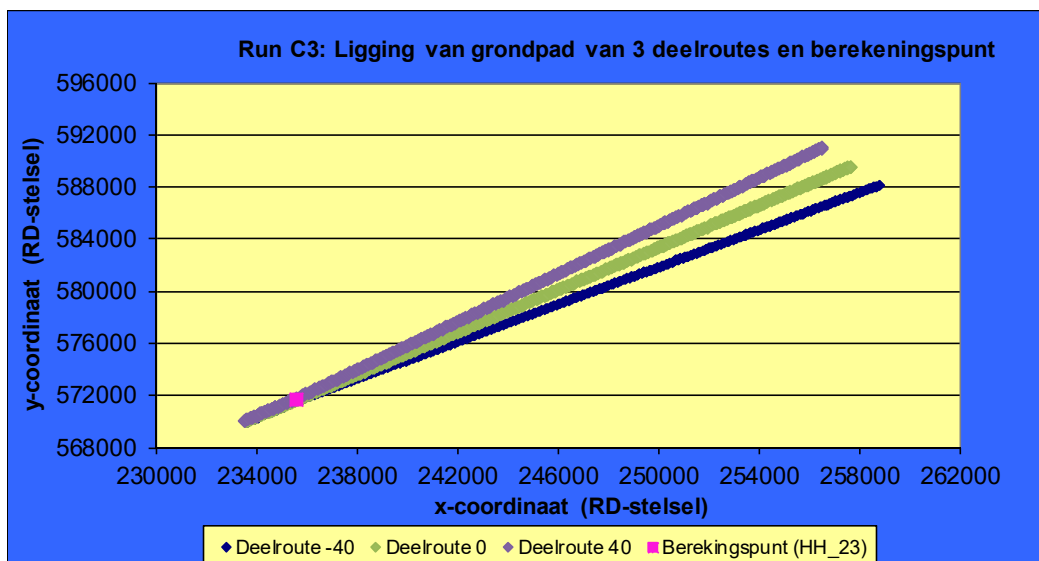
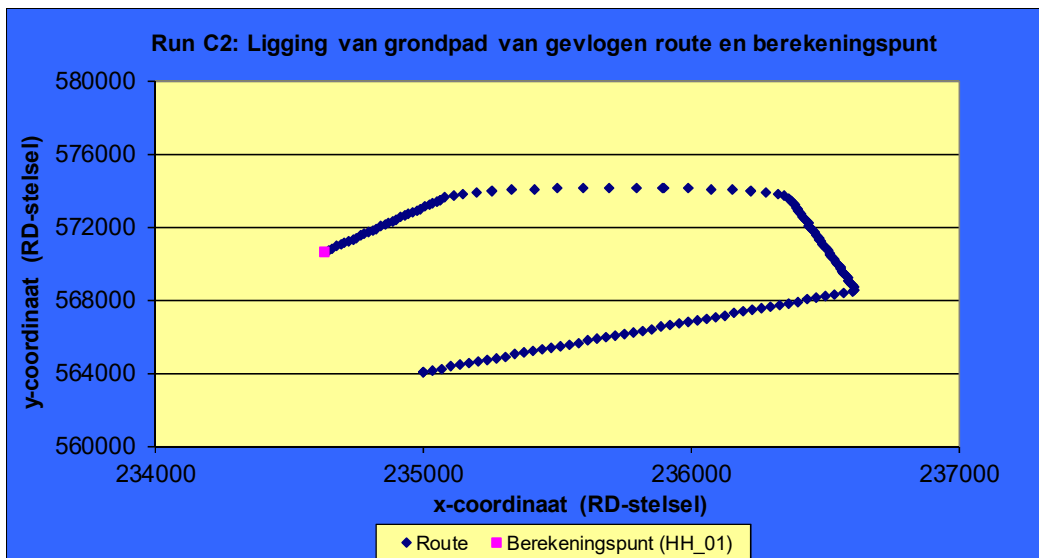
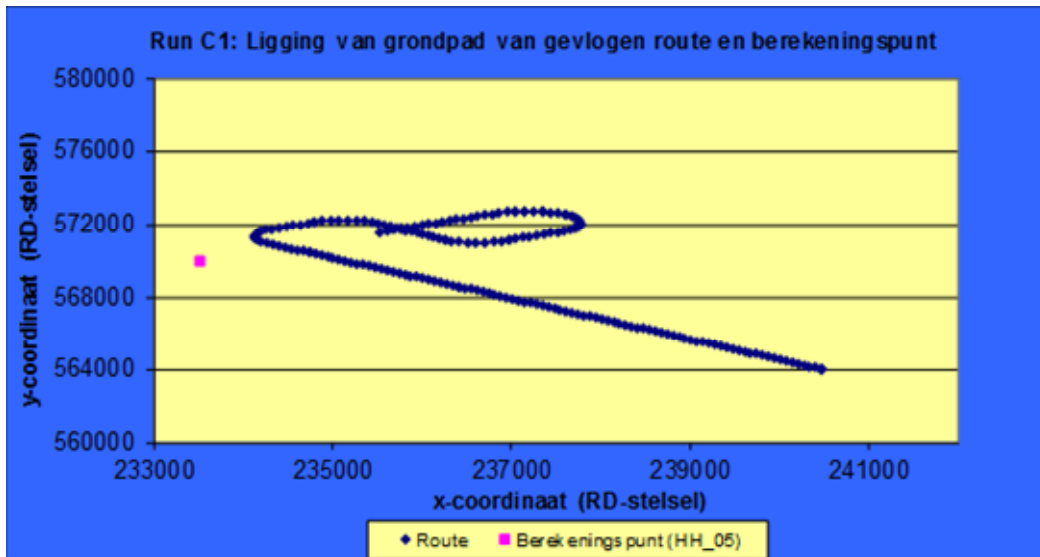














## **Bijlage B. Validatie meest recente versie $L_{den}$ -tool op basis testberekening Lelystad**

### **B1. Beschrijving resultaten testberekening**

Voor het maken van geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens in Nederland wordt gebruik gemaakt van de  $L_{den}$ -tool. Deze tool is ontwikkeld door ADECS en NLR in opdracht van het Ministerie van IenW. Gedurende de ontwikkeling van de  $L_{den}$ -tool is door Vital Link Beleidsanalyse een validatie van de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd. Centraal in deze validatie stond de vraag of berekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift. Het berekeningsvoorschrift is opgenomen in bijlage 1 van de Regeling burgerluchthavens.

De validatie van de  $L_{den}$ -tool is indertijd afgerond in 2015. In deze validatie is in detail gekeken of de toenmalige versie van de  $L_{den}$ -tool rekt conform het berekeningsvoorschrift. Hierbij was de conclusie dat dit het geval was<sup>4</sup>. De  $L_{den}$ -tool bestaat uit een rapportage module (inclusief gebruikersschil) die is ontwikkeld door ADECS en een berekeningsmodule welke is ontwikkeld door het NLR. De versie waarvan in 2015 is vastgesteld dat conform het berekeningsvoorschrift is gerekend was:

- Lden Rapporteren: Versie 3.3.0.038 Update 38;
- Berekeningsmodule: Versie 3.0 build 20150108.

Momenteel wordt met de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool gerekend. Het gaat hier om de volgende versie:

- Lden Rapporteren: Versie 3.3.0.070 Update 70;
- Berekeningsmodule: Versie: 3.0 build 20161104.

In relatie tot berekeningen voor de luchthaven Lelystad die zijn uitgevoerd met de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool is de vraag gesteld of er wordt gerekend conform het berekeningsvoorschrift. Meer specifiek is de vraag of de totale hindersom en de daaruit voortvloeiende  $L_{den}$ -geluidbelasting momenteel nog steeds wordt berekend conform het berekeningsvoorschrift. Hierbij is van belang dat het berekeningsvoorschrift, zoals vastgelegd in bijlage 1 van de Regeling burgerluchthavens, sinds 1 juli 2012 ongewijzigd is.

Om de bovenstaande vraag te beantwoorden is één van de scenario's uit de MER Lelystad (het zogenaamde 45k B+ scenario) doorgerekend met zowel de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool als de versie van de  $L_{den}$ -tool die in 2015 is gevalideerd. Voor beide berekeningen is gekeken naar de berekende hindersom en de  $L_{den}$ -geluidbelasting. Er is niet nagegaan in hoeverre, voor het betreffende scenario, is gerekend met de juiste invoergegevens. De eerste pagina van rapportage files van de testberekeningen Lelystad met de 2015 versie en de meest recente versie van de Lden tool zijn toegevoegd in respectievelijk bijlage B2 en B3.

---

<sup>4</sup> De resultaten van de validatie zijn vastgelegd in het rapport 'Validatie  $L_{den}$ -tool voor overige burgerluchthavens' van maart 2015.

In beide berekening zijn 18 berekeningspunten gespecificeerd waarvoor door de  $L_{den}$ -tool de hindersombijdrage per traffic regel wordt uitgevoerd. De gespecificeerde berekeningspunten liggen zowel in de directe nabijheid van de luchthaven als op grotere afstand (> 10 km).

Vastgesteld is dat de hindersombijdrage van alle traffic regels voor de 18 berekeningspunten exact hetzelfde is in de berekeningen die met beide versies van de  $L_{den}$ -tool zijn uitgevoerd. Daarmee is dus ook de  $L_{den}$ -geluidbelasting in de 18 berekeningspunten identiek voor beide versies van de  $L_{den}$ -tool. Hiermee is dus vastgesteld dat ook in de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool de hindersom en  $L_{den}$ -geluidbelasting wordt berekend conform het berekeningsvoorschrift. Wel is de aanbeveling om bij iedere nieuw uit te brengen versie van de  $L_{den}$ -tool een formele toets uit te voeren op grond waarvan wordt aangetoond dat nog steeds conform het berekeningsvoorschrift wordt gerekend.

## B2. Rapportage testberekening Lelystad met 2015 versie van L<sub>den</sub>-tool

# Berekeningsrapportage

Versie 3.8

### Project Informatie

Project: 2e Referentie B+ bij 45k o.b.v. MER2014

Projecttype: Analysis

Lden rapporteren en update: 3.3.0.038 Update 38

Berekeningsmodule: 3.0 build 20150108

Status versie: Er is mogelijk gerekend met een verouderde versie van Lden tool

Luchthaven: EHLE

Beschrijving: Lelystad

Tijdspanne Prognose: 1-1-2013 t/m 31-12-2013

Omzettings- of luchthavenbesluit: niet vastgesteld voor beschouwde periode

Datum/tijd berekening: 30-1-2018 16:02:50

Rekenoptie: Er is gerekend in handhavingspunten

**Tabel 1: Vullingsgraad (handhavings)punten (ZOG t.o.v. MTG).**

Punt	X-coörd	Y-coörd	MTG	ZOG	FGB	%
HH_05	163.343	495.871	48,73	89,53	-	1202264,43
HH_23	164.411	496.851	49,84	88,66	-	762079,01
P0	159.316	492.248	-	56,68	-	-
P1	156.094	489.315	-	48,31	-	-
P2	152.752	486.041	-	47,03	-	-
P3	155.890	481.743	-	44,16	-	-
P4	163.263	486.586	-	51,94	-	-
P5	169.521	490.249	-	49,44	-	-
P6	190.859	502.341	-	42,25	-	-
P7	168.771	500.972	-	56,06	-	-
P8	175.555	507.161	-	48,20	-	-
P9	173.924	507.470	-	48,08	-	-
P10	178.566	509.933	-	47,62	-	-
P11	185.575	516.586	-	40,40	-	-
P12	194.096	504.209	-	40,10	-	-
P13	199.856	495.212	-	40,19	-	-
P14	161.773	494.447	-	63,61	-	-
P15	160.702	493.484	-	60,60	-	-
P16	165.534	497.911	-	63,54	-	-



### B3. Rapportage testberekening Lelystad met meest recente versie van L<sub>den</sub>-tool

# Berekeningsrapportage

Versie 3.11

## Project Informatie

Project: RZ-val\_latest-45k-B+-1000'

Projecttype: Analysis

Lden rapporteren en update: 3.3.0.070 Update 70

Berekeningsmodule: 3.0 build 20161104

Luchthaven: EHLE

Beschrijving: Lelystad

Tijdsperiode Prognose: 1-1-2013 t/m 31-12-2013

Datum/tijd berekening: 30-1-2018 15:21:24

Rekenoptie: Er is gerekend in handhavingspunten

**Tabel 1: Vullingsgraad (handhavings)punten (ZOG t.o.v. MTG).**

Punt	X-coörd	Y-coörd	MTG	ZOG	FGB	%
HH_05	163.343	495.871	48,73	89,53	-	1202264,43
HH_23	164.411	496.851	49,84	88,66	-	762079,01
P0	159.316	492.248	-	56,68	-	-
P1	156.094	489.315	-	48,31	-	-
P2	152.752	486.041	-	47,03	-	-
P3	155.890	481.743	-	44,16	-	-
P4	163.263	486.586	-	51,94	-	-
P5	169.521	490.249	-	49,44	-	-
P6	190.859	502.341	-	42,25	-	-
P7	168.771	500.972	-	56,06	-	-
P8	175.555	507.161	-	48,20	-	-
P9	173.924	507.470	-	48,08	-	-
P10	178.566	509.933	-	47,62	-	-
P11	185.575	516.586	-	40,40	-	-
P12	194.096	504.209	-	40,10	-	-
P13	199.856	495.212	-	40,19	-	-
P14	161.773	494.447	-	63,61	-	-
P15	160.702	493.484	-	60,60	-	-
P16	165.534	497.911	-	63,54	-	-



# **Validatie L<sub>den</sub>-tool voor overige burgerluchthavens**

**In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu -  
Directoraat-Generaal Bereikbaarheid**

**Maart 2015**

**Vital Link Beleidsanalyse  
A. van Velzen**

## Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusie .....	1
1. Inleiding .....	3
2. Samenvattende beschrijving berekeningsvoorschrift .....	5
2.1 Achtergrond berekeningsvoorschrift.....	5
2.2 Samenvattende beschrijving rekenstappen vastgelegd in berekeningsvoorschrift.....	5
3. Validatie berekening geluidbelasting met $L_{den}$ -tool .....	11
3.1 Inleiding .....	11
3.2 Testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau.....	12
3.3 Vergelijking resultaten testberekeningen.....	13
3.4 Validatie berekening $L_{den}$ -geluidbelasting .....	18
3.5 Conclusies .....	19
4. Validatie berekening geluidbelasting met $L_{den}$ tool voor omzettingsbesluiten.....	21
4.1 Overzicht uitgevoerde validatieberekeningen.....	21
4.2 Resultaten validatieberekeningen .....	21
5. Validatie van wijzigingen in berekeningsvoorschrift geïmplementeerd in $L_{den}$ tool .....	27
5.1 Overzicht van wijzigingen.....	27
5.2 Gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box .....	27
5.3 Geluidbelasting in handhavingspunten baanafhankelijk .....	28
5.4 Regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices.....	30
5.5 Nauwkeurigheidscriterium voor bepalen aantal deelroutes .....	31
Bijlage A. Ligging routes en berekeningspunten test- en validatieberekeningen .....	A-1



## Samenvatting en conclusie

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is door ADECS en NLR de  $L_{den}$ -tool voor overige burgerluchthavens ontwikkeld. Deze tool wordt ingezet voor het maken van geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens in Nederland. Door Vital Link Beleidsanalyse (VLB) is een validatie van de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd. Centraal is deze validatie staat de vraag of berekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift dat is opgenomen als bijlage 1 van de Regeling Burgerluchthavens. De Regeling Burgerluchthavens, inclusief het berekeningsvoorschrift, is van kracht sinds 1 november 2009. Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden.

In de validatie is gekeken De validatie bestond in hoofdzaak uit:

- Het uitvoeren van een aantal test- en validatieberekeningen om vast te stellen of de geluidbelasting van traffic regels (met en zonder deelroutes) wordt berekend conform het berekeningsvoorschrift.
- Het nagaan of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

Voor het uitvoeren van de test- en validatieberekeningen is door VLB, op basis van het berekeningsvoorschrift, een spreadsheet ontwikkeld waarmee de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt wordt berekend (controleberekeningen). Met de uitgevoerde testberekeningen zijn alle aspecten van de in het berekeningsvoorschrift vastgelegde berekeningswijze van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau gevalideerd. Voor alle test- en validatieberekeningen kwamen de resultaten van de  $L_{den}$ -tool overeen met de resultaten van de controleberekeningen. Ook is vastgesteld dat de optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom en de vertaalslag van deze totale hindersom naar de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) in de  $L_{den}$ -tool wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.

Tenslotte is vastgesteld dat de wijzigingen in het berekeningsvoorschrift die per 1 juli 2012 van kracht zijn geworden correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool. Het gaat hier om de volgende wijzigingen en aanvullingen:

- a. het gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box rond de start/landingsbanen
- b. het baanafhankelijk berekenen van de geluidbelasting in handhavingpunten op 100 m van de baan.
- c. regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices.
- d. het opnemen van een nauwkeurigheidscriterium in het voorschrift op grond waarvan het aantal deelroutes wordt vastgesteld waarmee wordt gerekend.

De algehele eindconclusie is dat berekeningen met de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool (versie 3.2) worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift. Deze conclusie geldt voor zowel geluidbelastingberekeningen als handavingsberekeningen.



## 1. Inleiding

Door ADECS en NLR is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu de  $L_{den}$ -tool voor overige burgerluchthavens<sup>1</sup> ontwikkeld. Deze tool wordt ingezet voor het maken van geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens in Nederland.

De wijze waarop geluidsberekeningen voor overige burgerluchthavens dienen te worden uitgevoerd is vastgelegd in een berekeningsvoorschrift. Dit berekeningsvoorschrift is opgenomen als bijlage 1 van de Regeling Burgerluchthavens. De Regeling Burgerluchthavens, inclusief het berekeningsvoorschrift voor het maken van geluidsberekeningen, is van kracht sinds 1 november 2009 (stcrt-2009-16154). Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden (stcrt-2012-12507).

Door Vital Link Beleidsanalyse (VLB) is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een validatie van de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd. Centraal is deze validatie staat de vraag of berekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.

De validatie is uitgevoerd in een aantal ronden. In deze verschillende ronden zijn verbeterpunten geïdentificeerd, welke gerapporteerd en doorgesproken zijn met de ontwikkelaars van de  $L_{den}$ -tool (ADECS en NLR). De validatiewerkzaamheden hadden in eerste instantie betrekking op het oorspronkelijke berekeningsvoorschrift dat van kracht was van 1 november 2009 tot 1 juli 2012. Hierbij is nagegaan of de toenmalige versie van de  $L_{den}$ -tool (versie 2.0) voldeed aan dit voorschrift. Als onderdeel van de validatie is onder andere gekeken of de rekenkern van de  $L_{den}$ -tool voldoet aan het berekeningsvoorschrift waarbij resultaten van de rekenkern zijn vergeleken met een door VLB gemaakte implementatie van het berekeningsvoorschrift in een spreadsheet. Een deel van de validatiewerkzaamheden met betrekking tot versie 2.0 van de  $L_{den}$ -tool is nog steeds relevant aangezien ze betrekking hebben op delen van het voorschrift die niet zijn gewijzigd per 1 juli 2012. Dit deel van de oorspronkelijke validatie is dan ook in de voorliggende rapportage opgenomen.

In het eerste kwartaal van 2015 is een aanvullende validatie uitgevoerd van de meest recente versie van de  $L_{den}$ -tool (versie 3.2<sup>2</sup>). In deze validatie is naar de volgende zaken gekeken:

- Of de geluidbelasting van traffic regels (met en zonder deelroutes) ten behoeve van formele omzettingsbesluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift.
- Of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

---

<sup>1</sup> Ingevolge artikel 8.1 van de Wet Luchtvaart zijn de overige burgerluchthavens alle burgerluchthavens in Nederland met uitzondering van Schiphol

<sup>2</sup> Detailinformatie meest recente versie: Lden Rapporteren: versie 3.3.0.0; Lden Update: versie 38; Berekeningsmodule: versie 3.0 build 20150108



In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt nader ingegaan op het berekeningsvoorschrift. Het hoofdstuk gaat in op de inhoudelijke rekenstappen die in het berekeningsvoorschrift worden beschreven.

Hoofdstuk 3 gaat in op de vraag of de berekende  $L_{den}$ -geluidswaarden in netwerk- en handhavingspunten in de  $L_{den}$ -tool worden berekend conform het berekeningsvoorschrift. Hiervoor is een aantal testberekeningen uitgevoerd.

In hoofdstuk 4 wordt nagegaan of de geluidbelasting ten behoeve van formele omzettingsbesluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift.

Hoofdstuk 5 tenslotte heeft betrekking op de vraag of de per 1 juli 2012 doorgevoerde wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de  $L_{den}$ -tool.

Bijlage A bevat een aantal figuren met betrekking tot de ligging van routes en berekeningspunten in de test- en validatieberekeningen welke in de hoofdstukken 3 en 4 worden beschreven.

## **2. Samenvattende beschrijving berekeningsvoorschrift**

### **2.1 Achtergrond berekeningsvoorschrift**

De geluidbelasting van het vliegverkeer op overige burgerluchthavens wordt gehandhaafd op basis van handhavingspunten. In het Besluit Burgerluchthavens is aangegeven dat een luchthavenbesluit in ieder geval de volgende handhavingspunten bevat:

- (a) één handhavingspunt met een grenswaarde voor de geluidbelasting aan beide zijden in het verlengde van de middellijn van de start- en landingsbaan op 100 meter van het einde van de baan, en
- (b) één handhavingspunt met een grenswaarde voor de geluidbelasting op elke locatie waar woonbebouwing met een aaneengesloten karakter gelegen is op of in de nabijheid van een geluidcontour van 56 dB(A)  $L_{den}$ .

Met een luchthavenbesluit wordt de grenswaarde van de geluidbelasting in de handhavingspunten vastgelegd. Met jaarlijks uit te voeren handavingsberekeningen wordt - op basis van het daadwerkelijk gebruik van de luchthaven in een gebruiksjaar - nagegaan of de grenswaarde in handhavingspunten niet wordt overschreden.

De wijze waarop de  $L_{den}$ -geluidbelasting in handhavingspunten dient te worden berekend is bij ministeriele regeling vastgelegd in de Regeling Burgerluchthavens (RB). De RB schrijft voor dat het berekenen van de  $L_{den}$ -geluidbelasting dient plaats te vinden volgens het "Voorschrift voor de berekening van de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) voor overige burgerluchthavens" (in dit rapport aangeduid als "het berekeningsvoorschrift"). Het berekeningsvoorschrift is opgenomen als bijlage 1 bij de Regeling Burgerluchthavens.

Het berekeningsvoorschrift vormt dus een integraal onderdeel van de wet- en regelgeving. Met het van kracht worden van de ministeriële regeling is het berekeningsvoorschrift de verplichte basis voor te maken  $L_{den}$ -geluidsberekeningen voor de overige burgerluchthavens. De  $L_{den}$ -tool is een implementatie van het berekeningsvoorschrift.

### **2.2 Samenvattende beschrijving rekenstappen vastgelegd in berekeningsvoorschrift**

De berekening van de  $L_{den}$ -geluidbelasting in een berekeningspunt kan worden onderverdeeld in de volgende hoofdonderdelen:

- A. Berekening tijdsgēintegreerd geluidsniveau per vliegtuigpassage.
- B. Berekening hindersom.
- C. Berekening geluidbelasting.

Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van de rekenstappen in de verschillende hoofdonderdelen. Een schematisch overzicht van de rekenstappen, en de benodigde invoer voor de verschillende rekenstappen wordt gegeven in figuur 2.1.

## **A. Berekening tijdsgeïntegreerd geluidsniveau per vliegtuigpassage**

Het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau  $LAX_{jkm}$  in een berekeningspunt is het geluidsniveau ten gevolge van de passage van één vliegtuig, behorende tot categorie k, volgens vliegprocedure m en langs grondpad j. Bij de bepaling van  $LAX_{jkm}$  worden de volgende stappen onderscheiden.

- A1. Vaststellen tijdsinterval  $\Delta t_z$  en de afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ ).
- A2. Vaststellen ligging punten F behorend bij punten Z.
- A3. Bepaling vlieghoogte h en motorstuwkracht T, behorend bij de punten Z.
- A4. Bepaling van de afstand s tussen het berekeningspunt en de punten Z.
- A5. Bepaling laterale geluidsverzwakking in berekeningspunt bij passage in de punten Z.
- A6. Bepaling van het gecorrigeerde momentane geluidsniveau in het berekeningspunt als gevolg van een vliegtuigpassage in de punten Z.
- A7. Bepaling van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau ( $LAX_{jkm}$ ) in het berekeningspunt.

### *(A1) Vaststellen tijdsinterval $\Delta t_z$ en de afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ )*

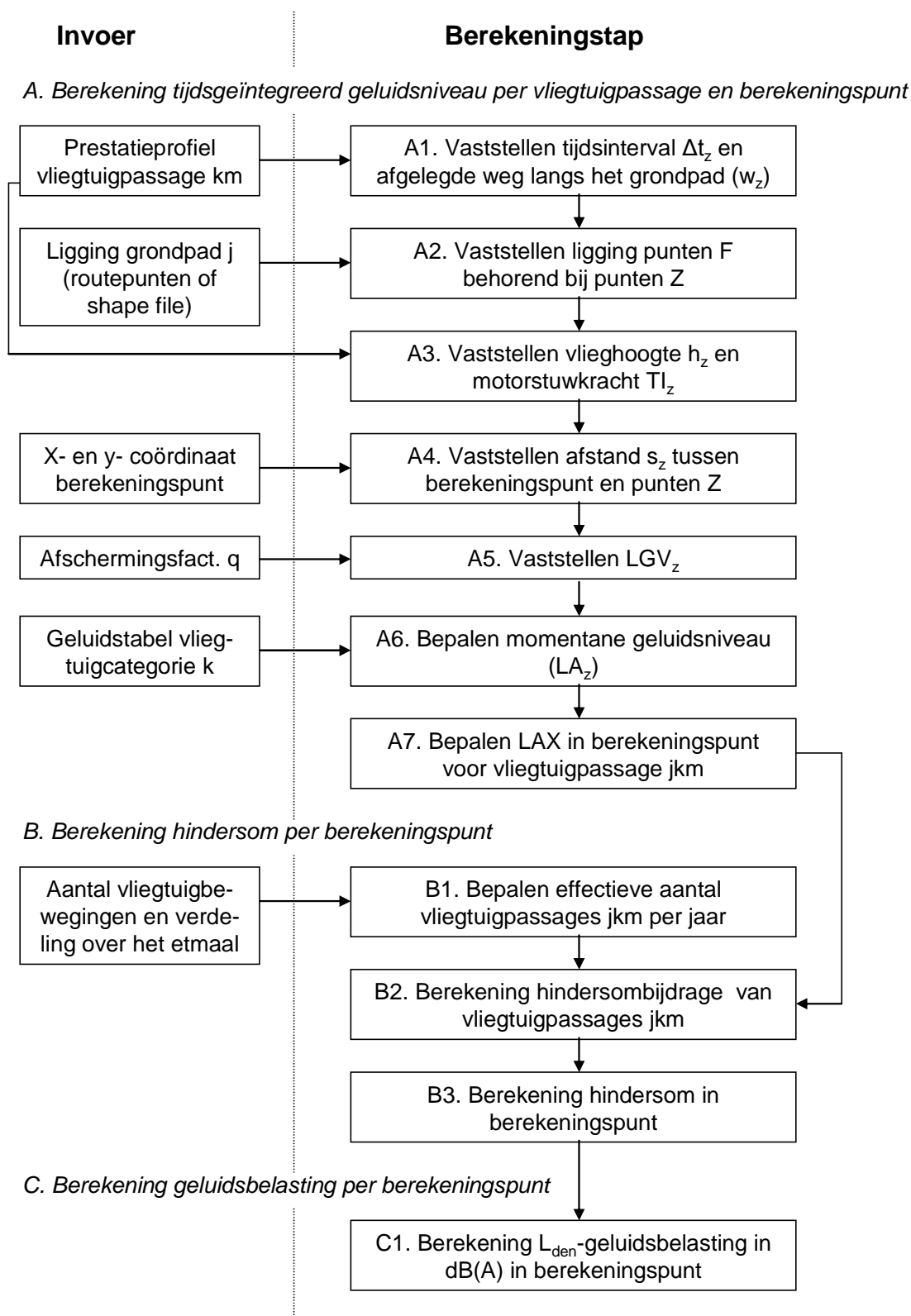
Het grondpad wordt verdeeld in een geheel aantal segmenten (integratiestappen). De afgelegde weg langs het grondpad wordt voor iedere integratiestap bepaald door de snelheid ter plekke te vermenigvuldigen met het tijdsinterval  $\Delta t$  ( $w = V \cdot \Delta t$ ). Voor berekeningen ten behoeve van het bepalen van geluidbelastingcontouren wordt voor  $\Delta t$  een waarde van 2 seconden aangehouden voor luchthavens die worden gebruikt door vliegtuigen, en 0,5 seconde voor helikopterluchthavens. Het tijdsinterval bedraagt 0,1 seconde voor de berekening van de geluidbelasting in handhavingspunten (grenswaarde of gerealiseerde geluidbelasting). Deze waarde van 0,1 seconde voor  $\Delta t$  wordt gehanteerd voor handhavingspunten die liggen op 100 meter achter de baankoppen (in het verlengde van de baan). Alleen met een klein tijdsinterval kan voor deze punten, die recht onder de vliegbaan en dicht bij de landingsbaan liggen, een nauwkeurige berekening worden uitgevoerd.

Indien binnen de integratiestap een segmentovergang plaatsvindt in het prestatieprofiel (zoals vastgelegd in de Appendices), wordt de lengte van de integratiestap aangepast, zodanig dat de integratiestap eindigt ter plekke van de segmentovergang in het prestatieprofiel. Voor deze integratiestappen moet het tijdsinterval  $\Delta t$  dus worden vastgesteld op basis van het prestatieprofiel.

### *(A2) Vaststellen ligging punten F behorend bij punten Z*

De punten Z zijn de punten op de vliegbaan in het midden van ieder segment volgend uit een integratiestap. De punten Z bevinden zich altijd loodrecht boven het grondpad. Het punt F is het snijpunt van het grondpad met de loodlijn vanuit Z. Voor de vaststelling van de ligging van de punten F voor vliegtuigpassage jkm wordt gebruik gemaakt van de ligging van het grondpad j.

**Figuur 2.1 Schematisch overzicht rekenstappen in  $L_{den}$ -berekenningsvoorschrift.**



*(A3) Bepaling vlieghoogte  $h$  en motorstuwkracht  $T$ , behorend bij de punten  $Z$*

De vlieghoogte  $h$  en de motorstuwkracht  $T$  worden voor elk van de punten  $Z$  bepaald als functie van de afgelegde weg langs het grondpad ( $w$ ). Daarbij wordt uitgegaan van de prestatiegegevens in de Appendices. Voor zover een integratiestap eindigt ter plekke van een segmentovergang in het prestatieprofiel kunnen de waarden rechtstreeks uit de prestatiegegevens afgelezen worden. Voor de tussengelegen punten worden de waarden van  $h$  en  $T$  bepaald d.m.v. lineaire interpolatie binnen de grenzen van het segment, tenzij de Appendices aangeven dat gerekend dient te worden met een constante waarde over het segment.

Als het grondpad langer is dan de bijbehorende lengte van het prestatieprofiel, dan moet het prestatieprofiel worden geëxtrapoleerd, waarbij:

- de vlieghoogte lineair wordt geëxtrapoleerd (i.e. de stijghoek van het laatste segment van het prestatieprofiel wordt aangehouden);
- de waarde van de stuwkracht (index) en de snelheid constant zijn (gelijk aan de waarde aan het einde van het laatste profielsegment).

*(A4) Bepaling van de afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en de punten  $Z$*

De afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en vliegbaanpunt  $Z$  (voor vliegtuigcategorie  $k$  en klasse  $m$  boven grondpad  $j$ ) kan worden afgeleid uit de vlieghoogte  $h_z$  in punt  $Z$  en de afstand  $sh_z$ . Hierbij is  $sh_z$  de afstand tussen het berekeningspunt en het punt  $F$  op het grondpad, dat hoort bij vliegbaanpunt  $Z$ . Met toepassing van de stelling van Pythagoras wordt  $s_z$  berekend uit  $h_z$  en  $sh_z$ .

*(A5) Bepaling laterale geluidsverzwakking in berekeningspunt bij passage in de punten  $Z$*

De Laterale Geluidverzwakking ( $LGV_z$ ) is een correctie op het geluidsniveau die afhankelijk is van de afstand  $s_z$ , de elevatiehoek  $\beta_z$  en de afscherpende werking van vliegtuigdelen. Het laatste effect wordt uitgedrukt in een afschermingsfactor  $q$ , die (afhankelijk van de vliegtuigcategorie) de waarde 0 of 1 heeft. De elevatiehoek  $\beta_z$  wordt afgeleid uit  $sh_z$  en  $h_z$ .

*(A6) Bepaling van het gecorrigeerde momentane geluidsniveau in het berekeningspunt als gevolg van een vliegtuigpassage in de punten  $Z$*

Het momentane geluidsniveau ( $LA_z$ ) is het geluidsniveau dat in een berekeningspunt wordt waargenomen, indien een vliegtuig, behorend tot categorie  $k$ , een vlucht uitvoert volgens procedure  $m$  boven grondpad  $j$  en zich bevindt in punt  $Z$  van de vliegbaan. Het geluidsniveau is gecorrigeerd met de LGV. Voor elk punt  $Z$  wordt het niet-gecorrigeerde momentane geluidsniveau ( $LA'_z$ ) afgeleid uit de geluidstabellen van de Appendices, op basis van de afstand  $s$  tussen het berekeningspunt en het vliegbaanpunt  $Z$  en de motorstuwkracht  $T$ . De correctie van het geluidsniveau vindt plaats door de LGV in mindering te brengen.

Bij de afleiding van geluidswaarden uit de tabellen in de Appendices is veelal interpolatie of extrapolatie noodzakelijk. Interpolatie op basis van zowel de logaritme van de afstand als de motorstuwkracht dient lineair plaats te vinden. Indien de berekende log(afstand) of stuwkracht of zowel de log(afstand) als de stuwkracht buiten de van toepassing zijnde geluidstabel in de Appendices valt (vallen), dan wordt lineair geëxtrapolerd op basis van de twee waarden van de log(afstand), dan wel de stuwkracht, die het dichtst liggen bij de waarden van de log(afstand), respectievelijk de stuwkracht, waarvoor het geluidsniveau moet worden berekend, en de bijbehorende geluidsniveaus uit de tabel.

*(A7) Bepaling van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau ( $LAX_{jkm}$ ) in het berekeningspunt*

Uit alle (gecorrigeerde) momentane geluidsniveaus in de punten Z op de vliegbaan wordt voor iedere vliegtuigpassage het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau berekend in een berekeningspunt (LAX). Voor alle integratiestappen van de vliegbaan worden de momentane geluidsniveaus  $LA_z$  numeriek geïntegreerd over het tijdsinterval  $\Delta t$ . Voor een passage van één vliegtuig, behorende tot categorie k, volgens vliegprocedure m en langs grondpad j worden de stappen A1 t/m A6 apart uitgevoerd. Uiteindelijk leidt dit dus tot een berekend tijdsgeïntegreerd geluidsniveau in een berekeningspunt met dimensies j, k en m ( $LAX_{jkm}$ ).

**B. Berekening hindersom**

De totale hindersom ( $H_{den}$ ) in een berekeningspunt is de sommatie van hindersombijdragen voor alle combinaties van vliegtuigcategorieën k, procedures m en grondpaden j. Deze kan worden berekend in drie stappen, te weten

- B1. Bepalen van het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar per grondpad, gecorrigeerd voor de etmaalperiode.
- B2. Berekenen hindersombijdrage ten gevolge van het aantal vliegtuigpassages van categorie k en volgens procedure m, die een grondpad j volgen.
- B3. Berekenen hindersom.

*(B1) Bepalen van het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar, gecorrigeerd voor de etmaalperiode*

Voor iedere combinatie van vliegtuigcategorie k, procedure m en grondpad j wordt het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar vastgesteld. Daarbij geldt voor de dagperiode (7:00 - 19:00) een correctiefactor 1, voor de avondperiode (19:00 - 23:00) een correctiefactor  $\sqrt{10}$  en voor de nachtperiode (23:00 - 7:00) een correctiefactor 10.

*(B2) Berekenen hindersombijdrage*

De hindersombijdrage in een berekeningspunt wordt berekend met behulp van het tijdgeïntegreerde geluidsniveau ten gevolge van de passage van een vliegtuig behorend tot de verzameling km (categorie k en procedure m), langs grondpad j en het effectieve aantal vliegtuigpassages per jaar van de verzameling km langs het grondpad j.

*(B3) Berekenen hindersom*

De hindersom ( $H_{den}$ ) in een berekeningspunt wordt berekend door alle hindersombijdragen in dat punt, ten gevolge van alle combinaties van vliegtuigcategorieën k, procedures m en grondpaden j, te sommeren.

**C. Berekening geluidbelasting**

De geluidbelasting in een berekeningspunt wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{den} = 10 \cdot \log(H_{den}) - 74.99$$

### 3. Validatie berekening geluidbelasting met $L_{den}$ -tool

#### 3.1 Inleiding

De wijze waarop de geluidsberekeningen met de  $L_{den}$ -tool worden gemaakt, moet voldoen aan de beschrijvingen in het berekeningsvoorschrift. De validatie van de  $L_{den}$ -tool is erop gericht vast te stellen of de  $L_{den}$ -tool daadwerkelijk aan het berekeningsvoorschrift voldoet.

Door het NLR is een aantal testberekeningen uitgevoerd met het geluidsmodel dat de rekenkern vormt van de  $L_{den}$ -tool. Deze testberekeningen zijn in 2011 uitgevoerd met versie 2.0 van de  $L_{den}$  tool<sup>3</sup>. De testberekeningen zijn nog steeds relevant aangezien ze betrekking hebben op delen van het voorschrift die niet zijn gewijzigd.

Er zijn 2 sets van 6 testberekeningen gemaakt waarbij telkens de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt is berekend. Daarbij zijn door het NLR alle tussenresultaten van de 12 testberekeningen beschikbaar gemaakt. Het gaat hier om tussenresultaten voor alle punten Z die worden vastgesteld bij het doorrekenen van de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt.

De testberekeningen hebben alleen betrekking op de validatie van het gedeelte van het rekenmodel voor de berekening van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX). De validatie van dit deel van het rekenmodel is het meest complex. De validatie van de berekening van de hindersondergrens en de berekening van de uiteindelijke  $L_{den}$ -geluidbelasting is relatief eenvoudig en heeft plaatsgevonden op basis van een aantal additionele testberekeningen met de volledige  $L_{den}$ -tool.

Ten behoeve van de validatie van het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau is door VLB, op basis van het berekeningsvoorschrift, een spreadsheet ontwikkeld waarmee de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging in 1 berekeningspunt wordt berekend. In de spreadsheet kan de invoer voor een berekening worden ingevoerd, op grond waarvan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) voor de betreffende vliegtuigbeweging in het betreffende berekeningspunt wordt berekend. Het gaat om de volgende invoer:

- Prestatieprofiel voor de beschouwde vliegtuigcategorie (k) en procedure (m).
- Ligging grondpad (j) in termen van zogenaamde routepunten.
- Ligging berekeningspunt (x- en y-coördinaat).
- Afschermingsfactor q (0 of 1) voor beschouwde vliegtuigcategorie (k).
- Geluidstabel voor beschouwde vliegtuigcategorie (k).

In de spreadsheet worden alle tussenresultaten voor de punten Z berekend en vastgelegd. De berekende tussenresultaten worden vergeleken met de door het NLR berekende

---

<sup>3</sup> Een deel van de testberekeningen is herhaald met versie 3.2 van de  $L_{den}$  tool waarbij is vastgesteld dat resultaten van beide versies (2.0 en 3.2) niet van elkaar afwijken.



tussenresultaten. Met behulp van de spreadsheet kan dus in groot detail worden nagegaan in hoeverre de NLR rekenkern (zoals opgenomen in de  $L_{den}$ -tool) voldoet aan het berekeningsvoorschrift.

In paragraaf 3.2 wordt nader ingegaan op de specificatie van de 12 testberekeningen. Paragraaf 3.3 gaat in op de vergelijking van de NLR resultaten en de resultaten van de controleberekeningen. In paragraaf 3.4 wordt ingegaan op de validatie van de berekening van de uiteindelijke  $L_{den}$ -geluidbelasting. Een samenvatting van de belangrijkste conclusies wordt gegeven in paragraaf 3.5.

### 3.2 Testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de 2 sets van 6 testberekening die in het kader van de validatie van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau zijn uitgevoerd. De testberekeningen in de eerste set (i.e. set A) zijn het eerst gemaakt en hebben alle betrekking op vliegbewegingen met klein verkeer (categorie 002 of 003) op de luchthaven Texel.

**Tabel 3.1 Overzicht testberekeningen voor validatie tijdsgeïntegreerd geluidsniveau**

Run	Vliegveld	Categorie	Procedure	Baan	Route	Tijdsstap
<b>Set A</b>						
Run A1	Texel	002	Start	04	0010	2.0 sec.
Run A2	Texel	002	Landing	04	0020	2.0 sec.
Run A3	Texel	002	Start	04	0012 (para)	2.0 sec.
Run A4	Texel	003	Start	22	0018	2.0 sec.
Run A5	Texel	003	Landing	22	0025	2.0 sec.
Run A6	Texel	003	Landing	22	0025	2.0 sec.
<b>Set B</b>						
Run B1	Texel	002	Start	04	0010	0.1 sec.
Run B2	Texel	002	Landing	04	0020	0.1 sec.
Run B3	Lelystad	069	0500	23	RWYH	2.0 sec.
Run B4	Lelystad	069	1000	05	STIN	2.0 sec.
Run B5	Lelystad	069	0500	23	RWYH	2.0 sec.
Run B6	Lelystad	011	1000	05	STIN	2.0 sec.

Met de testberekeningen in set A waren een aantal aspecten van de berekening van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau niet afgedekt, te weten:

- Het werken met prestatieprofielen waarbij de motorstuwkracht niet is uitgedrukt in een thrustindex, en waarbij volgens het rekenvoorschrift in de geluidstabel een dubbele interpolatie moet plaatsvinden (i.e. over motorstuwkracht en afstand)
- Het extrapoleren van prestatieprofielen en geluidstabellen.

- Het rekenen met een situatie waarbij er wel sprake is van afscherming (van invloed op de berekenende LGV).
- Het rekenen met een tijdstap van 0,1 seconden (in plaats van 2 seconden) voor berekeningen in handhavingspunten.

Een tweede set (i.e. set B) van 6 testberekeningen is gedefinieerd en uitgevoerd, waarin bovengenoemde aspecten wel zijn meegenomen. Daarnaast zijn in set B ook testberekeningen voor het groot verkeer opgenomen.

In bijlage A wordt voor de 12 testberekeningen een overzicht gegeven van de ligging van de routes en de ligging van de berekeningspunten.

### 3.3 Vergelijking resultaten testberekeningen

In eerste instantie zijn de tussenresultaten van de testberekening zoals opgeleverd door het NLR, vergeleken met de tussenresultaten van de implementatie van het berekeningsvoorschrift in de spreadsheet. Hierbij is achtereenvolgens voor alle punten Z naar de volgende tussenresultaten gekeken:

1. Tijdsinterval  $\Delta t_z$  en afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ ).
2. Ligging punten F behorend bij de punten Z.
3. Vlieghoogte  $h_z$  en motorstuwkracht  $T_{Iz}$ .
4. Afstand  $s_z$  tussen berekeningspunt en punten Z.
5. Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ ).
6. Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ ).
7. Hindersombijdrage van  $LA_z$  aan tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX).

De tussenresultaten zoals berekend door het NLR zijn stap voor stap vergeleken met de resultaten die berekend zijn in de spreadsheet. Onderstaand wordt ingegaan op de wijze waarop, op grond van het berekeningsvoorschrift, de verschillende stappen zijn geïmplementeerd in de spreadsheet.

#### *(1). Tijdsinterval $\Delta t_z$ en afgelegde weg langs het grondpad ( $w_z$ )*

In principe geldt voor  $\Delta t$  een waarde van 2 of 0,1 seconde. Indien binnen de integratiestap echter een segmentovergang plaatsvindt in het prestatieprofiel, wordt de lengte van de integratiestap aangepast, zodanig dat de integratiestap eindigt ter plekke van de segmentovergang in het prestatieprofiel. In de eerste stap in de spreadsheet is, op grond van de gegevens in het prestatieprofiel, de waarde voor  $\Delta t$  vastgesteld voor de laatste integratiestap binnen ieder segment van het prestatieprofiel. Daarbij is direct vastgesteld voor welke punten Z (genummerd vanaf het begin van de vliegbaan) een afwijkende waarde voor  $\Delta t$  geldt.

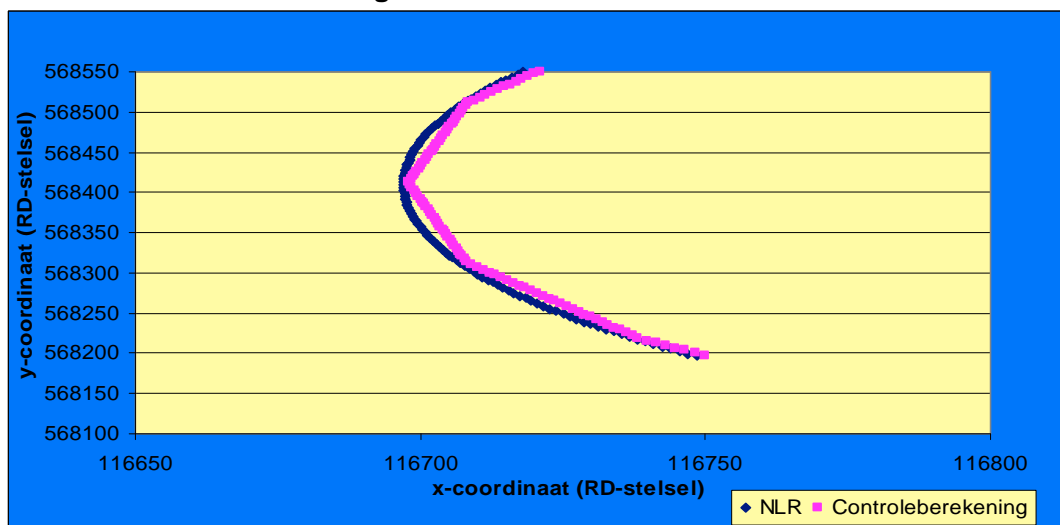
Op basis van de vastgestelde waarden voor  $\Delta t_z$  en de snelheden in het prestatieprofiel is voor ieder punt Z de afgelegde weg tot het einde van iedere integratiestap vastgesteld.

(2). *Ligging punten F behorend bij de punten Z*

De punten Z van de vliegbaan zijn de punten in het midden van een segment dat behoort bij een integratiestap. De punten Z bevinden zich altijd loodrecht boven het grondpad, en het punt  $F_z$  is het snijpunt van het grondpad met de loodlijn vanuit het bijbehorende punt Z.

Voor de vaststelling van de ligging van de punten F (in termen van X- en Y-coördinaat) moet gebruik worden gemaakt van de ligging van het grondpad. De ligging van het grondpad (of route) is invoer voor het rekenmodel (en ook voor de spreadsheet), en is gespecificeerd in termen van routepunten. Het NLR heeft routepunten om de 100 m gedefinieerd. Aangezien geen additionele informatie beschikbaar is gemaakt, is er in de controleberekening vanuit gegaan dat de route is opgebouwd uit rechte lijnstukken (aangeduid als routesegmenten) tussen de opgegeven routepunten. Dit geldt ook voor routesegmenten gelegen in een bocht. Door het NLR is echter aangegeven dat zij een spline trekt door de routepunten. Voor rechte delen van routes ontstaan door het trekken van een spline kleine (insignificante) afwijkingen t.o.v. het rechte routeverloop. Het verschil tussen het NLR en de controleberekening voor wat betreft de ligging van de punten Z wordt geïllustreerd in figuur 3.1. De figuur heeft betrekking op de ligging van de punten Z op een deel van de route in testberekening B2. Te zien is dat de ligging van de punten Z in de controleberekening een knik te zien geven. Dit heeft te maken met de aanname dat de routesegmenten rechte lijnstukken zijn. Duidelijk is dat de ligging van de punten Z zoals door het NLR aangehouden een betere representatie te zien geeft van een werkelijke vliegroute. Hierbij wordt wel aangetekend dat in het berekeningsvoorschrift op dit punt niets is vastgelegd, en dat er op dit punt dus interpretatieruimte is.

**Figuur 3.1. Ligging punten Z in NLR- en controleberekening voor deel van route in testberekening B2.**



### *(3). Vlieghoogte $h_z$ en motorstuwkracht $TI_z$*

De tussenresultaten m.b.t. vlieghoogte  $h_z$  en motorstuwkracht  $TI_z$  zijn in de spreadsheet berekend op grond van de waarden voor  $w_z$  zoals vastgesteld door het NLR en het prestatieprofiel. Hierdoor is expliciet nagegaan of deze rekenstap wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift (i.e. afwijkingen zijn niet te wijten aan eventuele afwijkingen in  $w_z$  zoals vastgesteld in stap 1).

### *(4). Afstand $s_z$ tussen berekeningspunt en punten Z*

De tussenresultaten m.b.t. de afstand  $s_z$  zijn in de spreadsheet berekend op grond van de ligging van de punten Z zoals vastgesteld door het NLR. Hierdoor is expliciet nagegaan of deze rekenstap wordt uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift. Afwijkingen zijn dus niet te wijten aan eventuele afwijkingen in de ligging van de punten Z zoals vastgesteld in stap 2 (X- en Y-coördinaat per punt Z) of stap 3 (vlieghoogte per punt Z).

In de spreadsheet is in eerste instantie de afstand  $sh_z$  tussen het berekeningspunt en de punten F berekend. De afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en de punten Z is vervolgens afgeleid uit de vlieghoogte  $h_z$  en de afstand  $sh_z$  (Pythagoras).

### *(5). Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )*

In eerste instantie is conform het berekeningsvoorschrift in de spreadsheet de elevatiehoek  $\beta_z$  afgeleid uit  $sh_z$  en  $h_z$ . Hierbij is gebruik gemaakt van  $sh_z$  en  $h_z$  zoals door het NLR vastgesteld zodat het resultaat van deze rekenstap afzonderlijk wordt getest. De  $LGV_z$  is in de spreadsheet conform het berekeningsvoorschrift afgeleid uit  $s_z$  en  $\beta_z$ .

### *(6). Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )*

Het momentane geluidsniveau ( $LA_z$ ) is het geluidsniveau dat in een berekeningspunt wordt waargenomen, indien een vliegtuig zich bevindt in punt Z van de vliegbaan. Het geluidsniveau is gecorrigeerd met de LGV. Voor elk punt Z wordt het niet-gecorrigeerde momentane geluidsniveau ( $LA'_z$ ) afgeleid uit de geluidstabellen van de Appendices, op basis van de afstand  $s_z$  tussen het berekeningspunt en het vliegbaanpunt Z en de motorstuwkracht  $TI_z$ . In de spreadsheet is voor de afleiding van  $LA'_z$  gebruik gemaakt van  $s_z$  en  $TI_z$  zoals door het NLR vastgesteld, zodat het resultaat van deze rekenstap afzonderlijk wordt getest. Voor het vaststellen van  $LA'_z$  zijn in de spreadsheet de interpolatie- en extrapolatieprocedures in de geluidstabel, zoals opgenomen in het berekeningsvoorschrift, geïmplementeerd.

### *(7). Hindersombijdrage van $LA_z$ aan tijdsgeïntegreerde geluidsniveau ( $LAX$ )*

Door het NLR is per punt Z verder de volgende uitvoer gegenereerd:

- De hindersombijdrage van  $LA_z$  aan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (uitgaande van een referentieperiode van 1 seconde). In de formule voor de bepaling van LAX is dit de term:  $10^{(LA_z / 10)}$ . In de uitvoer van het NLR model wordt deze bijdrage per punt Z aangeduid als  $HS_z$ .
- De cumulatieve hindersombijdrage van  $LA_z$  aan het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau. In de formule voor de bepaling van LAX is dit de term:  $\sum_z \Delta t \cdot 10^{(LA_z / 10)}$ . Hierbij gaat het in ieder punt Z om de hindersombijdrage van het betreffende punt Z en alle punten Z tussen het begin van het grondpad en het betreffende punt Z. Door het NLR wordt deze cumulatieve hindersombijdrage aangeduid als  $HS_{som_z}$ .

In de spreadsheet zijn  $HS_z$  en  $HS_{som_z}$  bepaald op basis van de  $LA_z$  die volgt uit stap 6. Voor de berekening van  $HS_{som_z}$  is gebruik gemaakt van  $\Delta t_z$  zoals bepaald door het NLR.

## Resultaten

Voor de verschillende testberekeningen zijn de tussenresultaten van de controleberekening vergeleken met de tussenresultaten berekend door het NLR. In tabel 3.2 is voor de verschillende tussenresultaten het maximale verschil (in enig punt Z) tussen de NLR berekening en de controleberekening weergegeven. Daarnaast is ook het aantal punten Z weergegeven dat voor de verschillende testberekeningen is vastgesteld.

Uit tabel 3.2 is het volgende op te maken:

- De maximale verschillen die worden gevonden zijn over het algemeen zeer klein en hebben veelal te maken met zaken als afronding, het rekenen op een ander platform e.d.
- In een aantal testberekeningen worden voor de ligging van de punten Z (x- en y-coördinaat) verschillen gevonden die enige significantie hebben. Zoals te zien, bedraagt de afwijking van de ligging van de X- of Y-coördinaten maximaal ongeveer 5 á 6 meter. De afwijkingen vinden alleen plaats in runs waarin sprake is van een gebogen route (i.e. runs A1 t/m A6 en B1/B2 - zie ook bijlage A). De verschillen hebben rechtstreeks te maken met het feit dat in de controleberekening de routesegmenten van 100 m zijn geïnterpreteerd als rechte lijnstukken terwijl het NLR een spline trekt door de routepunten (zie ook figuur 3.1). Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat in het berekeningsvoorschrift op dit punt geen voorgeschreven procedure is opgenomen. Overigens zijn de gevonden afwijkingen voor de ligging van de punten Z niet van significante invloed op het uiteindelijk berekende geïntegreerd geluidsniveau (zie tabel 3.3).

**Tabel 3.2. Maximaal verschil in enig punt Z tussen controleberekening en NLR berekening voor verschillende tussenresultaten.**

	eenheid	Runs set A					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Aantal punten Z	--	116	156	86	152	134	134
Maximale verschil tussenresultaten							
Vliegtijd per integratiestap ( $\Delta t_z$ )	seconde	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Afstand $W_z$ tussen begin grondpad en $F_z$	meter	0.11	0.31	0.35	0.07	0.09	0.09
Ligging punten Z: X-coördinaat	meter	4.07	4.49	6.51	4.99	5.28	5.28
Ligging punten Z: Y-coördinaat	meter	3.34	4.79	4.20	2.69	4.10	4.10
Vlieghoogte $h_z$	meter	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.04
Motorstuwkracht ( $TI_z$ )	index	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afstand $S_z$ tussen berekeningpunt en punt Z	meter	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Elevatiehoek $\beta_z$	rad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.02%	0.06%	0.02%	0.02%	0.05%	0.07%
Cumulatieve hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.09%	0.19%	0.08%	0.18%	0.10%	0.09%
	eenheid	Runs set B					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Aantal punten Z	--	2277	3099	59	66	124	118
Maximale verschil tussenresultaten							
Vliegtijd per integratiestap ( $\Delta t_z$ )	seconde	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Afstand $W_z$ tussen begin grondpad en $F_z$	meter	0.15	0.33	0.00	0.02	0.02	0.03
Ligging punten Z: X-coördinaat	meter	4.84	4.10	0.04	0.06	0.08	0.07
Ligging punten Z: Y-coördinaat	meter	4.12	3.29	0.15	0.13	0.12	0.13
Vlieghoogte $h_z$	meter	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02
Motorstuwkracht ( $TI_z$ )	index	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00
Afstand $S_z$ tussen berekeningpunt en punt Z	meter	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Elevatiehoek $\beta_z$	rad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laterale geluidsverzwakking ( $LGV_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Momentane geluidsniveau ( $LA_z$ )	dB(A)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.11%	0.23%	0.09%	0.12%	0.11%	0.09%
Cumulatieve hindersombijdrage $LA_z$	% verschil	0.01%	0.04%	0.06%	0.03%	0.01%	0.02%

In een volgende stap in de validatie is getoetst in hoeverre de zeer kleine verschillen in de afzonderlijke rekenstappen van invloed zijn op het uiteindelijke berekende tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX). Hiervoor is een aparte versie van de spreadsheet gemaakt, waarin de rekenstappen niet meer afzonderlijk worden getoetst (met gebruikmaking van NLR tussenresultaten die in eerdere stappen al zijn getoetst), maar waarin de gehele berekening is gebaseerd op de tussenresultaten van de controleberekening zelf. In tabel 3.3 wordt hierbij een

vergelijking gemaakt tussen het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) afgeleid uit de HSsom zoals berekend door het NLR en de HSsom zoals vastgesteld in de controleberekening. Uit tabel 3 is op te maken dat de verschillen minimaal zijn (maximaal ongeveer 0.02 dB(A) voor testberekening A2).

**Tabel 3.3. Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) voor verschillende testberekeningen (resultaat NLR versus resultaat controleberekening).**

Run	1. NLR	2. Controleberekening	Vershil (1 minus 2)
<b>Set A</b>			
Run A1	79.5168	79.5095	+0.0073
Run A2	69.8543	69.8344	+0.0199
Run A3	88.4334	88.4458	-0.0125
Run A4	85.9849	85.9802	+0.0047
Run A5	77.4075	77.4079	-0.0004
Run A6	67.7628	67.7593	+0.0035
<b>Set B</b>			
Run B1	79.5254	79.5138	0.011641
Run B2	68.8172	68.8040	0.013228
Run B3	87.8232	87.8232	-0.000023
Run B4	88.5692	88.5688	0.000410
Run B5	44.8381	44.8381	0.000003
Run B6	82.6506	82.6504	0.000247

### 3.4 Validatie berekening L<sub>den</sub>-geluidbelasting

In de vorige paragraaf is aan de hand van de met de spreadsheet uitgevoerde controleberekeningen aangetoond dat de vaststelling van de hindersombijdrage van afzonderlijke traffic regels in een berekeningspunt in de L<sub>den</sub>-tool plaats vindt conform het berekeningsvoorschrift. Als onderdeel van de validatie is aan de hand van de L<sub>den</sub>-tool vervolgens nagegaan of de L<sub>den</sub>-geluidbelasting in de handhavingpunten kan worden afgeleid uit de berekende hindersombijdragen van de verschillende traffic regels. De hindersombijdragen van traffic regels voor de verschillende handhavingpunten worden in de L<sub>den</sub>-tool weggeschreven naar het bestand traffic.dbf. Voor alle handhavingpunten wordt de optelling van de hindersombijdragen over de traffic regels gepresenteerd in de schil van de L<sub>den</sub>-tool. De optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom (rechtstreekse optelling) verloopt correct. Vervolgens is nagegaan of de vertaalslag van de hindersom (H<sub>den</sub>) naar de L<sub>den</sub>-geluidbelasting in dB(A) correct plaatsvindt. Conform het berekeningsvoorschrift dient deze vertaalslag plaats te vinden met de formule:  $L_{den} = 10^{*10} \log(H_{den}) - 74.99$ . Aan de hand van een aantal testberekeningen met de L<sub>den</sub>-tool is vastgesteld is dat deze vertaalslag correct plaatsvindt.

### 3.5 Conclusies

De belangrijkste conclusies van de validatie zijn onderstaand samengevat.

1. Met de uitgevoerde testberekeningen zijn alle aspecten van de in het berekeningsvoorschrift vastgelegde berekeningswijze van het tijdsgeïntegreerd geluidsniveau gevalideerd. Over het algemeen is het berekeningsvoorschrift voor wat betreft de berekening van de geluidbelasting in berekeningspunten eenduidig. Alleen voor de ligging van de punten Z (X- en Y-coördinaten) en de afstand  $s_z$  tot het berekeningspunt worden in een aantal testberekeningen afwijkingen gevonden.
2. Voor de ligging van de X- of Y-coördinaten van de punten Z bedraagt de maximale afwijking tussen de NLR uitkomst en de controleberekening ongeveer 5 m. De afwijkingen vinden alleen plaats in runs waarin sprake is van een gebogen route. De verschillen hebben rechtstreeks te maken met het feit dat in de controleberekening de routesegmenten van 100 m zijn geïnterpreteerd als rechte lijnstukken terwijl het NLR een spline trekt door de routepunten. De ligging van de punten Z zoals door het NLR aangehouden geven in bochten een goede representatie van een werkelijke vliegroute (zie figuur 3.1). De gevonden verschillen voor de ligging van de punten Z tussen de NLR berekeningen en de controleberekeningen zijn niet van significante invloed op het uiteindelijk berekende geïntegreerd geluidsniveau van een vliegtuigbeweging. Verder is van belang dat op dit punt in het berekeningsvoorschrift geen voorgeschreven procedure opgenomen. Er is dus geen 'standaard' waar aan moet worden voldaan.
3. De optelling van de hindersombijdragen tot de totale hindersom en de vertaalslag van deze totale hindersom naar de  $L_{den}$ -geluidbelasting in dB(A) worden in de  $L_{den}$ -tool uitgevoerd conform het berekeningsvoorschrift.





## 4. Validatie berekende geluidbelasting met $L_{den}$ tool voor omzettingsbesluit

### 4.1 Overzicht uitgevoerde validatieberekeningen

In de afgelopen jaren zijn met de  $L_{den}$ -tool voor een aantal luchthavens in Nederland berekeningen uitgevoerd in kader van te nemen omzettings- en luchthavenbesluiten. Het gaat hier zowel om luchthavens met alleen klein verkeer als luchthavens met groot en klein verkeer. Hierbij is van belang dat voor groot verkeer met deelroutes wordt gerekend.

Ten einde vast te stellen of de geluidbelasting in het kader van formele besluiten is berekend conform het berekeningsvoorschrift, is een aantal validatieberekeningen uitgevoerd. De validatieberekeningen hebben betrekking op het omzettingsbesluit van de luchthaven Eelde waarbij zowel validatieberekeningen met betrekking tot groot als klein verkeer zijn uitgevoerd. Een overzicht van de validatieberekeningen wordt gegeven in tabel 4.1. Te zien is dat er 2 validatieberekeningen met betrekking tot klein verkeer (categorie 001 en 002) zijn uitgevoerd en 1 berekening met betrekking tot groot verkeer (categorie 469). Verder is te zien dat in de validatieberekeningen gekeken is naar de berekende geluidbelasting voor een deel van de wettelijk voorgeschreven 100 m handhavingspunten voor Eelde (HH\_05, HH\_01 en HH\_23).

**Tabel 4.1 Overzicht validatieberekeningen in relatie tot omzettingsbesluit Eelde.**

Run	Vliegveld	Categorie	Procedure	Baan	Route	Deelroutes	Punt
C1	Eelde	001	108	23	ROMEO	1	HH_05
C2	Eelde	002	001	01	UNIFORM	1	HH_01
C3	Eelde	469	1000	23	823	81	HH_23

De validatieberekeningen zijn zowel uitgevoerd met de laatste versie van de NLR standalone rekenkern (dit is de rekenkern die is opgenomen in versie 3.2 van de  $L_{den}$ -tool) als met de door VLB ontwikkelde spreadsheet (wederom aangeduid als 'controleberekeningen'). De resultaten zijn vergeleken met het rekenresultaat van de officiële berekeningen die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde. Daarnaast is voor de validatieberekening met deelroutes (run C3) een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van de berekening voor individuele deelroutes van de NLR rekenkern en de spreadsheetberekening.

In bijlage A wordt voor de 3 validatieberekeningen een overzicht gegeven van de ligging van de routes en de ligging van de handhavingspunten. Voor run C3 wordt met deelroutes -40 en 40 het spreidingsgebied weergegeven en wordt tevens de nominale route (deelroute 0) weergegeven.

### 4.2 Resultaten validatieberekeningen

In tabel 4.2 wordt voor de 3 validatieberekeningen het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) afgeleid uit de HSsom zoals berekend door de NLR standalone rekenkern en de HSsom zoals vastgesteld in de controleberekening. Dit resultaat wordt vergeleken met het tijdsgeïntegreerde

geluidsniveau afgeleid uit de resultaten van berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde. Hierbij is gebruik gemaakt van het bestand traffic.dbf waarin voor de handhavingspunten de HSSom per traffic regel wordt weggeschreven. De 3 validatieberekeningen hebben alle betrekking op 1 traffic regel. De HSSom voor de in de validatieberekeningen beschouwde handhavingspunten uit het bestand traffic.dbf is gedeeld door het aantal 'movements' dat ook is opgenomen in traffic.dbf om de vergelijking van de geluidbelasting van 1 vliegtuigbeweging (zoals berekend met de NLR standalone rekenkern en de controleberekening) te kunnen maken.

Te zien is in tabel 4.2 dat de verschillen die worden gevonden over het algemeen zeer klein zijn. Hierbij geldt dat er ook zeer kleine verschillen zijn tussen de resultaten van de omzettingsbesluit-berekening (berekend met de NLR rekenkern als integraal onderdeel van de  $L_{den}$  tool) en de NLR standalone rekenkern. Deze verschillen hebben te maken met het rekenen op een ander platform. Het maximale verschil tussen de controleberekening en de omzettingsbesluit-berekening bedraagt ongeveer 0.01 dB(A) voor run C3.

**Tabel 4.2 Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) voor validatieberekeningen.**

Run	1.Berekening omzettingsbesluit ( $L_{den}$ tool)	2. NLR standalone rekenkern	3.Controle-berekening	Vershil (1 minus 2)	Vershil (1 minus 3)
C1	69.37	69.37	69.37	0.0002	0.0014
C2	90.38	90.38	90.38	-0.0025	-0.0032
C3	100.34	100.34	100.33	-0.0006	0.0118

In het berekeningsvoorschrift is voorgeschreven dat bij het beschouwen van spreiding per nominale route 3, 9, 27, 81 of 243 deelroutes dienen te worden beschouwd. Het aantal te beschouwen deelroutes is daarbij afhankelijk van een te hanteren nauwkeurigheidscriterium. Op de vraag of in de  $L_{den}$ -tool het nauwkeurigheidscriterium wordt toegepast conform het berekeningsvoorschrift wordt in hoofdstuk 5 van dit rapport ingegaan.

Voor run C3 worden, zoals aangegeven in tabel 4.1, 81 deelroutes beschouwd. In tabel 4.3 worden de rekenresultaten voor deze deelroutes vergeleken tussen de NLR standalone rekenkern en de controleberekening. Voor beide berekeningen worden per deelroute de volgende resultaten getoond:

- De berekende hindersom;
- Het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) op basis van de berekende hindersom;
- De hindersom vermenigvuldigd met de voor een deelroute van toepassing zijnde verkeersfractie.

De verkeersfracties zijn gebaseerd op een normaalverdeling, waarbij de buitenste deelroutes (-40, 40) de kleinste verkeersfractie hebben en de nominale route (deelroute 0) de grootste verkeersfractie heeft. De verkeersfracties over deelroutes tellen uiteraard op tot 1 (zie ook tabel

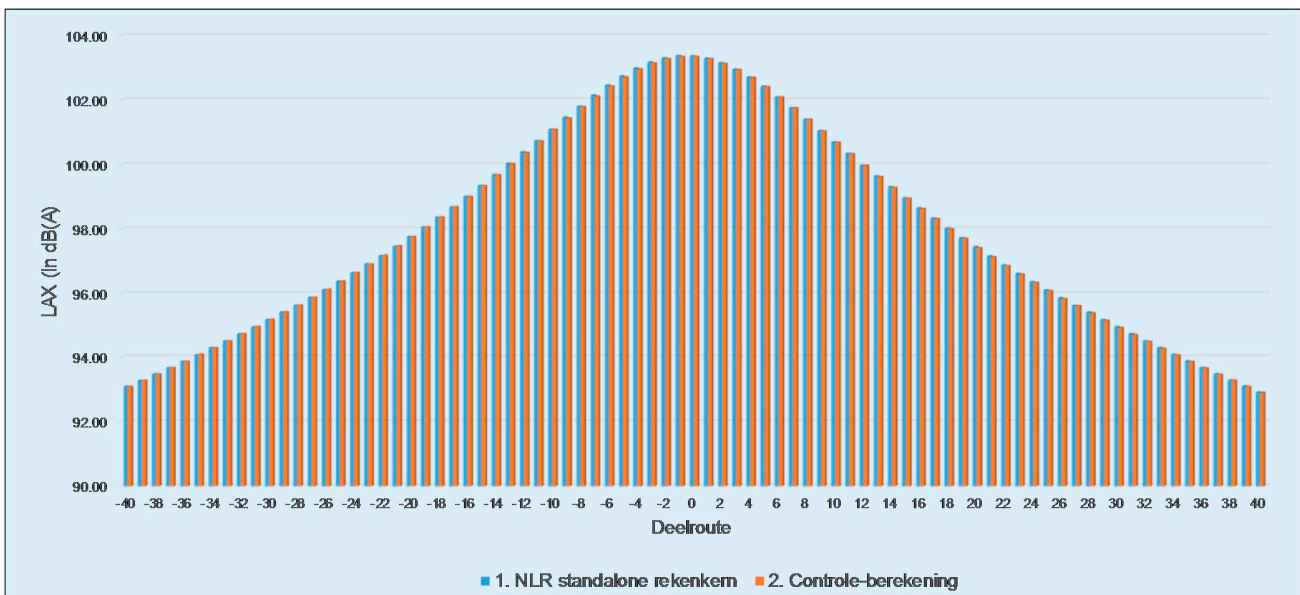
4.3). De wijze waarop aan deelroutes verkeersfracties worden toegekend is niet vastgelegd in het berekeningsvoorschrift en is dan ook niet gevalideerd.

De waarden van de hindersom vermenigvuldigd met de verkeersfractie dienen te worden opgeteld en leiden tot de hindersom voor de betreffende trafficregel. Te zien is in tabel 4.3 dat voor zowel de NLR standalone rekenkern als de controleberekening de totale hindersom  $1.08 \cdot 10^{10}$  bedraagt. Op basis van deze totale hindersom is het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau voor run C3 vastgesteld (zie waarden in tabel in tabel 4.2).

Uit tabel 4.3 is op te maken dat voor alle deelroutes het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) zoals berekend door de NLR standalone rekenkern en de controleberekening zeer goed overeenkomt (maximale verschil 0.03 dB(A)). Dit wordt onderstreept door de grafische vergelijking van de resultaten per deelroute in figuur 4.1.

De conclusie is dus dat ook voor het groot verkeer waar wordt gerekend met deelroutes het resultaat van de berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit, eenduidig kan worden gereproduceerd op basis van een controleberekening.

**Figuur 4.1** Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A) per deelroute voor run C3 - NLR standalone rekenkern versus controleberekening.



**Tabel 4.2. Resultaten voor 81 deelroutes run C3 - NLR standalone rekenkern versus controleberekening.**

Deelroute	Hindersom		Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A)		Verschil LAX (1 minus 2) in dB(A)	Verkeersfractie deelroute	Hindersom * verkeersfractie	
	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening	1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening			1. NLR standalone rekenkern	2. Controleberekening
<b>Totaal</b>						<b>1.0000</b>	<b>1.08E+10</b>	<b>1.08E+10</b>
-40	2.03E+09	2.03E+09	93.09	93.08	0.0008	0.0031	6.35E+06	6.35E+06
-39	2.12E+09	2.13E+09	93.27	93.28	-0.0031	0.0034	7.28E+06	7.28E+06
-38	2.23E+09	2.23E+09	93.47	93.47	0.0004	0.0037	8.34E+06	8.34E+06
-37	2.33E+09	2.33E+09	93.67	93.67	-0.0008	0.0041	9.53E+06	9.53E+06
-36	2.44E+09	2.44E+09	93.87	93.87	-0.0060	0.0045	1.09E+07	1.09E+07
-35	2.55E+09	2.56E+09	94.07	94.08	-0.0112	0.0048	1.24E+07	1.24E+07
-34	2.68E+09	2.69E+09	94.29	94.29	-0.0043	0.0052	1.41E+07	1.41E+07
-33	2.82E+09	2.82E+09	94.50	94.50	-0.0071	0.0057	1.60E+07	1.60E+07
-32	2.96E+09	2.97E+09	94.72	94.73	-0.0088	0.0061	1.82E+07	1.82E+07
-31	3.12E+09	3.12E+09	94.94	94.95	-0.0113	0.0066	2.06E+07	2.06E+07
-30	3.28E+09	3.29E+09	95.16	95.17	-0.0114	0.0071	2.33E+07	2.33E+07
-29	3.47E+09	3.47E+09	95.40	95.40	-0.0068	0.0076	2.63E+07	2.63E+07
-28	3.66E+09	3.67E+09	95.64	95.64	-0.0088	0.0081	2.97E+07	2.98E+07
-27	3.87E+09	3.88E+09	95.88	95.89	-0.0065	0.0087	3.35E+07	3.36E+07
-26	4.10E+09	4.11E+09	96.12	96.13	-0.0101	0.0092	3.77E+07	3.78E+07
-25	4.34E+09	4.36E+09	96.38	96.39	-0.0127	0.0098	4.25E+07	4.26E+07
-24	4.61E+09	4.62E+09	96.64	96.65	-0.0110	0.0104	4.78E+07	4.79E+07
-23	4.92E+09	4.92E+09	96.92	96.92	0.0000	0.0109	5.38E+07	5.38E+07
-22	5.22E+09	5.24E+09	97.18	97.19	-0.0159	0.0115	6.02E+07	6.04E+07
-21	5.58E+09	5.60E+09	97.47	97.48	-0.0129	0.0121	6.76E+07	6.78E+07
-20	5.97E+09	5.98E+09	97.76	97.77	-0.0057	0.0127	7.60E+07	7.61E+07
-19	6.40E+09	6.41E+09	98.06	98.07	-0.0031	0.0133	8.52E+07	8.53E+07
-18	6.87E+09	6.88E+09	98.37	98.37	-0.0065	0.0139	9.55E+07	9.57E+07
-17	7.39E+09	7.39E+09	98.68	98.69	-0.0039	0.0145	1.07E+08	1.07E+08
-16	7.96E+09	7.96E+09	99.01	99.01	-0.0014	0.0151	1.20E+08	1.20E+08
-15	8.60E+09	8.60E+09	99.35	99.35	0.0011	0.0156	1.34E+08	1.34E+08
-14	9.30E+09	9.29E+09	99.68	99.68	0.0026	0.0162	1.50E+08	1.50E+08
-13	1.01E+10	1.01E+10	100.03	100.03	0.0052	0.0167	1.68E+08	1.68E+08
-12	1.09E+10	1.09E+10	100.39	100.37	0.0159	0.0172	1.88E+08	1.87E+08
-11	1.19E+10	1.18E+10	100.74	100.73	0.0058	0.0176	2.09E+08	2.09E+08
-10	1.29E+10	1.28E+10	101.09	101.09	0.0068	0.0181	2.33E+08	2.32E+08
-9	1.40E+10	1.39E+10	101.46	101.44	0.0227	0.0185	2.59E+08	2.57E+08
-8	1.52E+10	1.51E+10	101.81	101.79	0.0160	0.0189	2.86E+08	2.85E+08
-7	1.64E+10	1.63E+10	102.15	102.12	0.0288	0.0192	3.15E+08	3.13E+08
-6	1.76E+10	1.75E+10	102.45	102.43	0.0230	0.0195	3.43E+08	3.41E+08
-5	1.88E+10	1.87E+10	102.74	102.72	0.0269	0.0197	3.71E+08	3.69E+08
-4	1.99E+10	1.98E+10	102.99	102.96	0.0304	0.0199	3.97E+08	3.94E+08
-3	2.07E+10	2.06E+10	103.17	103.15	0.0227	0.0201	4.17E+08	4.15E+08
-2	2.14E+10	2.13E+10	103.30	103.28	0.0219	0.0202	4.33E+08	4.31E+08
-1	2.17E+10	2.16E+10	103.37	103.35	0.0215	0.0203	4.41E+08	4.39E+08
0	2.17E+10	2.16E+10	103.37	103.35	0.0169	0.0203	4.41E+08	4.39E+08
1	2.13E+10	2.13E+10	103.29	103.28	0.0121	0.0203	4.33E+08	4.32E+08
2	2.07E+10	2.06E+10	103.15	103.14	0.0125	0.0202	4.18E+08	4.17E+08
3	1.97E+10	1.97E+10	102.95	102.94	0.0062	0.0201	3.96E+08	3.96E+08
4	1.87E+10	1.86E+10	102.71	102.70	0.0108	0.0199	3.72E+08	3.71E+08
5	1.75E+10	1.74E+10	102.42	102.41	0.0096	0.0197	3.45E+08	3.44E+08
6	1.62E+10	1.62E+10	102.09	102.09	-0.0017	0.0195	3.15E+08	3.15E+08
7	1.50E+10	1.50E+10	101.75	101.75	-0.0011	0.0192	2.87E+08	2.87E+08
8	1.38E+10	1.38E+10	101.40	101.41	-0.0044	0.0189	2.60E+08	2.61E+08
9	1.27E+10	1.27E+10	101.05	101.04	0.0063	0.0185	2.35E+08	2.35E+08
10	1.17E+10	1.17E+10	100.70	100.69	0.0077	0.0181	2.12E+08	2.12E+08
11	1.08E+10	1.08E+10	100.34	100.33	0.0096	0.0176	1.91E+08	1.90E+08
12	9.94E+09	9.94E+09	99.97	99.97	0.0017	0.0172	1.71E+08	1.71E+08
13	9.21E+09	9.18E+09	99.64	99.63	0.0141	0.0167	1.54E+08	1.53E+08
14	8.53E+09	8.49E+09	99.31	99.29	0.0217	0.0162	1.38E+08	1.37E+08
15	7.88E+09	7.87E+09	98.97	98.96	0.0081	0.0156	1.23E+08	1.23E+08
16	7.33E+09	7.29E+09	98.65	98.63	0.0237	0.0151	1.10E+08	1.10E+08
17	6.81E+09	6.79E+09	98.33	98.32	0.0157	0.0145	9.87E+07	9.83E+07
18	6.35E+09	6.33E+09	98.03	98.01	0.0168	0.0139	8.83E+07	8.80E+07
19	5.92E+09	5.90E+09	97.73	97.71	0.0154	0.0133	7.89E+07	7.86E+07
20	5.56E+09	5.52E+09	97.45	97.42	0.0298	0.0127	7.07E+07	7.03E+07

**Tabel 4.2 (vervolg).**

Deel- route	Hindersom		Tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) in dB(A)		Verschil LAX (1 minus 2) in dB(A)	Verkeersfractie deelroute	Hindersom * verkeersfractie	
	1. NLR standalone rekenkern	2. Controle- berekening	1. NLR standalone rekenkern	2. Controle- berekening			1. NLR standalone rekenkern	2. Controle- berekening
21	5.21E+09	5.18E+09	97.16	97.14	0.0239	0.0121	6.31E+07	6.28E+07
22	4.88E+09	4.86E+09	96.88	96.86	0.0190	0.0115	5.63E+07	5.60E+07
23	4.59E+09	4.57E+09	96.62	96.60	0.0192	0.0109	5.02E+07	5.00E+07
24	4.33E+09	4.31E+09	96.36	96.34	0.0203	0.0104	4.48E+07	4.46E+07
25	4.08E+09	4.06E+09	96.11	96.09	0.0167	0.0098	3.99E+07	3.97E+07
26	3.86E+09	3.84E+09	95.86	95.84	0.0214	0.0092	3.55E+07	3.54E+07
27	3.65E+09	3.63E+09	95.62	95.60	0.0201	0.0087	3.16E+07	3.14E+07
28	3.46E+09	3.44E+09	95.39	95.37	0.0234	0.0081	2.81E+07	2.79E+07
29	3.28E+09	3.27E+09	95.16	95.14	0.0224	0.0076	2.49E+07	2.48E+07
30	3.12E+09	3.10E+09	94.94	94.92	0.0274	0.0071	2.21E+07	2.20E+07
31	2.96E+09	2.95E+09	94.72	94.70	0.0215	0.0066	1.96E+07	1.95E+07
32	2.82E+09	2.81E+09	94.50	94.48	0.0143	0.0061	1.73E+07	1.72E+07
33	2.69E+09	2.67E+09	94.29	94.27	0.0178	0.0057	1.52E+07	1.52E+07
34	2.56E+09	2.55E+09	94.08	94.06	0.0138	0.0052	1.34E+07	1.34E+07
35	2.44E+09	2.43E+09	93.88	93.86	0.0151	0.0048	1.18E+07	1.18E+07
36	2.33E+09	2.32E+09	93.67	93.66	0.0084	0.0045	1.04E+07	1.04E+07
37	2.23E+09	2.22E+09	93.48	93.47	0.0111	0.0041	9.11E+06	9.09E+06
38	2.13E+09	2.13E+09	93.28	93.28	0.0087	0.0037	7.98E+06	7.97E+06
39	2.04E+09	2.04E+09	93.09	93.09	0.0064	0.0034	6.98E+06	6.97E+06
40	1.96E+09	1.95E+09	92.91	92.90	0.0113	0.0031	6.11E+06	6.09E+06



## **5. Valideren van wijzigingen in berekeningsvoorschrift geïmplementeerd in L<sub>den</sub> tool**

### **5.1 Overzicht van wijzigingen**

Per 1 juli 2012 is een aantal wijzigingen in het berekeningsvoorschrift van kracht geworden (stcrt-2012-12507). Deze wijzigingen en aanvullingen hadden betrekking op:

- a. het gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box rond de start/landingsbanen
- b. het baanafhankelijk berekenen van de geluidbelasting in handhavingspunten op 100 m van de baan.
- c. regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices.
- d. het opnemen van een nauwkeurigheidscriterium in het voorschrift op grond waarvan het aantal deelroutes wordt vastgesteld waarmee wordt gerekend.

De vraag is of de wijzigingen in het berekeningsvoorschrift correct zijn geïmplementeerd in de L<sub>den</sub>-tool. In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op bovengenoemde 4 wijzigingen. Hierbij wordt eerst het berekeningsvoorschrift in relatie tot een wijziging gegeven, waarna wordt ingegaan op de vraag of er een correcte implementatie in de L<sub>den</sub>-tool heeft plaatsgevonden.

### **5.2 Gebruik van modelroutes versus radartracks binnen en buiten een box**

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

In principe wordt in een handavingsberekening voor een luchthaven met naderingsverkeersleiding gebruik gemaakt van radartracks. De geluidbelasting in een berekeningspunt dat in de nabijheid van een start/landingsbaan ligt wordt echter berekend op basis van gemodelleerde routes. Hiertoe wordt voor iedere start/landingsbaan een gebied gedefinieerd. Dit gebied heeft de vorm van een rechthoek. Het gebied is 300 m breed. De lengte van het gebied is de lengte van de start/landingsbaan plus een lengte van 1000 m in het verlengde van de baan aan weerszijde.

De geluidbelasting in de berekeningspunten binnen (of op de lijn van) de gedefinieerde rechthoek (ook wel aangeduid als box) dient dus altijd berekend te worden op basis van gemodelleerde routes. Voor de berekening van de geluidbelasting in de berekeningspunten buiten de gedefinieerde rechthoek moet in een handavingsberekening gebruik worden gemaakt van beschikbare radartracks.

*Resultaten validatie*

Diverse validatietesten zijn uitgevoerd voor de luchthaven Rotterdam. Geconstateerd is dat voor de handhavingspunten gelegen op 100 m van het einde van de baan (gelegen binnen de box) de



geluidbelasting wordt bepaald op basis van gemodelleerde routes. Voor handhavingspunten buiten de box wordt de geluidbelasting bepaald op basis van radartracks.

De resultaten voor 20 vliegtuigbewegingen is weergegeven in tabel 5.1. Ieder van de 20 vliegtuigbewegingen is 2 maal doorgerekend in een handhavingsberekening, waarbij in één geval er een radartrack beschikbaar was en in één geval niet. In tabel 5.1 is te zien dat de resultaten voor de berekeningspunten binnen de box identiek zijn voor dezelfde beweging met en zonder radartrack. Dit aangezien er ondanks de aanwezigheid van de radartrack in één van de 2 trafficregels in beide gevallen van de modelroutes gebruik wordt gemaakt. Voor de handhavingspunten buiten de box daarentegen is er een verschil tussen de geluidbelasting voor eenzelfde vliegtuigbeweging met en zonder radartrack. Dit is correct. In de ene traffic regel wordt gerekend met de modelroute (aangezien er geen radartrack aanwezig is), en in de andere traffic regel wordt gerekend op basis van de beschikbare radartrack.

### **5.3 Geluidbelasting in handhavingspunten baanafhankelijk**

#### *Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

Voor de handhavingspunten op 100 m in het verlengde van een start/ladingsbaan geldt dat de geluidbelasting is gekoppeld aan de betreffende start/landingsbaan. Alleen het verkeer van en naar de betreffende start/landingsbaan wordt dus meegenomen bij het berekenen van de geluidbelasting in dit type handhavingspunt. Dit zowel bij het vaststellen van een grenswaarde (geluidbelastingsberekening) als bij het handhaven van de grenswaarde (handhavingsberekening).

De geluidbelasting in alle overige handhavingspunten en in alle netwerkpunten wordt berekend op basis van het verkeer op alle start/landingsbanen op een luchthaven.

#### *Resultaten validatie*

De rekenresultaten van omzettingsbesluiten voor diverse luchthavens met meer dan 1 start/ladingsbaan zijn bekeken. Vastgesteld is dat:

- In de omzettingsbesluiten genomen vóór 1 juli 2012 (luchthavens Teuge en Terlet) is de geluidbelasting voor de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van het verkeer op alle banen. Dit is conform het rekenvoorschrift dat van kracht was vóór 1 juli 2012.
- Voor luchthavens waarvoor het omzettingsbesluit is genomen op of na 1 juli 2012 (luchthavens Eelde, Hilversum, en Texel) is de geluidbelasting voor de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van alleen het verkeer op de baan waar een handhavingspunt aan is gekoppeld (i.e. verkeer op baan X en X+18). Dit is dus conform het meest recente rekenvoorschrift dat geldt vanaf 1 juli 2012. Ook in handhavingsberekeningen voor deze luchthavens wordt de geluidbelasting in de 100 m handhavingspunten vastgesteld op basis van alleen het verkeer op de baan waar een handhavingspunt aan is gekoppeld.

**Tabel 5.1 Berekening geluidbelasting van traffic regels voor handhavingspunten binnen en buiten de box (met en zonder beschikbare radartracks)**

NR	FLIGHTDATE	FLIGHTTIME	RUNWAY	REGISTR	ICAOCAT	FLIGHTTYPE	CAT	ROUTE	ROUTEM	ROUTETYPE	FLIGHTPROC	HH06	HH24	PUNT_3	PUNT_4	PUNT_5	PUNT_6
												Binnen Box		Buiten Box			
1	07/11/2014	16:44	24	V11	GLF4	S	070	AND1B-B	AND1B-B	M	0500	775912.1	1061972.4	3654.7	6530.8	160749.9	21732.8
	07/11/2014	16:44	24	V11	GLF4	S	070	4921358	AND1B-B	T	0500	775912.1	1061972.4	1160.0	7386.6	127568.8	39163.2
2	07/11/2014	17:20	24	PHHSE	B738	L	469	LAN	LAN	M	1000	398271.7	11028981.0	355334.3	31240.4	510.1	6.2
	07/11/2014	17:20	24	PHHSE	B738	L	469	4921453	LAN	T	1000	398271.7	11028981.0	281134.6	36095.5	934.5	6371.3
3	07/11/2014	17:24	24	EIRJC	RJ85	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	17:24	24	EIRJC	RJ85	L	074	4921459	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	220552.2	20393.5	406.4	5.8
4	07/11/2014	18:05	24	EIRJC	RJ85	S	074	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	5758306.0	6690391.5	56.0	9308.8	405896.7	46726.1
	07/11/2014	18:05	24	EIRJC	RJ85	S	074	4921519	RFS1B-C	T	0500	5758306.0	6690391.5	68.2	12129.6	456779.2	59946.7
5	07/11/2014	18:12	24	GLCYF	E170	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	18:12	24	GLCYF	E170	L	074	4921539	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	204689.8	23478.0	406.5	4.4
6	07/11/2014	18:14	24	PHHSE	B738	S	469	WDY1B-C	WDY1B-C	M	0501	9525487.0	3734424.0	96.8	8971.6	553187.6	94185.1
	07/11/2014	18:14	24	PHHSE	B738	S	469	4921545	WDY1B-C	T	0501	9525487.0	3734424.0	132.8	13915.3	522488.6	66210.5
7	07/11/2014	18:42	24	DACKB	CRJ9	L	074	LAN	LAN	M	1000	303370.7	7014223.5	241779.2	20533.5	303.3	2.5
	07/11/2014	18:42	24	DACKB	CRJ9	L	074	4921609	LAN	T	1000	303370.7	7014223.5	197355.6	24313.8	403.8	3.1
8	07/11/2014	18:54	24	CSDRU	H25B	S	070	RFS1B-B	RFS1B-B	M	0500	768554.2	926079.4	64.3	3781.0	144465.2	18509.0
	07/11/2014	18:54	24	CSDRU	H25B	S	070	4921647	RFS1B-B	T	0500	768554.2	926079.4	85.3	6581.4	86525.6	18675.2
9	07/11/2014	18:56	24	GEUPB	A319	L	077	LAN	LAN	M	1000	668785.1	12378130.0	342521.3	10813.0	30.5	0.0
	07/11/2014	18:56	24	GEUPB	A319	L	077	4921653	LAN	T	1000	668785.1	12378130.0	254150.9	6939.5	38.5	0.0
10	07/11/2014	19:01	24	OOVLN	F50	S	071	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0000	14963305.0	8531844.0	594.0	36671.7	1400841.6	135998.5
	07/11/2014	19:01	24	OOVLN	F50	S	071	4921671	RFS1B-C	T	0000	14963305.0	8531844.0	809.3	56212.4	809935.4	86766.4
11	07/11/2014	19:05	24	GLCYF	E170	S	074	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	18209376.0	21156892.0	177.0	29437.1	1283559.0	147761.0
	07/11/2014	19:05	24	GLCYF	E170	S	074	4921681	RFS1B-C	T	0500	18209376.0	21156892.0	220.6	38460.0	1298226.3	95906.5
12	07/11/2014	19:47	24	GEUPB	A319	S	077	RFS1B-C	RFS1B-C	M	0500	49366212.0	33512694.0	36.4	61675.1	4745532.5	180085.3
	07/11/2014	19:47	24	GEUPB	A319	S	077	4921804	RFS1B-C	T	0500	49366212.0	33512694.0	53.2	96525.9	2323492.8	63322.9
13	07/11/2014	20:20	24	EIRJC	RJ85	L	074	LAN	LAN	M	1000	959343.3	22180940.0	764573.5	64932.8	959.2	7.8
	07/11/2014	20:20	24	EIRJC	RJ85	L	074	4921891	LAN	T	1000	959343.3	22180940.0	664771.9	64315.6	1284.2	33.2
14	07/11/2014	20:58	24	PHXRY	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	20:58	24	PHXRY	B737	L	469	4921960	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	959429.2	127436.6	2150.3	25.0
15	07/11/2014	21:37	24	GLCYF	E170	L	074	LAN	LAN	M	1000	959343.3	22180940.0	764573.5	64932.8	959.2	7.8
	07/11/2014	21:37	24	GLCYF	E170	L	074	4922055	LAN	T	1000	959343.3	22180940.0	678919.4	85795.8	1294.6	16.3
16	07/11/2014	21:54	24	PHHSB	B738	S	469	WDY1B-C	WDY1B-C	M	0501	30122254.0	11809294.0	306.0	28370.6	1749333.8	297839.8
	07/11/2014	21:54	24	PHHSB	B738	S	469	4922102	WDY1B-C	T	0501	30122254.0	11809294.0	408.4	43902.2	1800727.0	235121.5
17	07/11/2014	22:08	24	OOVLM	F50	L	071	LAN	LAN	M	1000	699436.4	23488642.0	290705.9	14832.8	69.3	5.6
	07/11/2014	22:08	24	OOVLM	F50	L	071	4922126	LAN	T	1000	699436.4	23488642.0	204132.0	15974.9	93.4	12.6
18	07/11/2014	22:12	24	OOVLI	F50	L	071	LAN	LAN	M	1000	699436.4	23488642.0	290705.9	14832.8	69.3	5.6
	07/11/2014	22:12	24	OOVLI	F50	L	071	4922131	LAN	T	1000	699436.4	23488642.0	204215.7	17065.9	445.5	449.0
19	07/11/2014	22:14	24	PHXRV	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	22:14	24	PHXRV	B737	L	469	4922137	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	888684.4	86813.1	2161.8	24.1
20	07/11/2014	22:16	24	PHXRE	B737	L	469	LAN	LAN	M	1000	1259446.5	34876732.0	1123666.5	98790.9	1613.2	19.5
	07/11/2014	22:16	24	PHXRE	B737	L	469	4922144	LAN	T	1000	1259446.5	34876732.0	978104.9	128800.9	2134.7	24.4
Geen radartrack aanwezig voor berekening geluidbelasting van traffic regel																	
Wel radartrack aanwezig voor berekening geluidbelasting van traffic regel																	

- Voor overige handhavingspunten (in de  $L_{den}$ -tool zelf door gebruiker te definiëren) en netwerkpunten wordt de geluidbelasting vastgesteld op basis van het verkeer op alle banen. Dit voor zowel prognoseberekningen (waaronder omzettingsbesluiten) als handhavingsberekningen. Dit is conform de laatste versie van het rekenvoorschrift.

## 5.4 Regels omtrent de te gebruiken versie van de Appendices

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

In een geluidbelastingberekening dient de vigerende versie (zijnde de meest recente versie) van de Appendices gebruikt te worden. In een handhavingsberekening dient in principe van dezelfde Appendices gegevens, en daarmee dezelfde versie van de Appendices, gebruik te worden gemaakt als de gegevens op basis waarvan de grenswaarden zijn berekend. Een uitzondering hierop heeft betrekking op procedures en categorieën van luchtvaartuigen (en bijbehorende geluidgegevens) die nieuw zijn toegevoegd aan de Appendices. Wanneer een procedure of een geluidscategorie niet aanwezig is in de Appendices op basis waarvan de grenswaarden zijn berekend, dan dient de meest recente versie van de Appendices geraadpleegd te worden voor de benodigde informatie.

### *Resultaten*

De officiële berekeningen die ten grondslag ligt aan omzettings- en luchthavenbesluiten worden meegeleverd met de  $L_{den}$ -tool versie 3.2. Voor een aantal van deze berekeningen is nagegaan of de juiste versie van de Appendices is toegepast. Voor de Appendices groot en heli verkeer voor de overige burgerluchthavens gelden de volgende ingangsdatums voor verschillende versies van de Appendices:

Versie	Ingangsdatum
v11.2	01/01/2000
v13.0	01/07/2012
v13.1	01/11/2013
v13.2	01/11/2014

Voor de Appendices klein verkeer voor de overige burgerluchthavens gelden de volgende ingangsdatums:

Versie	Ingangsdatum
v11	01/01/2000
v13	01/07/2012

In tabel 5.2 is voor diverse luchthavens aangegeven welke versie van de Appendices is toegepast in omzettings- en luchthavenbesluiten. Daarnaast is aangegeven welke versie van de Appendices wordt toegepast in een handhavingsberekening voor het jaar 2015. Uit de tabel is op te maken dat:

- Voor alle luchthavens voor zowel groot/heli als klein verkeer gebruik is gemaakt van de versie van de Appendices die vigerend was op het moment van de ingangsdatum van het omzetting- of luchthavenbesluit voor de betreffende luchthavens.
- In een handavingsberekening gebruik wordt gemaakt van combinatie Appendices. Hierbij wordt de versie van de Appendices die ook is gebruikt voor het vaststellen van grenswaarden (vastgelegd in omzetting- of luchthavenbesluit) als basis genomen. Deze is aangevuld met nieuw toegevoegde gegevens aan de meest recente versie van de Appendices (momenteel v13.2 voor groot/heli verkeer en v13 voor klein verkeer).

De conclusie is dat voor de verschillende type berekeningen voor verschillende luchthavens de juiste versie van de Appendices wordt toegepast.

**Tabel 5.2 Toegapaste Appendices in berekeningen voor diverse luchthavens.**

Luchthaven	Toegepaste Appendices in OZB/LHB*	Datum ingang OZB/LHB	Toegepaste Appendices in Handavingsberekening 2015**
Ameland	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	1/4/2011	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Drachten	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	01/01/2011	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Hilversum	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	1/7/2012	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13
Hoogeveen	Groot / Heli: v11.2 Klein: v11	01/01/2012	Groot/Heli: Combi v11.2 en v13.2 Klein: Combi v11 en v13
Seppe	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	1/10/2013	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13
Texel	Groot / Heli: v13.0 Klein: v13	01/07/2012	Groot/Heli: Combi v13.0 en v13.2 Klein: v13

\* OZB = Omzettingsbesluit; LHB = Luchthavenbesluit

\*\* Gebruiksjaar dat begint in 2015

## 5.5 Nauwkeurigheidscriterium voor bepalen aantal deelroutes

*Voorschrift (geldend vanaf 1 juli 2012)*

De wijze waarop grondpaden, spreidingsgebieden en daaruit af te leiden deelroutes worden vastgesteld, maakt geen deel uit van het berekeningsvoorschrift. Wel is voorgeschreven dat bij het beschouwen van spreiding per nominale route minimaal 3 en maximaal 243 routes dienen te worden beschouwd. Het aantal te beschouwen deelroutes is daarbij afhankelijk van een in de berekening te hanteren nauwkeurigheidscriterium. De hindersombijdrage in ieder berekeningspunt van iedere passage met een luchtvaartuig dient in eerste instantie berekend te worden op basis van alleen de nominale route en 3 deelroutes. Als het verschil tussen de berekende

hindersombijdrage met respectievelijk 1 en 3 deelroutes groter is dan het van toepassing zijnde nauwkeurigheidscriterium, dan dient het aantal deelroutes met een factor 3 opgehoogd te worden en dient de hindersombijdrage voor de betreffende passage met een luchtvaartuig in het betreffende berekeningspunt opnieuw berekend te worden. Vervolgens worden de resultaten van de berekeningen met 3 en 9 deelroutes met elkaar vergeleken. Dit wederom aan de hand van het nauwkeurigheidscriterium. Deze procedure herhaalt zich tot het moment dat het verschil tussen de laatste 2 berekeningen kleiner of gelijk is aan het nauwkeurigheidscriterium en/of tot het moment dat gerekend is met het maximum aantal deelroutes van 243. Voor alle luchthavens dient voor het nauwkeurigheidscriterium een waarde van 0.1% aangehouden te worden.

### *Resultaten*

Voor een tweetal traffic regels uit het omzettingsbesluit voor de luchthaven Eelde is door het NLR detailinformatie beschikbaar gemaakt met betrekking tot de berekende hindersombijdrage met een verschillend aantal deelroutes. Het gaat hier om de volgende traffic regels:

1. Een passage met categorie 81 met procedure 0501 gebruikmakend van baan 05 en route 703. Hierbij is gekeken naar de geluidbelasting in het handhavingspunt HH\_23.
2. Een passage met categorie 469 met procedure 1000 gebruikmakend van baan 23 en route 823. Hierbij is eveneens gekeken naar de geluidbelasting in het handhavingspunt HH\_23. Dit is dezelfde berekening als run C3 uit hoofdstuk 4.

De berekende hindersombijdrage met een verschillend aantal deelroutes voor de twee berekeningen is weergegeven in tabel 5.3. Voor berekening 1 is te zien dat pas bij het rekenen met 243 wordt voldaan aan het nauwkeurigheidscriterium (verschil tussen berekening met 81 en 243 routes is met 0.05% minder dan 0.1%). Het is dus correct dat met 243 wordt gerekend. Daarbij komt de op basis van 243 berekende waarde van de hindersom exact overeen met de waarde die in het omzettingsbesluit te zien is.

Voor berekening 2 is te zien dat aan het nauwkeurigheidscriterium wordt voldaan op het moment dat 81 deelroutes zijn toegepast (verschil tussen berekening met 27 en 81 routes is met 0.08% minder dan 0.1%). Het nauwkeurigheidscriterium is voor deze berekening ook toegepast in een controleberekening (op basis van de spreadsheet-implementatie van berekeningsvoorschrift). Te zien is dat de procentuele verschillen tussen berekeningen met een verschillend aantal deelroutes vrijwel exact overeenkomen met de uitkomsten van het NLR. Ook op basis van de controleberekening wordt bij het rekenen met 81 deelroutes aan het nauwkeurigheidscriterium voldaan. Dit leidt uiteindelijk voor beide berekeningen (NLR en controleberekening) tot een totale hindersombijdrage van  $1.08 \cdot 10^{10}$  (zie ook tabel 4.2). Het daaruit afgeleide tijdsgeïntegreerde geluidsniveau (LAX) van beide berekeningen komt overeen met het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau berekend op basis van de officiële berekening die ten grondslag ligt aan het omzettingsbesluit Eelde (zie ook resultaten run C3 in tabel 4.2).

De conclusie is dus dat het in het berekeningsvoorschrift opgenomen nauwkeurigheidscriterium bij het bepalen van het aantal door te rekenen deelroutes correct wordt toegepast in de  $L_{den}$ -tool.

**Tabel 5.3 Toepassing van nauwkeurigheidscriterium bij bepalen aantal door te rekenen deelroutes.**

Stap	Aantal deelroutes	Berekening 1 (NLR)		Berekening 2* (NLR)		Berekening 2 (controle)	
		Hinder-som	Vershil laatste 2 stappen	Hinder-som	Vershil laatste 2 stappen	Hinder-som	Vershil laatste 2 stappen
Stap 1	1	1.83E+12	nvt	2.17E+10	nvt	2.16E+10	
Stap 2	3	9.74E+11	87.6%	1.30E+10	67.6%	1.29E+10	67.6%
Stap 3	9	4.85E+11	100.7%	1.08E+10	20.0%	1.08E+10	19.9%
Stap 4	27	5.77E+11	15.8%	1.08E+10	0.2%	1.08E+10	0.3%
Stap 5	81	6.28E+11	8.2%	1.08E+10	0.08%	1.08E+10	0.06%
Stap 6	243	6.28E+11	0.05%	nvt	nvt	nvt	nvt

\* Deze berekening komt overeen met run C3 uit hoofdstuk 4.



## Bijlage A. Ligging routes en berekeningspunten test- en validatieberekeningen

