



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# Emissiekentallen wegverkeer voor Bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling

Aanpassing geluidemissiekentallen rekenmethode CNOSSOS-NL

**Emissiekentallen wegverkeer voor Bijlage  
XXXIII van de Omgevingsregeling**

Aanpassing geluidemissiekentallen rekenmethode CNOSSOS-NL

RIVM-briefrapport 2026-0049

## Colofon

© RIVM 2026

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2026-0049

A.Y. Kok (auteur), RIVM

Contact:

Arnaud Kok

Onderzoek en Advies Lucht en Geluid/Centrum Milieukwaliteit

[arnaud.kok@rivm.nl](mailto:arnaud.kok@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van het Expertise Centrum Geluid.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Emissiekentallen wegverkeer voor Bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling**

Aanpassing geluidemissiekentallen rekenmethode CNOSSOS-NL

Het RIVM heeft nieuwe emissiekentallen bepaald van het geluid door wegverkeer. De kentallen zijn nodig om de hoeveelheid geluid van wegverkeer bij bepaalde snelheden te berekenen. Deze informatie wordt verwerkt op geluidkaarten van omgevingsgeluid door wegverkeer.

Geluidkaarten zijn een Europese verplichting en worden elke vijf jaar opnieuw gemaakt omdat verkeersdrukte, wegdekken of bebouwing veranderen. Daarnaast worden ze gemaakt om het effect van beleid over geluid te evalueren.

De berekende hoeveelheid geluid zal door de update binnen de bebouwde kom, waar voertuigen met lagere snelheden rijden, gemiddeld 5 decibel lager zijn. Op snelwegen is het geluidniveau juist hoger, gemiddeld 1 decibel meer. Door de update sluit de berekende hoeveelheid geluid van verkeer beter aan bij de werkelijkheid. De hoeveelheid geluid van auto's en vrachtauto's kan namelijk in de loop van de tijd veranderen. Bijvoorbeeld doordat auto's zwaarder worden of door technologische ontwikkelingen.

De nieuwe emissiekentallen horen bij een rekenmethode die verplicht is om de geluidkaarten voor wegen mee te maken. Deze methode staat in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling en wordt ook wel CNOSSOS genoemd. De minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) beslist of de nieuwe emissiekentallen per 1 januari 2027 in de Omgevingsregeling worden opgenomen. Als dat gebeurt, kunnen ze gebruikt worden voor de kaarten over de situatie in 2026.

Er bestaan ook rekenmethoden voor andere doelen in Nederland, zoals plannen voor woningbouw. Deze methoden staan in andere bijlagen van de Omgevingsregeling. De emissiekentallen voor deze methoden zijn eerder geactualiseerd. Daardoor konden ze al worden gebruikt toen de Omgevingswet op 1 januari 2024 in werking trad. Als de minister van IenW de nu voorgestelde emissiekentallen overneemt, gebruiken de Nederlandse en Europese methoden dezelfde uitgangspunten voor geluid van wegverkeer.

Kernwoorden: geluidkaarten, rekenmethodes, wegverkeer

## Synopsis

### **Road traffic noise emission values for Annex XXXIII to the Environmental Regulation**

Amending noise emission values for the calculation method CNOSSOS-NL

The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has determined new road traffic noise emission values. These values are needed to calculate road traffic noise levels at certain speeds. This information is used to produce noise maps of environmental noise caused by road traffic.

Noise maps are a European requirement and, as traffic volumes, road surfaces and built-up areas change, they are updated every five years. The noise maps are also used to evaluate policy on noise.

The update will result in calculated noise levels being 5 decibels lower on average in built-up areas, where vehicles travel at lower speeds. Noise levels are on average 1 decibel higher on motorways. The updated values ensure that calculated traffic noise levels more accurately reflect reality. This is because the amount of noise a vehicle makes can change over time, for example because vehicles become heavier or due to technological developments.

The new noise emission values are part of a calculation method that must be used to produce road traffic noise maps. This calculation method is described in Annex XXXIII of the Environmental Regulation and is also known as CNOSSOS. If the new noise emission values are incorporated in the Environmental Regulation with effect from 1 January 2027, they can be used to produce noise maps for the 2026 situation. The Minister of Infrastructure and Water Management (I&W) will take a decision on this.

Calculation methods are also available for other purposes in the Netherlands, such as housing development plans. These methods are described in other annexes to the Environmental Regulation. Emission values for these methods had already been updated, and were, therefore, already in use when the Environment Act came into force on 1 January 2024. If the Minister for Infrastructure and Water Management adopts the newly proposed emission values, the Dutch and European methods will use the same assumptions for road traffic noise.

Keywords: noise maps, calculation methods, road traffic

## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 7**

#### **1 Inleiding — 9**

#### **2 Afleiding emissiekentallen wegverkeer voor CNOSSOS — 11**

- 2.1 Aanpak — 11
  - 2.1.1 Inleiding — 11
  - 2.1.2 Algemene principes — 11
  - 2.1.3 Energetische correctie meetwaarden — 12
  - 2.1.4 Overdracht — 13
  - 2.1.5 Snelheidscorrectie — 14
  - 2.1.6 Temperatuurcorrectie — 14
  - 2.1.7 Empirische correctie — 14
  - 2.1.8 Scheiding rolgeluid en motorgeluid — 15
  - 2.1.9 Fit om kentallen te bepalen — 16
- 2.2 Verwerking resultaat — 16
  - 2.2.1 Lichte motorvoertuigen — 16
  - 2.2.2 Middelzware motorvoertuigen — 19
  - 2.2.3 Zware motorvoertuigen — 23
- 2.3 Gevoeligheidsanalyse — 26
  - 2.3.1 Methode — 26
  - 2.3.2 Lichte motorvoertuigen — 27
  - 2.3.3 Middelzware motorvoertuigen — 28
  - 2.3.4 Zware motorvoertuigen — 30
- 2.4 Vergelijking met andere emissiekentallen — 30

#### **3 Afleiding wegdekcorrecties voor implementatie in CNOSSOS — 34**

- 3.1 Aanleiding — 34
- 3.2 Methode — 34
  - 3.2.1 Stappenplan — 34
  - 3.2.2 Rekenvoorbeeld — 35
- 3.3 Resultaten — 38
  - 3.3.1 Lichte motorvoertuigen — 38
  - 3.3.2 Middelzware motorvoertuigen — 39
  - 3.3.3 Zware motorvoertuigen — 40

#### **4 Impact van de nieuwe emissiefactoren en wegdekcorrecties — 42**

- 4.1 Algemeen — 42
- 4.2 Vergelijking CNOSSOS 2026 met de Omgevingsregeling en vergelijking CNOSSOS 2021 met RMG2012 — 42
  - 4.2.1 Stedelijk verkeer — 42
  - 4.2.2 Rijkswegen — 45
- 4.3 Verwachte verschillen in geluidkaarten door de andere emissies in CNOSSOS — 47
- 4.4 Onzekerheden — 48

#### **5 Conclusie — 49**

**Bijlage 1 Overzicht correctiefactoren voor scheiden motorgeluid en rolgeluid — 50**

**Bijlage 2 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor lichte motorvoertuigen — 52**

**Bijlage 3 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor middelzware motorvoertuigen — 58**

**Bijlage 4 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor zware motorvoertuigen — 64**

**Bijlage 5 Tussenresultaten berekening  $C_{wegdek}$  — 70**

**Bijlage 6 Tabellen voor in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling — 74**

## Samenvatting

In Nederland worden er twee verschillende rekenmethodes gebruikt voor het berekenen van geluid van wegverkeer. Een nationale methode en een Europese methode. De nationale methode is opgenomen in bijlage IVe van de Omgevingsregeling en wordt gebruikt in het kader van wettelijke procedures. De Europese methode wordt gebruikt voor het maken van kaarten in het kader van de richtlijn Omgevingslawaaai. Die richtlijn schrijft die methode voor zodat geluidkaarten van verschillende landen goed met elkaar vergeleken kunnen worden. De Europese rekenmethode is als bijlage XXXIII in de Omgevingsregeling opgenomen.

Geluidkaarten worden volgens de Europese richtlijn iedere vijf jaar opgesteld. Ze geven de situatie van een bepaald jaar weer. De vorige ronde geluidkaarten zijn opgesteld in 2022 en stellen de situatie in 2021 voor. De aankomende ronde zal over de situatie in 2026 gaan. De berekeningen hiervoor zullen in 2027 worden uitgevoerd.

In zowel de nationale als Europese methodes zijn zogenaamde emissiekentallen voor wegverkeer opgenomen. Dat geeft aan hoeveel geluid een voertuig (afhankelijk van de rijsnelheid van dat voertuig) maakt. Voordat de Omgevingswet in werking trad maakten beide methodes gebruik van emissiekentallen die gebaseerd waren op dezelfde uitgangspunten. Ten behoeve van berekeningen onder de Omgevingswet, die op 1 januari 2024 in werking trad, zijn emissiekentallen voor nationale methode geactualiseerd. Dat is toen nog niet gedaan voor de Europese methode. Dit komt omdat de Europese methode slechts eens in de vijf jaar gebruikt wordt voor geluidkaarten en het toen niet nodig was dit aan te passen. Verder moesten er mogelijk nog berekeningen worden uitgevoerd worden voor de kaarten over 2021 en dan is het handig als voor dit peiljaar alle kaarten gebaseerd zijn op dezelfde uitgangspunten. In opdracht van het ministerie van IenW heeft RIVM dit onderzoek uitgevoerd om de emissiekentallen gelijk te kunnen trekken.

Voor de actualisatie van de nationale methode zijn in 2020 metingen uitgevoerd om nieuwe emissiekentallen voor motorvoertuigen (wegverkeer) te bepalen. De kentallen die toen nog in het, inmiddels ingetrokken, Reken- en Meetvoorschrift 2012 stonden waren gebaseerd op oudere metingen. Dat ging om metingen in 2009-2010 voor lichte motorvoertuigen en in 1996-1999 voor (middel)zware motorvoertuigen.

In dit rapport zijn, op basis van dezelfde metingen uit 2020 die de basis vormden voor actualisatie van de nationale methode, nieuwe emissiekentallen voor CNOSSOS afgeleid. Daarnaast is een nieuwe tabel met waarden die de invloed van het wegdek op de emissie opgesteld. Uiteindelijk kunnen de tabellen – indien de minister van I&W daartoe besluit – rechtstreeks worden overgenomen in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling ter vervanging van bestaande tabellen uit de bijlage.

Als de minister van IenW besluit de nieuwe emissiegetallen over te nemen, dan heeft dit effect op de geluidkaarten. Door de nieuwe getallen zullen de berekende niveaus en de kaarten er in de komende ronde anders uit gaan zien. In stedelijke omgeving zullen de niveaus rond de 5dB lager zijn en langs wegen met hoge rijsnelheden zoals veel Rijkswegen rond de 1dB hoger. Verder is het verschil tussen de Nederlandse rekenmethode (bijlage IVe) en CNOSSOS met de nieuwe kentallen aanzienlijk kleiner geworden vergeleken met het eerdere verschil tussen het Reken en meetvoorschrift geluid 2012 en CNOSSOS met de huidige kentallen.

## 1 Inleiding

In 2024 is de Omgevingswet van in werking getreden. Voorafgaand hieraan was in opdracht van het RIVM een onderzoek uitgevoerd naar emissiekentallen voor motorvoertuigen<sup>1</sup>. Dit onderzoek gaf aanleiding om de emissiekentallen voor bijlage IVe van de Omgevingsregeling te actualiseren ten opzichte van de emissies die opgenomen waren in bijlage III van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012. De rekenmethodes in deze bijlagen worden gebruikt voor berekeningen ten behoeve van wettelijke procedures in Nederland.

Iedere vijf jaar worden volgens de Europese richtlijn Omgevingslawaaigeluidbelastingkaarten gemaakt voor geluid van wegverkeer, spoorverkeer, industrie en luchtvaart<sup>2</sup>. Het gaat om kaarten in (door de minister aangewezen) agglomeraties en voor belangrijke wegen, spoorwegen en luchthavens. Dit rapport gaat over de actualisatie van emissiekentallen voor wegverkeer.

Voor deze geluidkartering wordt een andere rekenmethode gebruikt. Deze methode wordt CNOSSOS genoemd (Common NOise aSSessment methOdS). Dit staat, sinds 2015, in Annex II van de richtlijn. Voor wegen, spoorwegen en industrie geluid is deze methode opgenomen in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling. De methode moet, vanaf 2021, voor geluidkartering in het kader van die richtlijn gebruikt worden. Hoewel het een geharmoniseerde Europese methode is, kunnen individuele lidstaten wel emissiekentallen en wegdekcorrectiefactoren bepalen die passen bij het wagenpark in hun land en de wegdekken die gebruikt worden.

De meest recente geluidbelastingkaarten zijn in 2022 opgesteld en gingen over de situatie in 2021. Dit was vóór inwerkingtreding van de Omgevingswet. Toen waren de emissies voor de Europese methode gebaseerd op de op dat moment vigerende nationale rekenmethode (Bijlage III van het Reken- en Meetvoorschrift Geluid 2012). Inmiddels is de Omgevingswet van kracht geworden en zijn voor de nationale methode nieuwe emissiekentallen opgesteld. Een dergelijke actualisatie is ook gewenst voor CNOSSOS (bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling). Dit omdat het dan uitgaat van de meest recente gegevens met betrekking tot emissies van motorvoertuigen en verschillen tussen de Nederlandse en Europese methode zoveel mogelijk beperkt worden. Vanwege verschillen in de opzet van de methodes kunnen de emissiekentallen van bijlage IVe van de Omgevingsregeling niet 1 op 1 gebruikt worden voor bijlage XXXIII. In dit rapport worden de nieuwe emissiekentallen van wegverkeer voor CNOSSOS afgeleid en wordt aangegeven wat de verwachte verschillen zijn met de huidige emissiekentallen.

<sup>1</sup> TNO 2022 R10839, Emissiekentallen voor geluid van wegverkeer op basis van metingen in 2020.

<sup>2</sup> De methode voor luchtvaart staat ook in Annex II van de richtlijn, maar bij CNOSSOS wordt de methode voor wegverkeer, spoorverkeer en industrie bedoeld.

Naast die emissiekentallen is ook gekeken naar wegdekcorrectiefactoren, omdat de nieuwe emissies tot iets andere correctiefactoren kunnen leiden.

Dit rapport kent drie onderdelen:

1. Afleiding van de emissiekentallen wegverkeer.
2. Afleiding van de wegdekcorrectiefactoren.
3. Analyse van de verschillen.

In de laatste bijlage van dit rapport (bijlage 6) zijn tabellen opgenomen die rechtstreeks in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling kunnen worden overgenomen.

## 2 Afleiding emissiekentallen wegverkeer voor CNOSSOS

### 2.1 Aanpak

#### 2.1.1 Inleiding

In 2017 is onderzoek uitgevoerd naar de implementatie van CNOSSOS in Nederland. Onderdeel van dat onderzoek was het afleiden van emissiekentallen en wegdekcorrecties voor implementatie van CNOSSOS in Nederland. De methode voor het afleiden van emissiekentallen is beschreven in M+P rapport<sup>3</sup> "*Proposal for a procedure to determine the source power of road vehicle for CNOSSOS-EU*". De in dit rapport genoemde aanpak is grotendeels gevolgd voor de afleiding van de emissiekentallen. Deze methode is niet gevolgd voor de huidige emissiekentallen van CNOSSOS, daarvoor was (bij gebrek aan actuele meetdata) een omrekening<sup>4</sup> uitgevoerd van de toenmalige emissies uit het Reken en meetvoorschrift geluid 2012.

Voor de afleiding van de nieuwe emissiekentallen zijn de meetresultaten die gebruikt uit 2020. Diezelfde meetresultaten zijn ook voor de afleiding van de emissiekentallen voor de nationale methode (bijlage IVe van de Omgevingsregeling). De emissiekentallen voor CNOSSOS moeten apart afgeleid worden. Dit komt doordat de nationale methode (bijlage IVe) en CNOSSOS (bijlage XXXIII) verschillende overdrachtsmodellen hebben. Daarnaast worden emissies in CNOSSOS door twee functies beschreven: een lineaire functie (bijdrage motorgeluid) en een logaritmische functie (bijdrage rolgeluid). In de bijlage IVe van Omgevingsregeling bestaat dat onderscheid niet en is er alleen een logaritmische functie.

#### 2.1.2 Algemene principes

De methode werkt door de gemeten Sound Exposure Levels<sup>5</sup> (SEL) van individuele voertuigpassages om te rekenen naar een bronvermogen van een lijnbron.

De metingen aan voertuigen zijn uitgevoerd in 2020 en zijn gerapporteerd in DGMR-rapport M.2020.0359.04.R001 "*Meting emissiekentallen geluid wegverkeer*" van 2 december 2020. Er zijn metingen uitgevoerd op veertien verschillende locaties en in totaal zijn 2018 lichte, 289 middelzware en 493 zware motorvoertuigen gemeten.

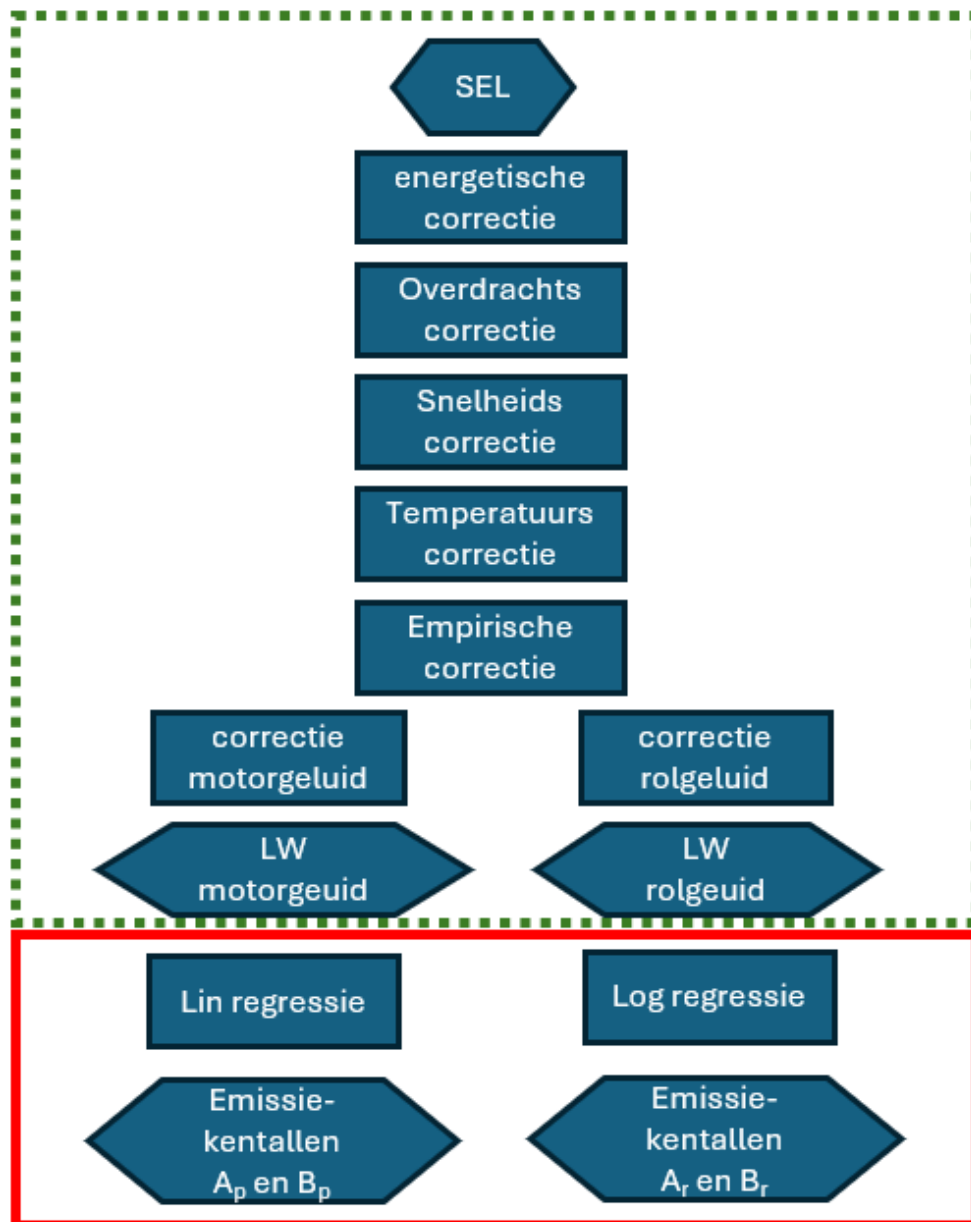
In CNOSSOS wordt het bronvermogen apart bepaald voor rolgeluid en voor motorgeluid (aandrijfgeluid), waarbij eerst een aantal correcties worden uitgevoerd zoals een correctie voor de overdracht. In onderstaande schema zijn de stappen weergegeven die uitgevoerd zijn om tot emissiekentallen te komen.

<sup>3</sup> kenmerk: M+P.RIVM.17.03.4 van 2 oktober 2017

<sup>4</sup> "Interface between the CNOSSOS-EU road traffic noise emission model and the propagation model" M+P rapport M+P.RIVM.17.03.1 van 13 oktober 2017.

<sup>5</sup> Een sound exposure level is hier een meting van een volledige passage waarbij de energie van die passage gesommeerd wordt en genormaliseerd op 1 seconde. Hierdoor is de gemeten SEL grootte niet gevoelig voor iets langer of korter meten per passage zolang de hele passage is gemeten.

*Figuur 1 Stroomschema om tot emissiekentallen te komen. De bewerkingen te zien in het bovenste groene gestippelde vlak worden apart uitgevoerd voor iedere passage. De analyse uit de onderste rode vlak wordt uitgevoerd op alle passages samen. Het geheel wordt wel apart gedaan voor iedere octaafband en voor de drie voertuigcategorieën (licht, middelzwaar en zwaar). Uitkomst van iedere passages is een lijnbronvermogen per passage ( $L_w$ ), uitkomst van de regressies zijn de emissiekentallen:  $A_p$ ,  $B_p$ ,  $A_r$  en  $B_r$  in de rekenmethode.*



### 2.1.3 Energetische correctie meetwaarden

De metingen zijn uitgevoerd aan individuele voertuigpassages, maar het ervaren geluid is de energetische som van alle passages. Bij een energetische middeling tellen voertuigen die meer geluid maken zwaarder mee. Dit komt door de logaritmische decibel schaal. Wanneer een fit gemaakt wordt op de gemeten SEL-waarden (in dB) wordt de totale emissie van het verkeer onderschat. Hiervoor wordt gecorrigeerd.

Ten behoeve van de emissiekentallen voor bijlage IVe van de Omgevingswet is door TNO<sup>6</sup> een snelheidsafhankelijke correctie bepaald. Die is gebaseerd op dezelfde meetresultaten. Deze correctie wordt berekend met de formule:  $c_1 + c_2 \cdot \ln(v)$ . Deze correctie wordt bij de individuele SEL-waarden opgeteld en is alleen geldig voor deze dataset.

De factoren  $c_1$  en  $c_2$  zijn in onderstaande tabel weergegeven. Deze zijn overgenomen uit het TNO-rapport.

Tabel 1 Overzicht parameters voor het bepalen van de energetische correctie.

| Categorie  | Licht |        | Middelzwaar |        | Zwaar |        |
|------------|-------|--------|-------------|--------|-------|--------|
| Frequentie | $c_1$ | $c_2$  | $c_1$       | $c_2$  | $c_1$ | $c_2$  |
| 63 Hz      | 12,53 | -2,51  | -3,52       | 1,41   | 5,98  | -0,951 |
| 125 Hz     | 5,62  | -1,050 | 1,24        | 0,065  | 0,879 | 0,038  |
| 250 Hz     | 3,30  | -0,616 | 0,851       | 0,171  | -3,60 | 1,15   |
| 500 Hz     | 2,10  | -0,349 | -4,02       | 1,31   | 1,16  | -0,200 |
| 1000 Hz    | 1,31  | -0,214 | 0,366       | 0,01   | 0,428 | -0,055 |
| 2000 Hz    | 1,45  | -0,242 | 1,64        | -0,279 | 0,719 | -0,077 |
| 4000 Hz    | 1,58  | -0,271 | 3,35        | -0,625 | 2,96  | -0,584 |
| 8000 Hz    | 4,04  | -0,777 | -2,25       | 0,941  | 7,53  | -1,58  |

#### 2.1.4

##### Overdracht

De overdrachtscorrectie is opnieuw berekend en vergeleken met de correcties uit het rapport van M+P. Deze correctie is berekend door een overdrachtsberekening uit voeren met het softwarepakket Geomilieu. Gelijk aan de overdrachtsberekening ten behoeve van bijlage IVe van de Omgevingsregeling is een lijnbron van 50 meter aangehouden. Daarbij is uitgegaan van een harde bodem. De berekende overdracht is gecorrigeerd voor een referentiesnelheid van 70 km/h, door de bij de berekende overdrachten een waarde van  $10 \cdot \lg(70/3,6)$  op te tellen. De correctie is nodig om de SEL-waarden om te rekenen naar een bronvermogen per meter. Daarom wordt 70 km/h omgerekend naar snelheid in meter per seconde. In onderstaande tabel zijn de overdrachtscorrecties weergegeven:

| Frequentieband | Correctie M+P | Correctie berekend |
|----------------|---------------|--------------------|
| 63 Hz          | 25,8 dB       | 25,9 dB            |
| 125 Hz         | 25,8 dB       | 25,9 dB            |
| 250 Hz         | 25,8 dB       | 25,9 dB            |
| 500 Hz         | 25,8 dB       | 26,0 dB            |
| 1000 Hz        | 25,8 dB       | 26,0 dB            |
| 2000 Hz        | 25,9 dB       | 26,0 dB            |
| 4000 Hz        | 26,1 dB       | 26,2 dB            |
| 8000 Hz        | 27,0 dB       | 27,0 dB            |

Te zien is dat er slechte kleine afwijkingen zijn. Dit kan komen doordat bij het opstellen van het rapport van M+P er nog geen softwarepakketten beschikbaar waren voor berekeningen volgens CNOSSOS en er een iets eenvoudiger benadering is gekozen. Voor deze analyse is de opnieuw berekende correctie gebruikt.

<sup>6</sup> TNO 2022 R10839, Emissiekentallen voor geluid van wegverkeer op basis van metingen in 2020.

### 2.1.5 *Snelheidscorrectie*

In CNOSSOS wordt de emissie van de lijnbron berekend met de formule:

$$L_{W',eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \cdot \lg\left(\frac{Q_m}{1000 \cdot v_m}\right) \quad (2-1)$$

waarbij  $m$  de voertuigcategorie is en  $i$  de octaafband. De waarde  $Q_m$  geeft het aantal motorvoertuigen per uur en de waarde  $v_m$  is de representatieve rijnsnelheid op een wegvak. Deze wordt vermenigvuldigd met 1000 om een emissie per meter in plaats van per kilometer te verkrijgen.

De waarde  $L_{W,i,m}$  is de emissie van een voertuig, wanneer dit voertuig harder rijdt zal deze een hogere emissie hebben, maar ook sneller voorbij zijn en zich korter op het lijnsegment bevinden. Hiervoor wordt dan ook in formule 2-1 gecorrigeerd met de term  $10 \cdot \lg(1/v_m)$ . In een meting van een SEL-waarde is deze snelheidscorrectie echter al automatisch meegenomen. De harder rijdende voertuigen zijn sneller voorbij de microfoonpositie en dragen relatief gezien minder bij aan de SEL-waarde. De SEL-waarde moet dan ook naar een bronvermogen worden omgerekend om te voorkomen dat een snelheidscorrectie dubbel wordt toegepast. Daarom worden de gemeten SEL-waarden gecorrigeerd met de formule  $10 \cdot \lg(v/v_{ref})$ , met  $v_{ref}$  gelijk aan de referentiesnelheid van 70 km/h en  $v$  de rijnsnelheid van de individuele passages. Er wordt een  $v_{ref}$  van 70 km/h gebruik, omdat dat de referentiesnelheid is binnen CNOSSOS en die waarde voor de overdrachtscorrectie is gebruikt<sup>7</sup>.

### 2.1.6 *Temperatuurcorrectie*

De CNOSSOS-methode schijft voor dat emissies worden gegeven bij een temperatuur van 20 graden Celsius. Voor afwijkende temperaturen wordt in de rekenmethode een correctie gehanteerd van 0,08 dB/°C voor lichte en 0,04 dB/°C voor middelzware en zware motorvoertuigen. De gemeten SEL-waarden zijn met deze coëfficiënten gecorrigeerd naar 20 graden Celsius. De correctie varieert per locatie en is afhankelijk van de temperatuur tijdens iedere meting.

Voor de emissiekentallen in de Omgevingsregeling bijlage IVe zijn coëfficiënten van respectievelijk 0,05 en 0,03 dB/°C gehanteerd en is omgerekend naar een jaargemiddelde temperatuur van 11 graden.

### 2.1.7 *Empirische correctie*

In het rapport van TNO, waar de emissiekentallen voor bijlage IVe zijn afgeleid, wordt een empirische correctie toegepast. De reden is dat de metingen op relatief korte afstand tot de weg plaatsvinden en het overdrachtsmodel (uit bijlage IVe) op die afstand een afwijking geeft ten opzichte van wat je zou meten. Om hiervoor te corrigeren is een snelheidsonafhankelijke correctie toepast. Deze correctie wordt van de gemeten SEL-waarde afgetrokken. Deze waarden zijn weergegeven in onderstaande tabel:

<sup>7</sup> Als alternatief had bij de overdrachtscorrectie geen correctie voor de snelheid kunnen worden toegepast en zou hier gecorrigeerd worden met  $10 \cdot \lg(v)$  waarbij  $v$  de snelheid in m/s is. Beide methoden leiden tot exact hetzelfde resultaat.

Tabel 2 Empirische correctie voor de meetwaarden. De correctie wordt van de gemeten SEL-waarden afgetrokken.

| Frequentieband | Empirische correctie |
|----------------|----------------------|
| 63 Hz          | -0,3 dB              |
| 125 Hz         | 0,2 dB               |
| 250 Hz         | 1,8 dB               |
| 500 Hz         | 2,0 dB               |
| 1000 Hz        | 2,3 dB               |
| 2000 Hz        | 3,3 dB               |
| 4000 Hz        | 1,8 dB               |
| 8000 Hz        | 3,1 dB               |

Uit een vergelijking met berekeningen volgens de CNOSSOS-methode en bijlage IVE blijkt dat de het toepassen van deze correctie voor CNOSSOS tot betere overeenstemming leidt tussen deze twee methodes.

### 2.1.8

#### *Scheiding rolgeluid en motorgeluid*

Op basis van bovenstaande stappen zijn de SEL-waarden geschikt gemaakt om de emissiekentallen mee te berekenen. Dit moet wel apart voor motorgeluid en rolgeluid (band-wegdek geluid).

Binnen CNOSSOS geldt de volgende emissieformule voor rolgeluid:

$$L_{rolling,i} = A_{r,i} + B_{r,i} \cdot \lg\left(\frac{v}{v_{ref}}\right) \quad (2-2)$$

Voor motorgeluid wordt de volgende formule gebruikt:

$$L_{prop,i} = A_{p,i} + B_{i} \cdot \left(\frac{v-v_{ref}}{v_{ref}}\right) \quad (2-3)$$

Hierbij is  $i$  de octaafbandindex,  $v$  de snelheid van de voertuigen in km/h en  $v_{ref}$  de referentiesnelheid van 70 km/h. De waarden  $A_{r,i}$ ,  $B_{r,i}$ ,  $A_{p,i}$  en  $B_{r,i}$  zijn de emissiekentallen zoals in hoofdstuk 2.2.7 van bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling zijn opgenomen.

Te zien is dat het motorgeluid lineair is met de rijsnelheid en het rolgeluid logaritmisch.

Bij de emissiemetingen van voertuigen is de combinatie van die twee emissies gemeten en is het niet bekend wat de individuele bijdragen zijn. Daarvoor zouden speciale metingen nodig zijn, zoals metingen aan voertuigpassages met motor aan en motor uit.

In het onderzoeksproject "Imagine<sup>8</sup>" is de verhouding tussen motorgeluid en bandengeluid voor verschillende snelheden bepaald. Deze getallen zijn circa 20 jaar geleden bepaald en kunnen verouderd zijn. Momenteel zijn echter geen betere getallen beschikbaar. Wel wordt in een gevoeligheidsanalyse gekeken of de gebruikte getallen nog voldoende goede resultaten geven (zie paragraaf 2.3).

<sup>8</sup> <https://www.imagine-project.org/> Workpackage 5 Deliverable 11 "The Noise Emission Model For European Road Traffic", 2007

In bijlage 1 zijn tabellen opgenomen met de correcties die direct op de gemeten SEL-waarden worden toegepast. Er is een tabel voor de correctie om de bijdrage voor rolgeluid en voor motorgeluid te berekenen. De correcties zijn snelheidsafhankelijk en weergegeven in stappen van 10 km/h. Bij snelheden tussen twee waarden wordt lineair geïnterpoleerd om de correcties te berekenen. Iedere SEL-waarde wordt hiermee opgesplitst in een waarde met bijdrage motorgeluid en een waarde met bijdrage rolgeluid. Deze worden verder apart geanalyseerd.

In de tabellen uit bijlage 1 is te zien dat bij 63Hz en lage snelheden de gemeten waarden worden gedomineerd door motorgeluid, terwijl bij 1000Hz en hoge snelheden het rolgeluid dominant is.

### 2.1.9 *Fit om kentallen te bepalen*

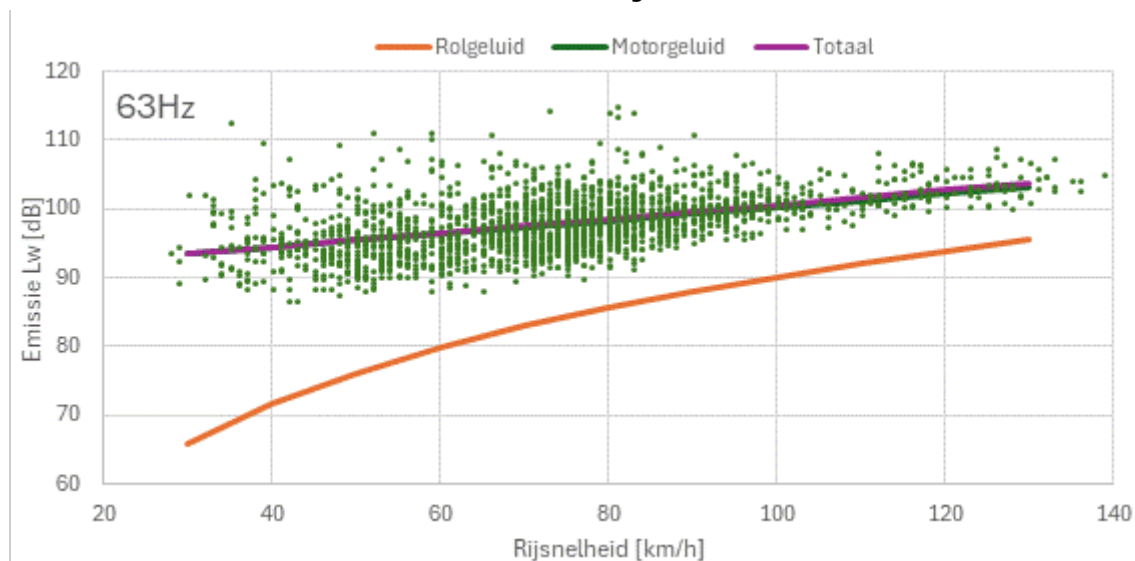
Op basis van de individuele gecorrigeerde SEL-waarden wordt een logaritmische regressie voor rolgeluid ( $L_{\text{rolling}}$ ) en een lineaire regressie voor motorgeluid ( $L_{\text{prop}}$ ) uitgevoerd. Hieruit volgen, voor iedere octaafband, de waarden  $A_{r,i}$ ,  $B_{r,i}$ ,  $A_{p,i}$  en  $B_{p,i}$  uit vergelijkingen 2-2 en 2-3. Deze gevonden waarden dienen als vervanging van de huidige waarden uit bijlage XXXIII.

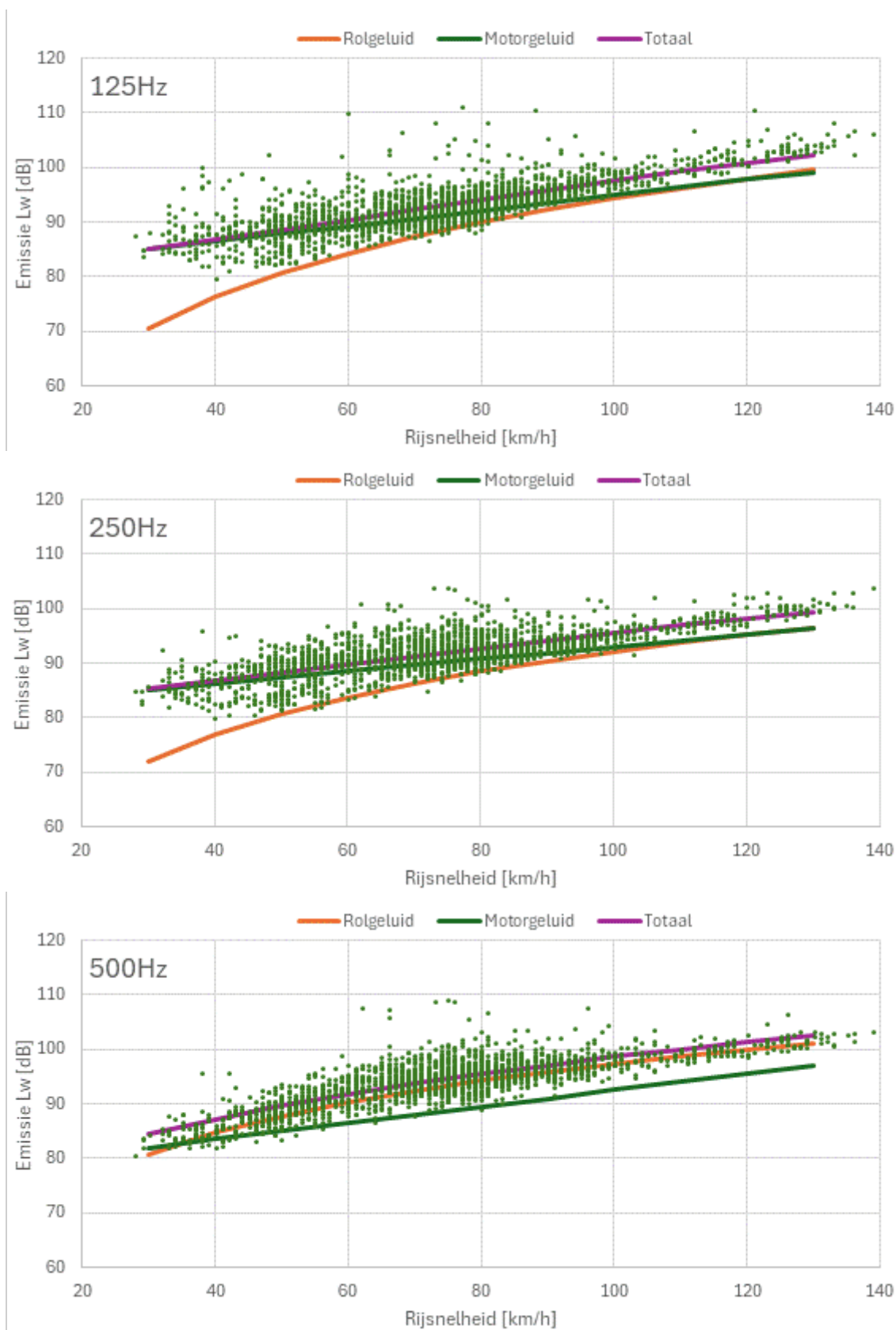
## 2.2 Verwerking resultaat

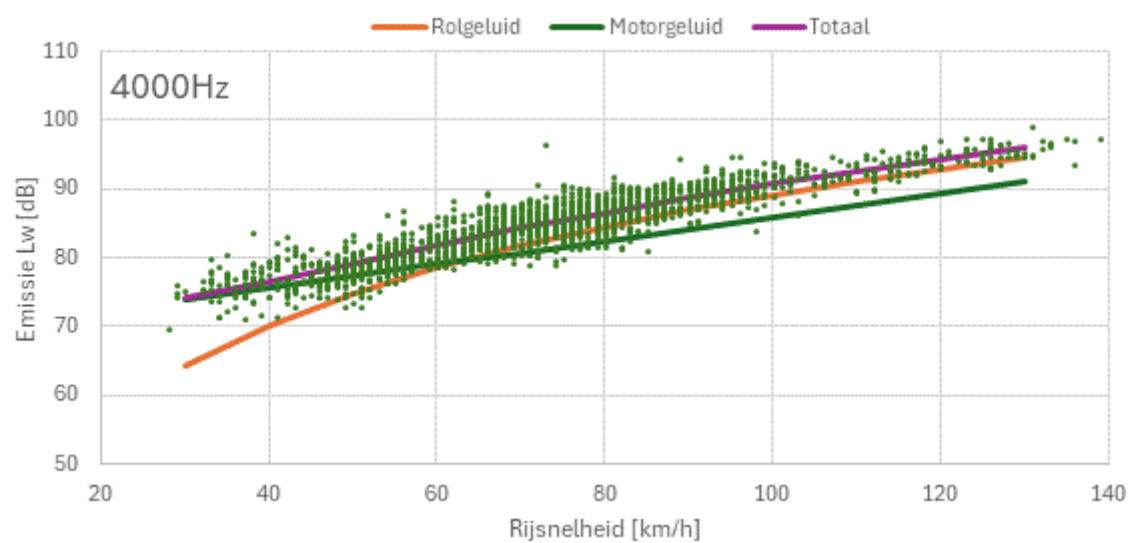
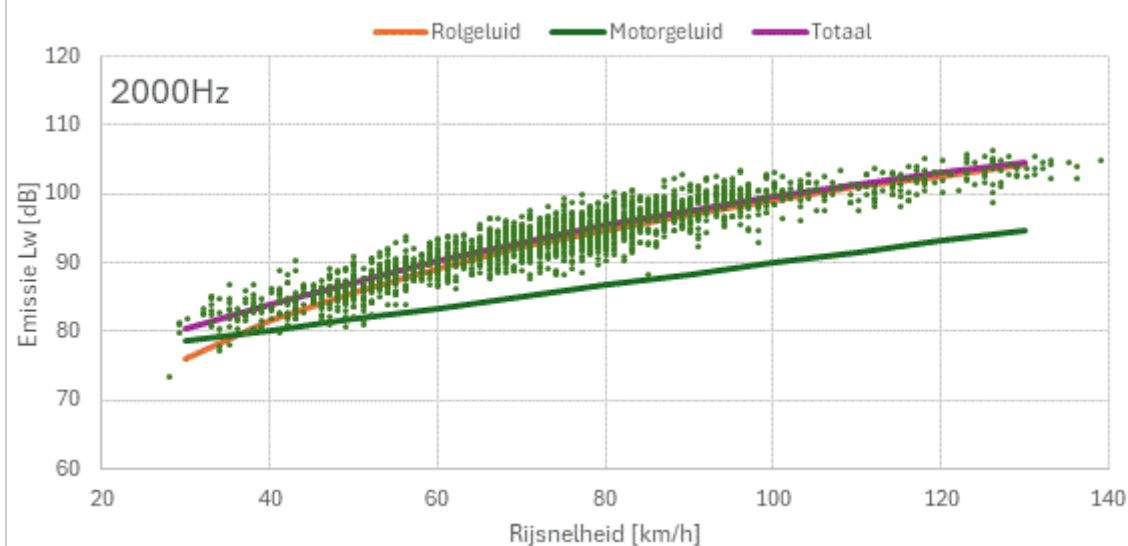
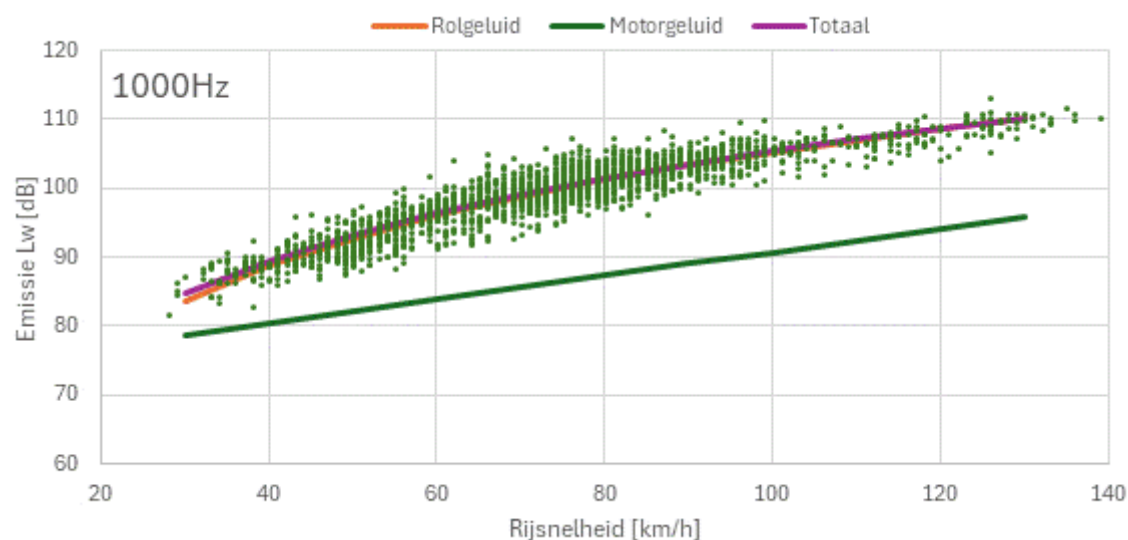
### 2.2.1 *Lichte motorvoertuigen*

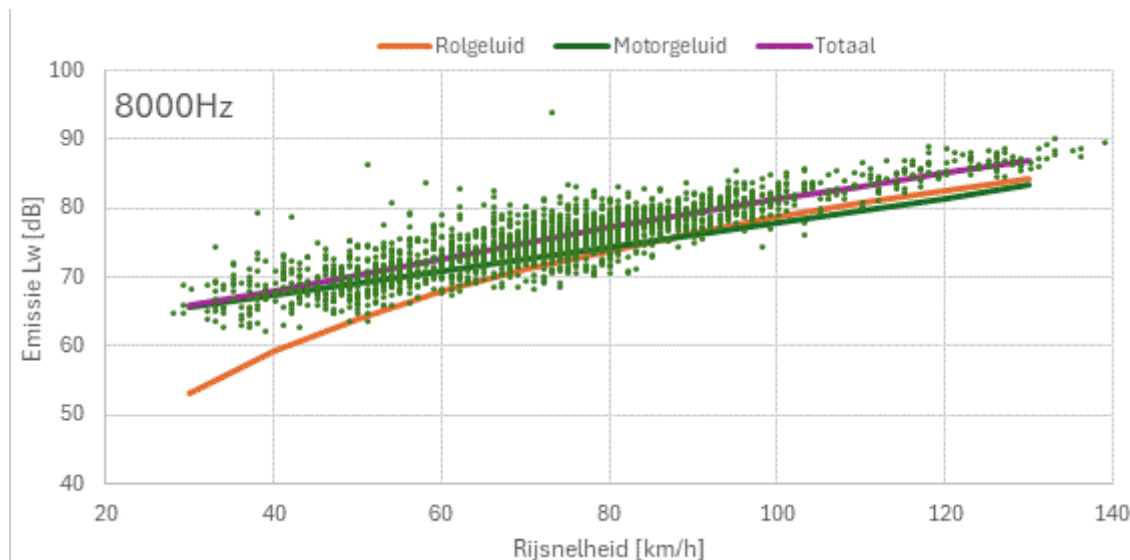
In totaal zijn er 2018 lichte motorvoertuigen gemeten, waarvan er 34 elektrische voertuigen waren. Gegeven het geringe aantal elektrische voertuigen zijn deze niet apart geanalyseerd voor bandengeluid en motorgeluid. In navolgende figuren is per frequentieband het totaal gemeten geluidniveau in dB (dus niet A-gewogen) en de bijdrage motorgeluid en rolgeluid en de som van die twee (totaal) weergegeven.

*Figuur 2 Overzicht meetwaarden (gecorrigeerde SEL) en de fit voor de emissies voor rolgeluid, motorgeluid en de combinatie van het rol en motorgeluid (totaal) voor de acht octaafbanden voor lichte motorvoertuigen.*









De emissiekentallen die volgen uit de regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht emissiekentallen voor lichte motorvoertuigen.

| i (frequentie) | $A_{r,i}$ | $B_{r,i}$ | $A_{p,i}$ | $B_{p,i}$ |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 (63 Hz)      | 82,9      | 46,6      | 97,4      | 6,7       |
| 2 (125 Hz)     | 87,3      | 45,7      | 90,7      | 9,9       |
| 3 (250 Hz)     | 86,2      | 38,4      | 89,6      | 7,9       |
| 4 (500 Hz)     | 92,4      | 31,9      | 88,0      | 10,6      |
| 5 (1000 Hz)    | 98,8      | 41,6      | 85,6      | 12,0      |
| 6 (2000 Hz)    | 92,2      | 44,4      | 85,1      | 11,3      |
| 7 (4000 Hz)    | 81,7      | 47,5      | 80,7      | 12,0      |
| 8 (8000 Hz)    | 71,1      | 48,7      | 72,7      | 12,4      |

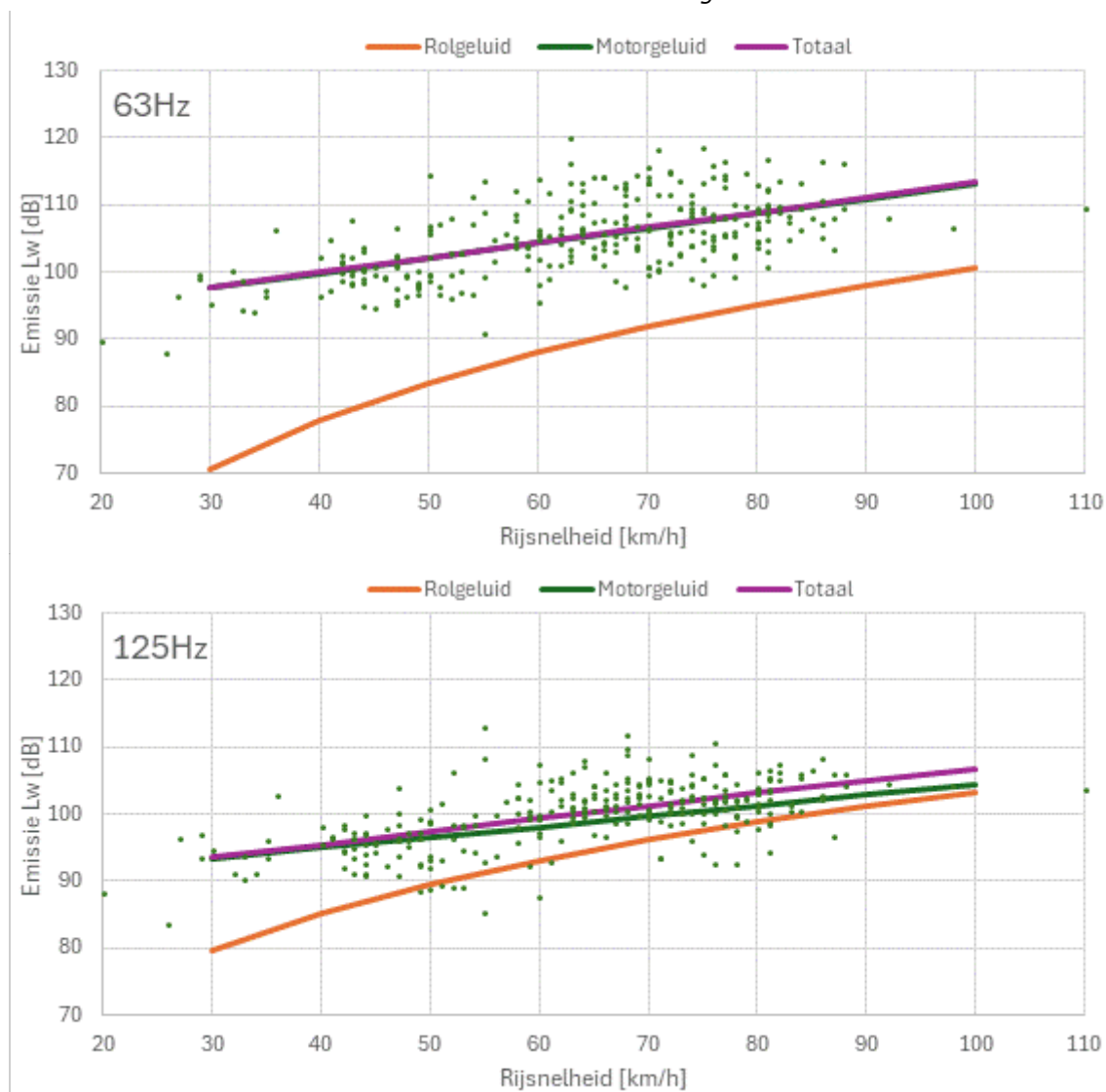
In bijlage 2 zijn de regressies apart voor motorgeluid en rolgeluid weergegeven.

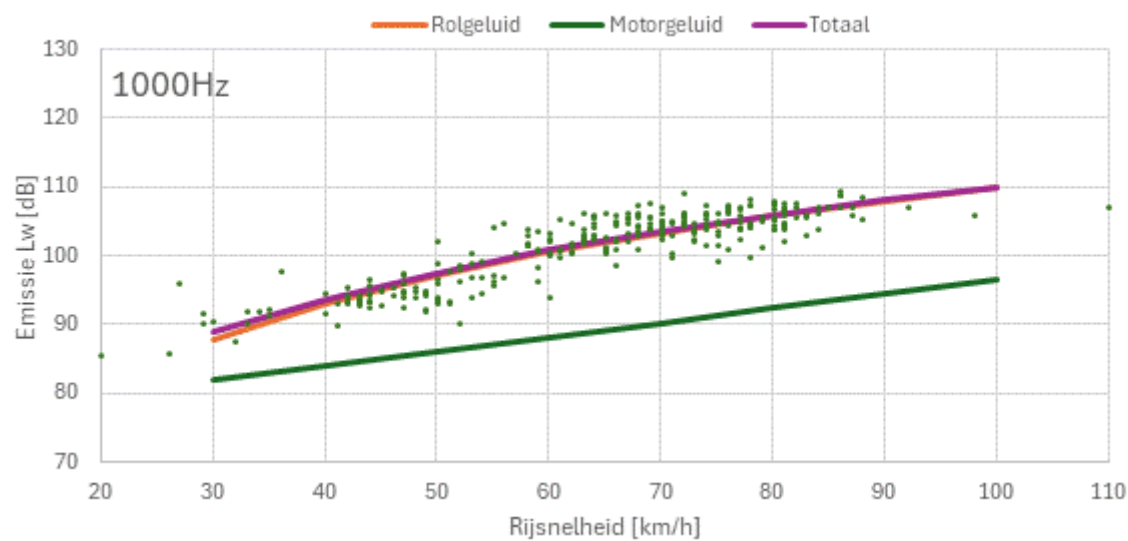
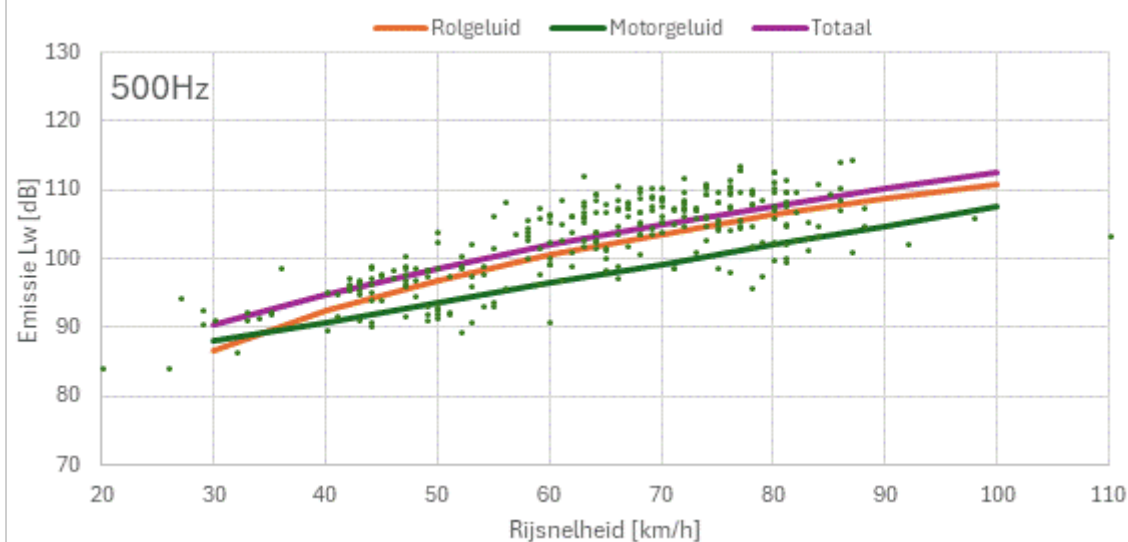
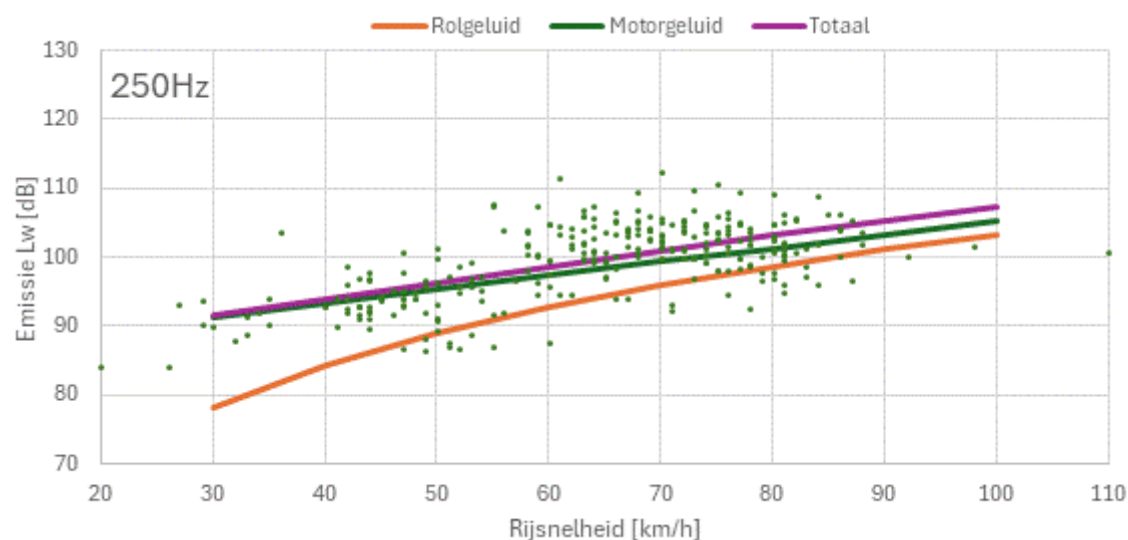
### 2.2.2 Middelzware motorvoertuigen

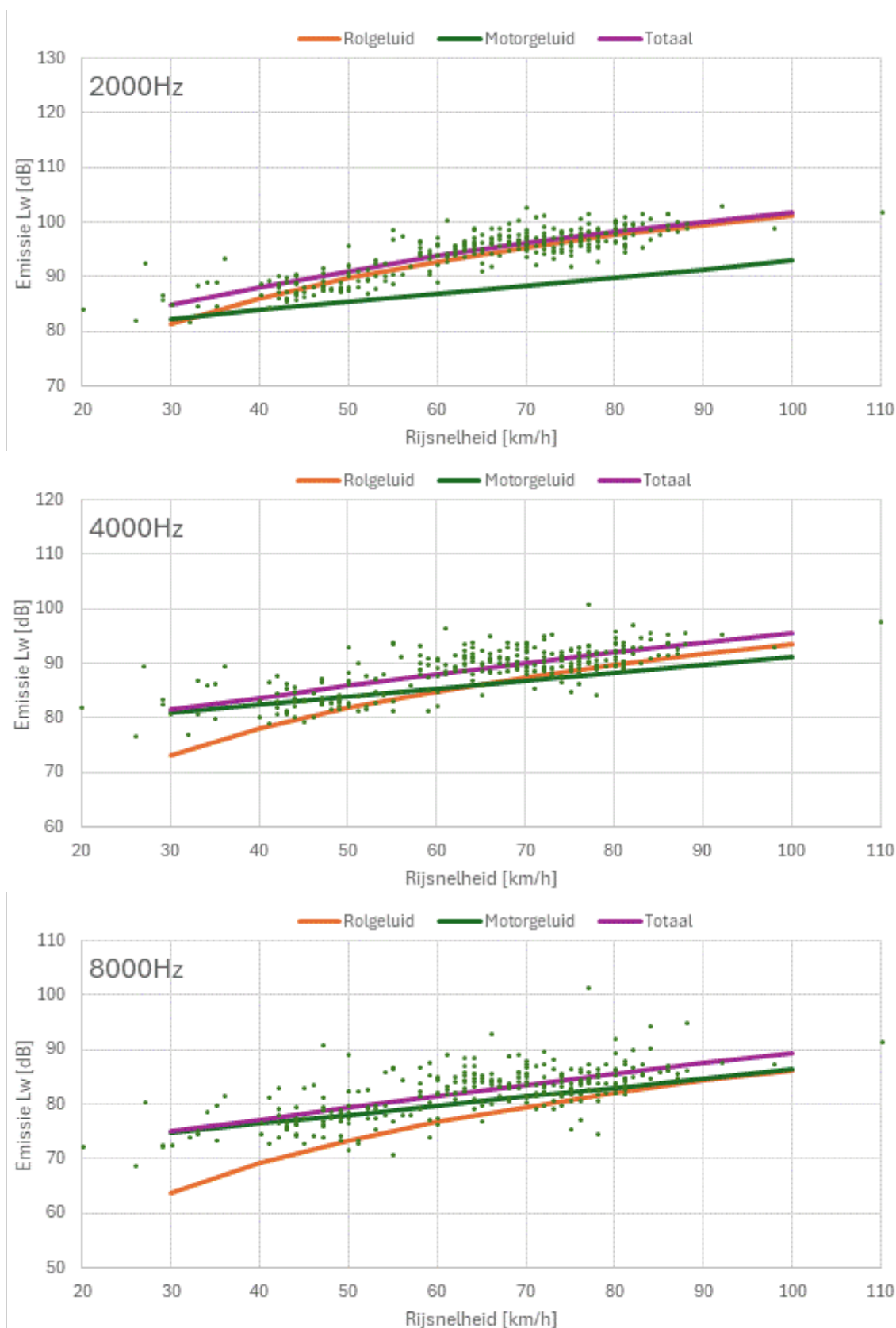
In totaal zijn er 289 middelzware motorvoertuigen gemeten. In navolgende figuren is per frequentieband het totaal gemeten geluidniveau in dB (dus niet A-gewogen) en de bijdrage motorgeluid en rolgeluid en de som van die twee (totaal) weergegeven.

Voor het onderscheidt tussen motorgeluid en rolgeluid zijn de verhoudingen voor zware motorvoertuigen gebruikt. Daarin is de bijdrage van motorgeluid kleiner. Het blijkt dat met gebruik van deze data (zie ook gevoeligheidsanalyse) leidt tot een betere correlatie met de meetgegevens.

*Figuur 3* Overzicht meetwaarden (gecorrigeerde SEL) en de fit voor de emissies voor rolgeluid, motorgeluid en de combinatie van het rol en motorgeluid (totaal) voor de acht octaafbanden voor middelzware motorvoertuigen.







De emissiekentallen die volgen uit de regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Overzicht emissiekentallen voor middelzware motorvoertuigen.

| i (frequentie) | $A_{r,i}$ | $B_{r,i}$ | $A_{p,i}$ | $B_{p,i}$ |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 (63 Hz)      | 91,8      | 57,5      | 106,5     | 15,4      |
| 2 (125 Hz)     | 96,2      | 44,7      | 99,7      | 11,1      |
| 3 (250 Hz)     | 95,9      | 47,7      | 99,3      | 13,9      |
| 4 (500 Hz)     | 103,6     | 45,9      | 99,2      | 19,5      |
| 5 (1000 Hz)    | 103,3     | 42,0      | 90,2      | 14,7      |
| 6 (2000 Hz)    | 95,3      | 38,1      | 88,4      | 10,5      |
| 7 (4000 Hz)    | 87,5      | 39,0      | 86,8      | 10,3      |
| 8 (8000 Hz)    | 79,6      | 42,7      | 81,4      | 11,6      |

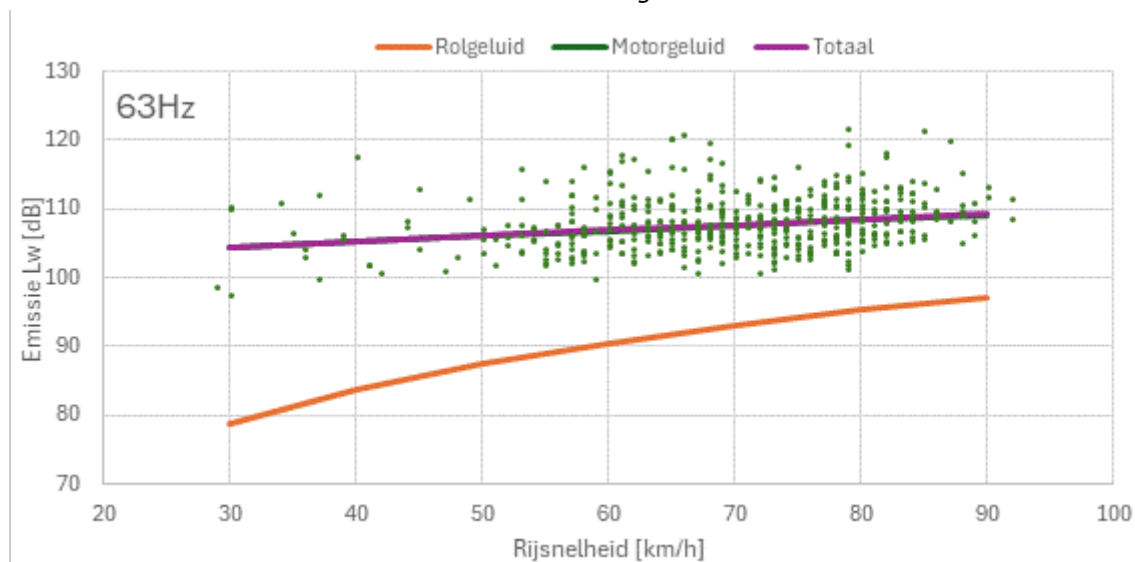
In bijlage 3 zijn de regressies apart voor motorgeluid en rolgeluid weergegeven.

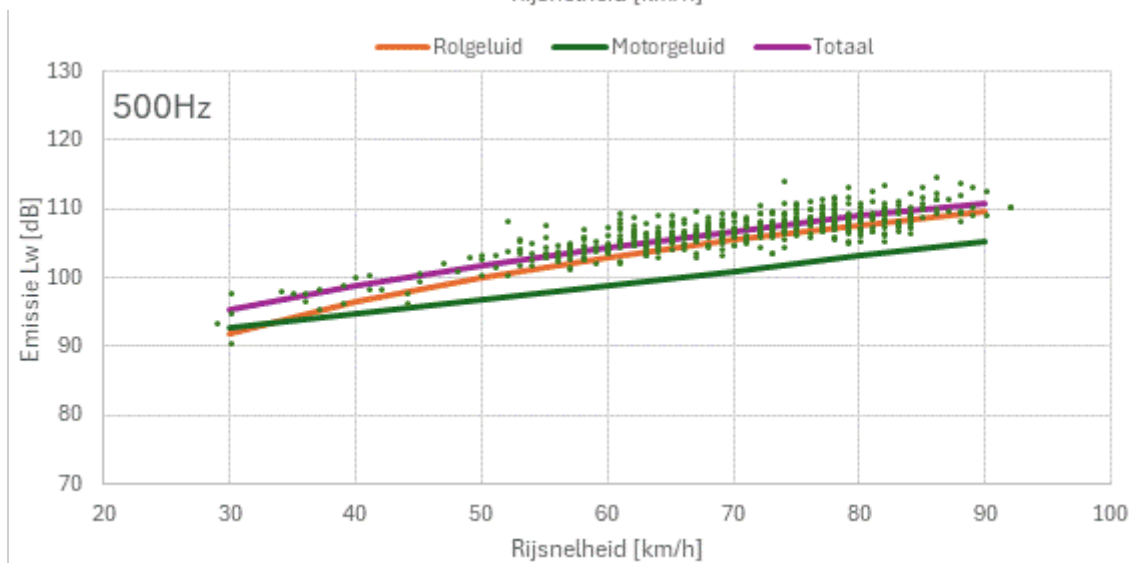
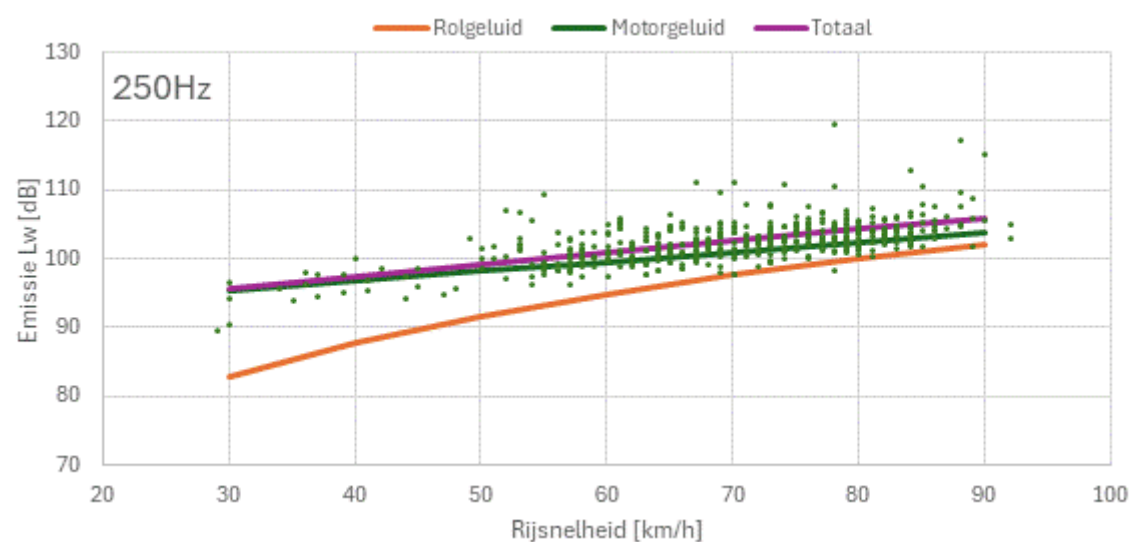
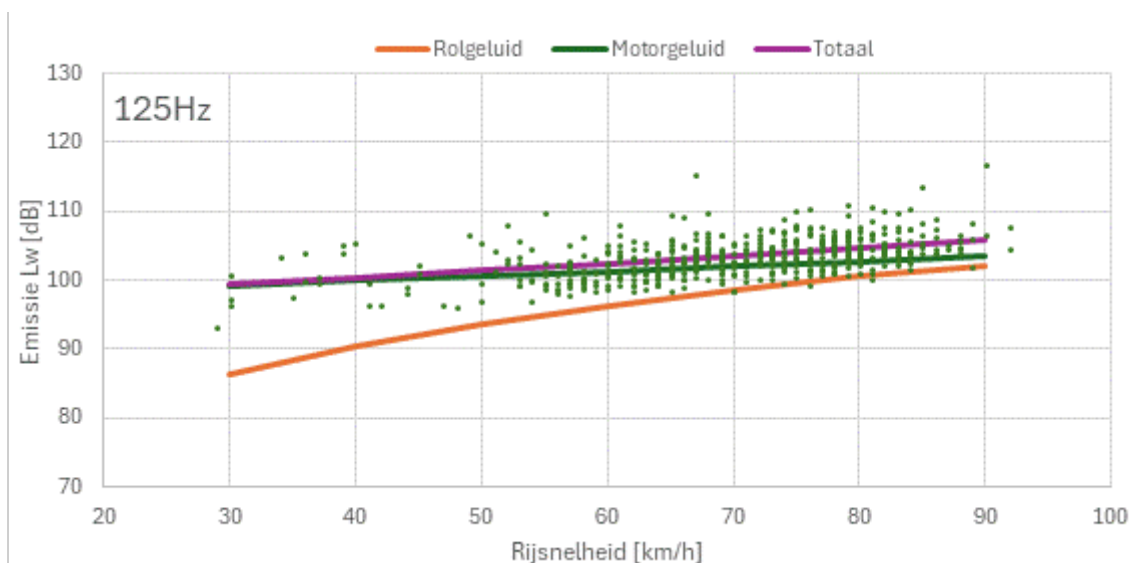
### 2.2.3

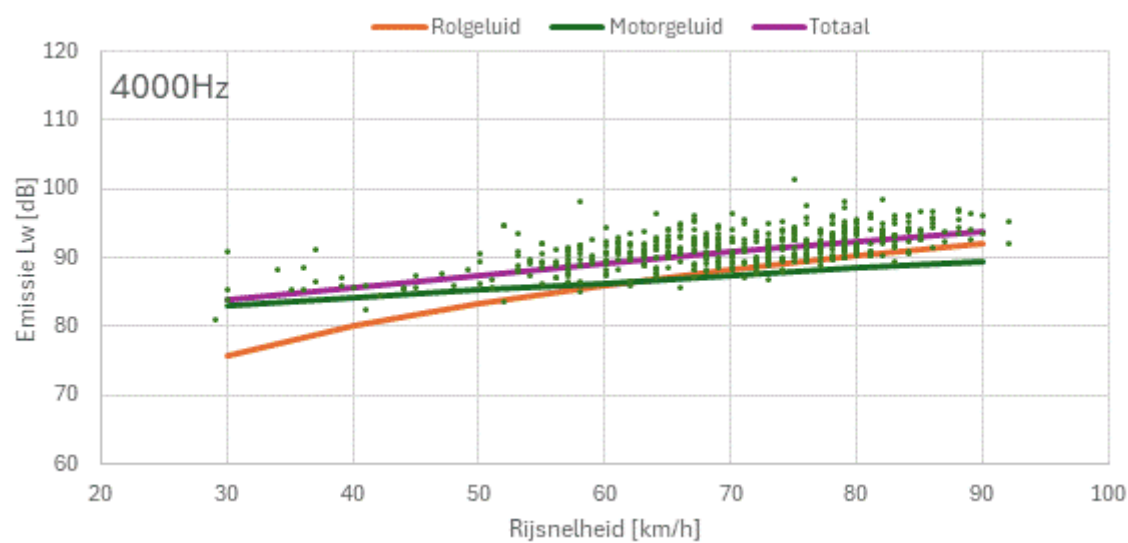
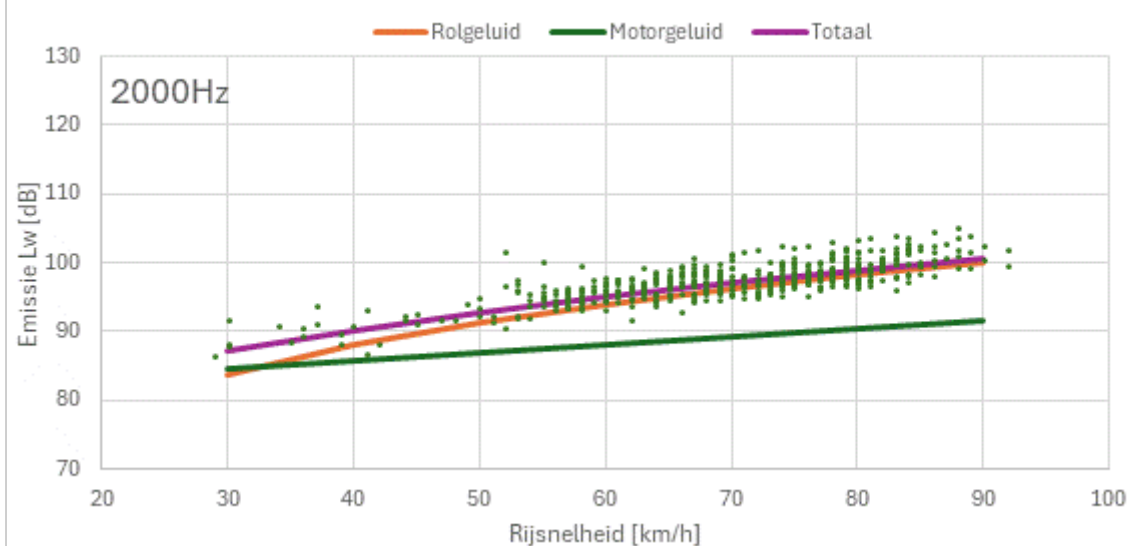
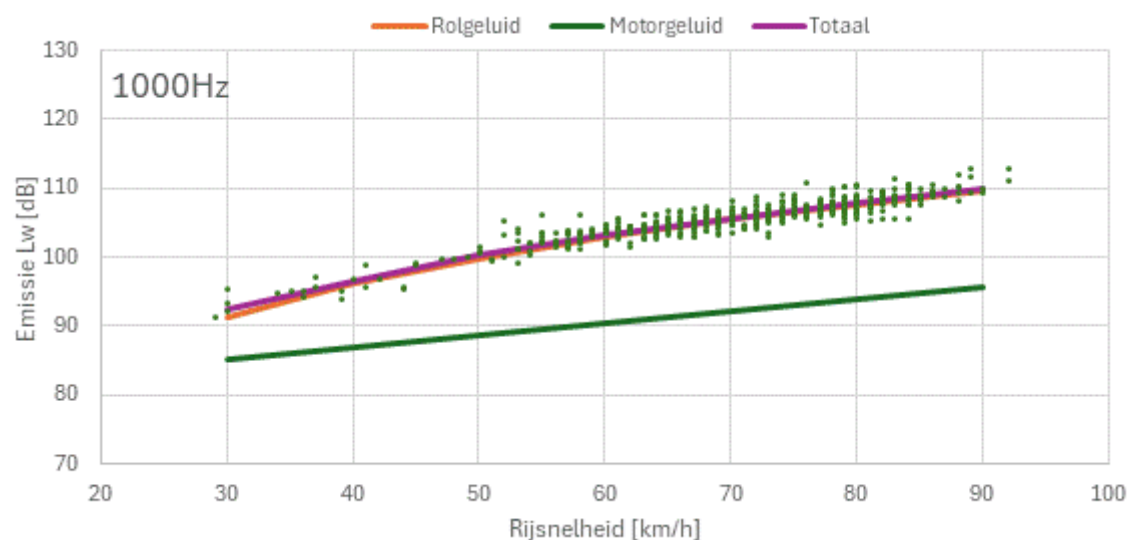
#### Zware motorvoertuigen

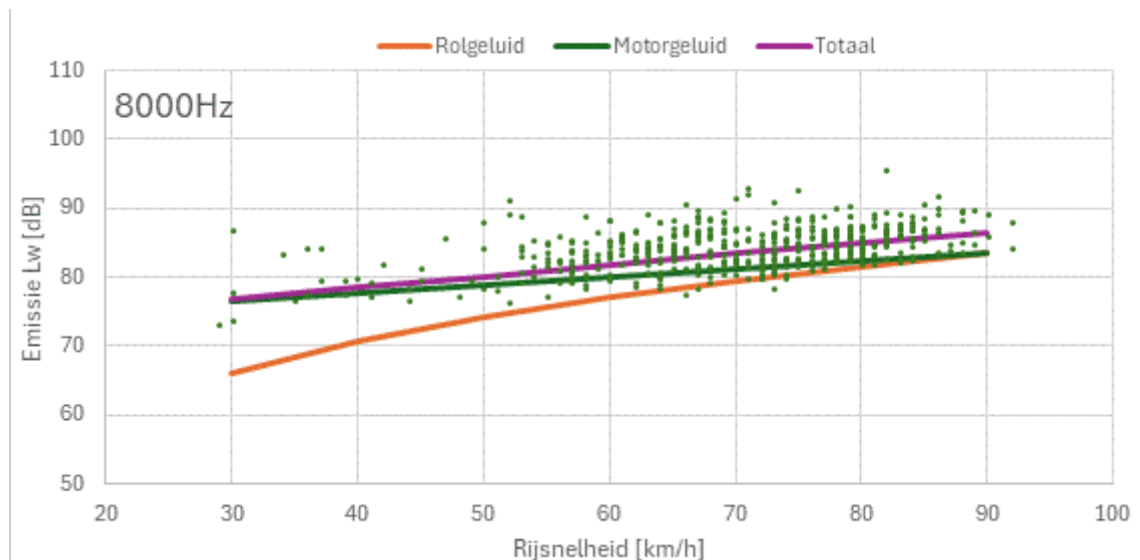
In totaal zijn er 493 zware motorvoertuigen gemeten. In navolgende figuren is per frequentieband het totaal gemeten geluidniveau in dB (dus niet A-gewogen) en de bijdrage motorgeluid en rolgeluid en de som van die twee (totaal) weergegeven.

Figuur 4 Overzicht meetwaarden (gecorrigeerde SEL) en de fit voor de emissies voor rolgeluid, motorgeluid en de combinatie van het rol en motorgeluid (totaal) voor de acht octaafbanden voor zware motorvoertuigen.









De emissiekentallen die volgen uit de regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Overzicht emissiekentallen voor zware motorvoertuigen.

| i (frequentie) | $A_{r,i}$ | $B_{r,i}$ | $A_{p,i}$ | $B_{p,i}$ |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 (63 Hz)      | 93,0      | 38,7      | 107,6     | 5,4       |
| 2 (125 Hz)     | 98,5      | 33,5      | 102,0     | 4,9       |
| 3 (250 Hz)     | 97,6      | 40,2      | 100,9     | 9,8       |
| 4 (500 Hz)     | 105,5     | 37,0      | 101,0     | 14,6      |
| 5 (1000 Hz)    | 105,5     | 38,3      | 92,2      | 12,3      |
| 6 (2000 Hz)    | 96,3      | 33,9      | 89,2      | 8,2       |
| 7 (4000 Hz)    | 88,2      | 33,8      | 87,4      | 7,4       |
| 8 (8000 Hz)    | 79,5      | 36,1      | 81,1      | 8,2       |

In bijlage 4 zijn de regressies apart voor motorgeluid en rolgeluid weergegeven.

## 2.3 Gevoeligheidsanalyse

### 2.3.1

#### Methode

De opsplitsing tussen rolgeluid en motorgeluid is niet gebaseerd op recente data. Omdat de bronhoogte voor beide bronnen gelijk is (in tegenstelling tot het Harmonoise model waarvoor de Imagine getallen zijn afgeleid) hoeft dat geen probleem te zijn zolang de emissieformules de data goed beschrijven.

Als toets is er een analyse uitgevoerd waarbij er geen kennis is over de splitsing motorgeluid en rolgeluid. Er wordt alleen gekeken hoe de waarden  $A_{r,i}$ ,  $B_{r,i}$ ,  $A_{p,i}$  en  $B_{p,i}$  geoptimaliseerd kunnen worden zodanig dat de wortel van de gemiddelde kwadratische fout van de individuele meetpunten het kleinst wordt (ook wel bekend als "root mean square error" of RMSE). De RMSE wordt berekend volgens

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (2-4)$$

Met  $P_i$  de voorspelde emissiewaarde,  $O_i$  de gemeten emissiewaarde van iedere meting  $i$  en  $n$  het aantal metingen in de voertuigcategorie.

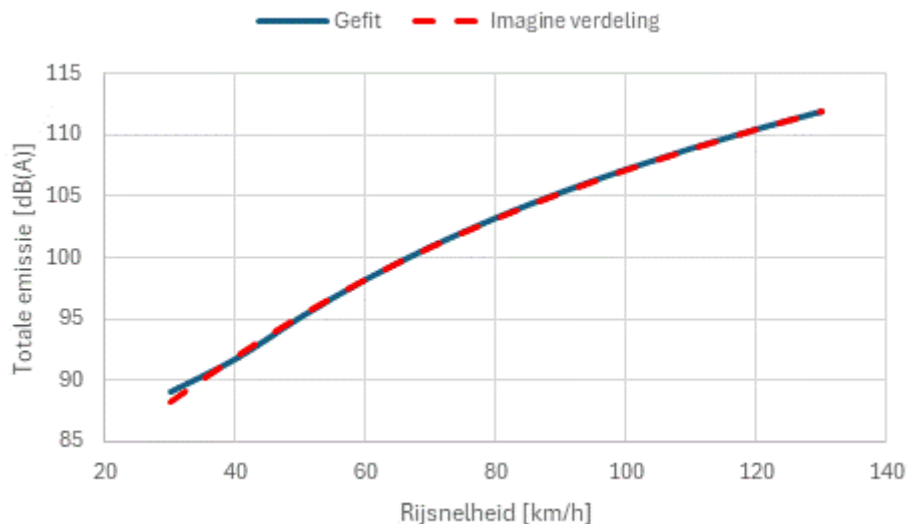
De optimalisatie is uitgevoerd met de Solver functie (GRG Nonlinear) in Microsoft Excel®. Hiermee is het mogelijk om de waarden  $A_{r,i}$ ,  $B_{r,i}$ ,  $A_{p,i}$  en  $B_{p,i}$  te laten variëren met als doel een zo klein mogelijke RMSE te krijgen.

### 2.3.2 Lichte motorvoertuigen

Uit de analyse blijkt dat het uitvoeren van een fit van een lineaire en logaritmische functie op de data niet tot een noemenswaardige verbetering leidt. Het gehanteerde onderscheidt tussen rol- en motorgeluid kan daarmee nog steeds gebruikt worden.

In de onderstaande figuur zie je de A-gewogen lijnemissie (alle octaafbanden samen) voor de situatie waarbij alle emissiekentallen zijn afgeleid uit de data. Dit wordt vergeleken met de totale emissie, waarbij het motorgeluid en rolgeluid zijn onderverdeeld volgens het Imagine-project.

*Figuur 5 Verskil in totale emissie in dB(A) bij de gebruikte verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid en bij een pure fit (zonder fysieke onderbouwing) voor lichte motorvoertuigen.*



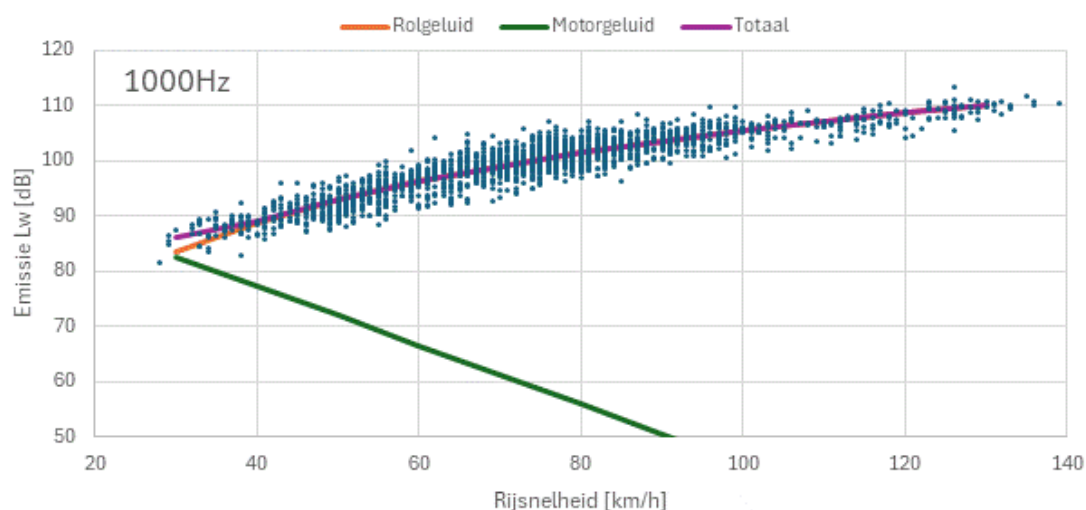
Te zien is dat de totale emissie voor de twee varianten vrijwel gelijk is. Alleen bij 30 km/h is er een verschil te zien. Dit verschil is wel minder dan 1 dB en op die snelheid waren er relatief weinig voertuigpassages waardoor de onzekerheid ook groter is. Dit kleine verschil is ook te zien aan de totale afwijking van de meetdata met de fit. In onderstaande tabel is de RMSE van de twee methodes weergegeven.

Tabel 6 Afwijking meetdata (RMSE) in dB van de individuele passages voor lichte motorvoertuigen ten opzichte van de regressie bij de gebruikte verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid, en bij een pure fit (zonder fysische onderbouwing).

| Frequentie [Hz] | Totale afwijking FIT | Totale afwijking Imagine verdeling |
|-----------------|----------------------|------------------------------------|
| 63              | 3,58                 | 3,58                               |
| 125             | 2,70                 | 2,75                               |
| 250             | 2,58                 | 2,60                               |
| 500             | 2,39                 | 2,42                               |
| 1000            | 1,98                 | 1,98                               |
| 2000            | 1,94                 | 1,95                               |
| 4000            | 1,92                 | 1,94                               |
| 8000            | 2,41                 | 2,42                               |

Te zien is dat de waarden goed overeenkomen en dat er geen significant grotere fout wordt gemaakt wanneer gebruik wordt gemaakt van de Imagine onderverdeling. Het gebruik van de emissiekentallen uit de fit wordt verder niet aangeraden omdat deze soms voor een brontype (motor of rol) een wat onlogische waarde geeft (dat brontype is dan ondergeschikt aan de andere). Een voorbeeld is bij 1000Hz. In de figuur hieronder is te zien dat vanwege enkele voertuigen bij lage snelheden de lineaire emissie een negatieve snelheidsafhankelijkheid krijgt. Dit heeft verder geen fysische betekenis.

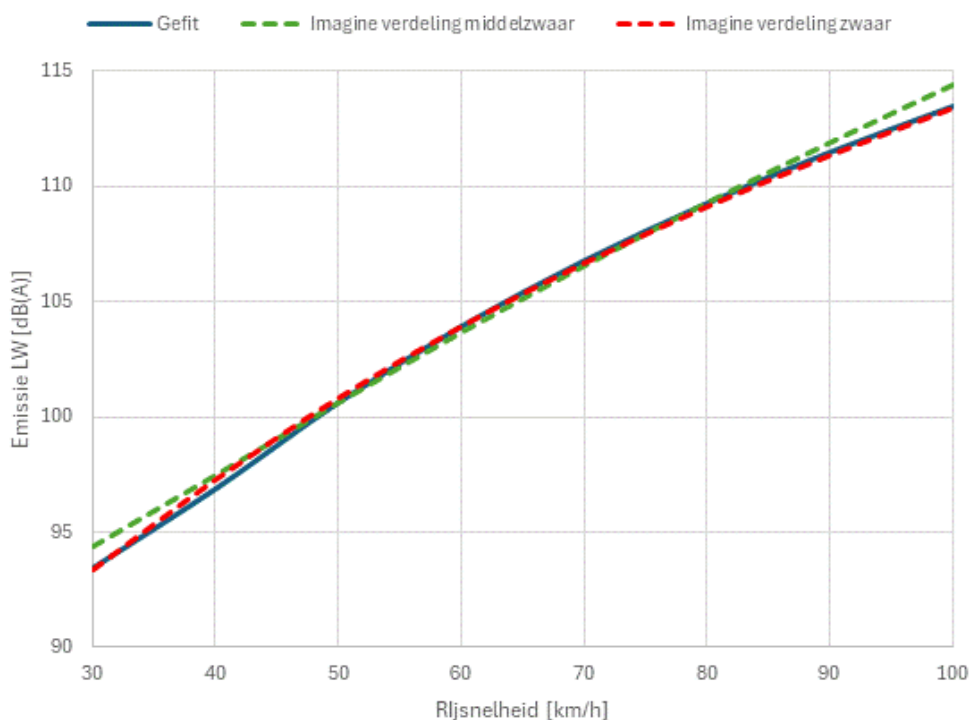
Figuur 6 Fit van een lineaire en logaritmische functie bij 1000Hz. Bij deze frequentie is het bandengeluid dominant. Dit volgt ook goed uit de fit waar de logaritmische functie bepalend is. De bijdrage motorgeluid (lineaire functie) geeft hier een niet fysisch beeld van het motorgeluid, namelijk een snelle afname als functie van snelheid.



### 2.3.3 Middelzware motorvoertuigen

Bij middelzware motorvoertuigen is gekeken naar een optimalisatie van een lineaire en logaritmische fits tegenover de verdeling tussen rolgeluid en motorgeluid uit Imagine. Dit is gedaan voor de Imagine onderverdeling voor middelzware motorvoertuigen en voor zware motorvoertuigen. De vergelijking is te zien in onderstaande figuur.

*Figuur 7 Verschil in totale emissie in dB(A) bij de gebruikte verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid en bij een pure fit (zonder fysieke onderbouwing) middelzware motorvoertuigen.*



In de figuur is te zien dat wanneer de splitsing tussen bronnen voor middelzwaar wordt gebruikt, de curve bij zowel hogere als lagere snelheden meer afwijkt ten opzichte van de optimale fit op de data. Wanneer die van zwaar verkeer wordt gebruikt is dat verschil veel kleiner. In onderstaande tabel is de totale afwijking (RMSE) van de varianten weergegeven.

*Tabel 7 Afwijking meetdata (RMSE) van de individuele passages voor middelzware voertuigen ten opzichte van de regressie tussen: de Imagine middelzwaar verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid, de Imagine zwaar verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid, en een pure fit (zonder fysieke onderbouwing).*

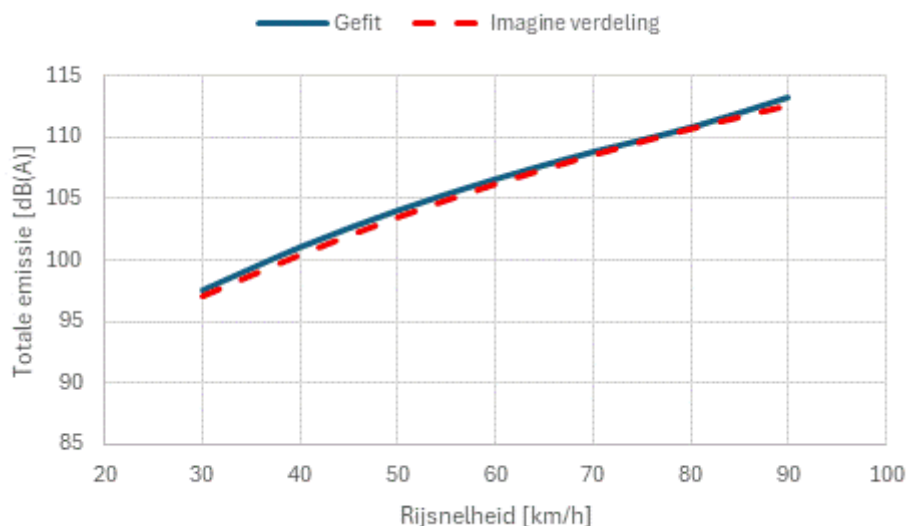
| Frequentie [Hz] | Totale afwijking FIT | Totale afwijking Imagine verdeling middelzwaar | Totale afwijking Imagine verdeling zwaar |
|-----------------|----------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 63              | 4,61                 | 4,61                                           | 4,61                                     |
| 125             | 3,80                 | 3,84                                           | 3,84                                     |
| 250             | 4,11                 | 4,20                                           | 4,19                                     |
| 500             | 3,94                 | 4,00                                           | 3,96                                     |
| 1000            | 2,28                 | 2,35                                           | 2,33                                     |
| 2000            | 2,20                 | 2,27                                           | 2,25                                     |
| 4000            | 2,70                 | 2,75                                           | 2,74                                     |
| 8000            | 3,41                 | 3,40                                           | 3,40                                     |

In de tabel is te zien dat de verdeling voor middelzwaar iets beter is, al zijn de verschillen klein. Dat is ook logisch omdat de meeste gemeten voertuigen bij 50-80 km/h reden en daar is het verschil tussen beide curves (zie *Figuur 7*) beperkt.

#### 2.3.4 Zware motorvoertuigen

Bij zware motorvoertuigen is er weinig verschil tussen de fit en de emissies op basis van de Imagine verdeling.

*Figuur 8 Verschil in totale emissie in dB(A) bij de gebruikte verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid en bij een pure fit (zonder fysieke onderbouwing) voor zware motorvoertuigen.*



Dat is tevens te zien in de totale RMSE afwijking van de twee varianten.

*Tabel 8 Afwijking meetdata (RMSE) in dB van de individuele passages voor zware motorvoertuigen ten opzichte van de regressie bij de gebruikte verdeling tussen motorgeluid en rolgeluid, en bij een pure fit (zonder fysieke onderbouwing).*

| Frequentie [Hz] | Totale afwijking FIT | Totale afwijking Imagine verdeling |
|-----------------|----------------------|------------------------------------|
| 63              | 3,82                 | 3,85                               |
| 125             | 2,46                 | 2,48                               |
| 250             | 2,40                 | 2,42                               |
| 500             | 1,60                 | 1,63                               |
| 1000            | 1,16                 | 1,21                               |
| 2000            | 1,72                 | 1,81                               |
| 4000            | 2,13                 | 2,29                               |
| 8000            | 2,70                 | 2,93                               |

## 2.4 Vergelijking met andere emissiekentallen

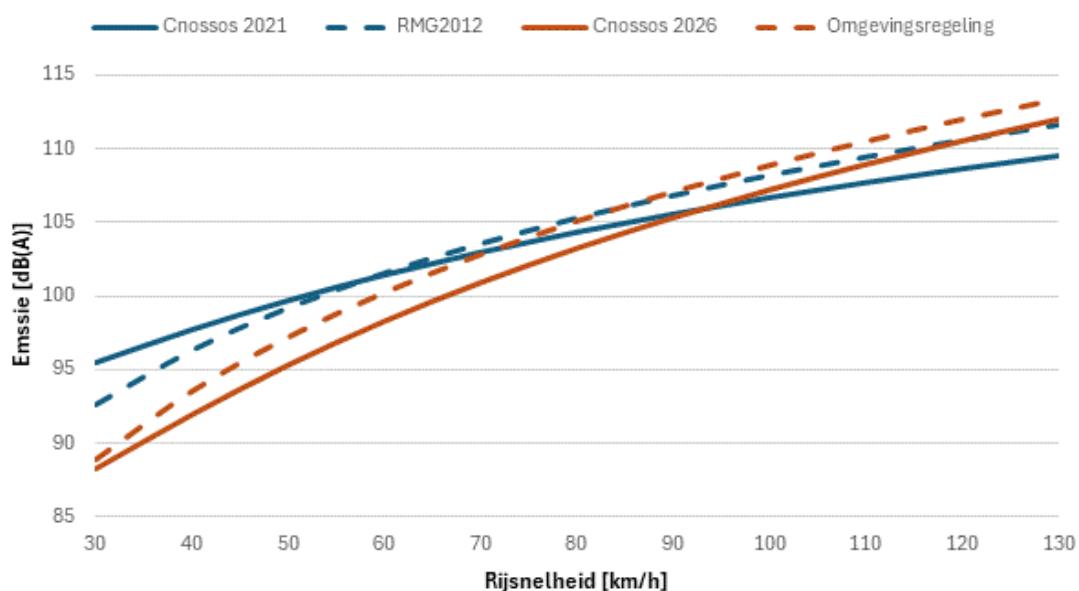
In deze sectie worden de emissiekentallen volgens CNOSSOS 2021, RMG2012, de Omgevingsregeling (bijlage IVe) en CNOSSOS 2026 op dB(A) niveau tegen elkaar uitgezet. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt wat de verschillen op hoofdlijnen zullen zijn. Door een verschil in overdrachtsmodel tussen CNOSSOS en Omgevingsregeling/RMG2012

zijn de lijnen op absoluut niveau niet te vergelijken. Het volgende is wel te zien:

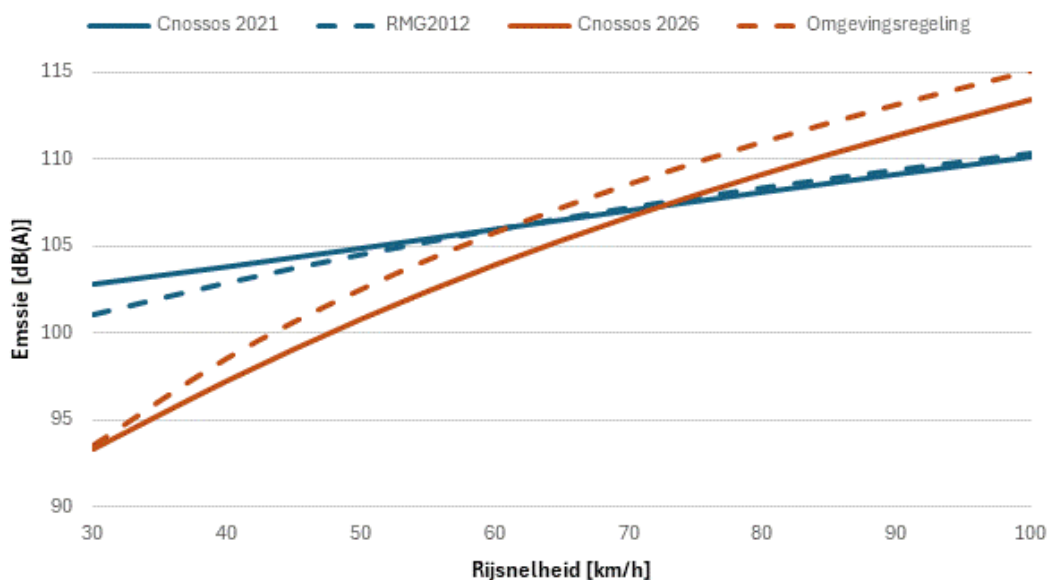
- Hoe de emissie tussen CNOSSOS 2021 en CNOSSOS 2026 zal veranderen
- Hoe de emissie is veranderd tussen RMG2012 en Omgevingsregeling (verder buiten scope van dit onderzoek)
- Wat de verschillen zijn in tussen CNOSSOS 2021 en RMG2012, en tussen CNOSSOS 2026 en Omgevingsregeling.

In de navolgende figuren zijn de emissies voor de drie voertuigcategorieën en de vier methodes weergegeven.

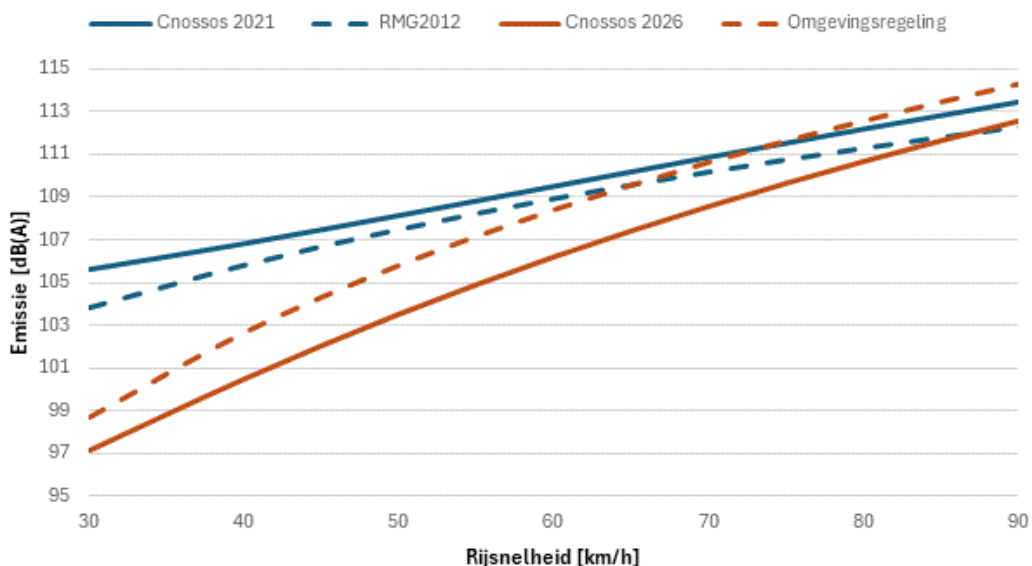
*Figuur 9 Emissies in dB(A) als functie van snelheid voor **lichte** motorvoertuigen voor de verschillende methodes.*



Figuur 10 Emissies in dB(A) als functie van snelheid voor **middelzware** motorvoertuigen voor de verschillende methodes.



Figuur 11 Emissies in dB(A) als functie van snelheid voor **zware** motorvoertuigen voor de verschillende methodes.



In de figuren is het volgende te zien:

- CNOSSOS 2026 zal bij lage snelheden aanzienlijk lagere niveaus geven dan CNOSSOS 2021. Bij hogere rijsnelheden zullen (met uitzondering van wegen met overwegend zwaar verkeer) de emissies hoger zijn.
- CNOSSOS-2026 laat ten opzichte van de Omgevingsregeling een relatief constant verschil zien; ten opzichte van het RMG2012 is de snelheidsafhankelijkheid duidelijk anders. Alleen bij lage

snelheden is dit verschil kleiner. Dit komt door de bijdrage motorgeluid in de CNOSSOS emissies.

- CNOSSOS-2021 laat geen consistent beeld zien ten opzichte van de RMG2012 getallen. De snelheidsafhankelijkheid is lager. Het is niet duidelijk hoe dit komt.

In hoofdstuk 4 wordt besproken wat het effect is van deze verschillende emissies op geluidkartering.

## 3 Afleiding wegdekcorrecties voor implementatie in CNOSSOS

### 3.1 Aanleiding

Vanwege nieuwe spectrale emissiegetallen, die verdeeld zijn in een bijdrage motorgeluid en rolgeluid, dienen wegdekcorrectiefactoren opnieuw te worden berekend. Dit komt omdat in de CNOSSOS-methode er geen toeslag is op het motorgeluid ten gevolge van een wegdek. Bij sommige verhardingen is in bepaalde octaafbanden wel positieve wegdekcorrectie gemeten. Wanneer deze toeslag direct op het rolgeluid wordt toegepast is de totale toeslag, zeker in situatie waar motorgeluid dominant is, te laag. De toeslag op het rolgeluid moet dan ook hoger zijn. Om de toeslagen te bepalen is de methodiek omschreven in M+P rapport (M+P.RIVM.17.03.3) "CNOSSOS-EU adaptations to road surface corrections" van 20 sept 2017 gevolgd.

### 3.2 Methode

#### 3.2.1 Stappenplan

Voor het bepalen van de  $C_{\text{wegdek}}$  worden de volgende stappen gevolgd. Deze stappen worden voor iedere wegdektype apart uitgevoerd.

1. Berekenen  $C_{\text{wegdek}}$  bij een representatieve rijnsnelheid voor het type deklaag dat onderzocht wordt:
  - a. Bepaal, op basis van de gegevens uit bijlage IVe van de Omgevingsregeling, per octaafband de  $C_{\text{wegdek}}$  bij een representatieve rijnsnelheid voor dat type wegdek (ZOAB wordt op andersoortige wegen aangelegd dan bijvoorbeeld klinkers).
  - b. Bereken bij die snelheid de emissies voor rolgeluid, motorgeluid en het totaal op basis van de emissiekentallen uit hoofdstuk 2.
  - c. Pas de  $C_{\text{wegdek}}$  toe die berekend is in stap 1a op het totale geluid uit stap 1b en op het motorgeluid uit stap 1b
  - d. Trek het motorgeluid af van het totaalgeluid (beide uit stap 1b). Het resultaat is het benodigde rolgeluid.
  - e. Het verschil tussen de waarde uit 1d en de rolgeluidemissie uit 1b is dan de  $C_{\text{wegdek}}$  voor iedere octaafband die geldt bij de representatieve rijnsnelheid voor de deklaag.
2. Optimaliseer de snelheidsafhankelijkheid om verschil in reductie tussen Omgevingsregeling en CNOSSOS zo klein mogelijk te maken:
  - a. Bereken de totale reductie in dB(A) bij snelheden in stappen van 10 km/h voor het snelheidsbereik dat hoort bij het type wegdek voor zowel de kentallen uit 1e (met emissies volgens dit rapport) en volgens bijlage IVe van de Omgevingsregeling.
  - b. Bereken het verschil tussen de (A gewogen) reductie met de concept  $C_{\text{wegdek}}$  waarden en die uit de Omgevingsregeling voor iedere snelheid.
  - c. Neem de som van de absolute verschillen voor alle snelheden uit 2b.
  - d. Varieer de snelheidsafhankelijkheid in de concept getallen en voer stap 2a, 2b en 2c telkens uit. Doel is om de som uit 2c zo klein mogelijk te maken. Daar waar dit verschil het kleinst

is volgt de snelheidsafhankelijkheid van de wegdekcorrectie voor CNOSSOS.

3. Bepaal de definitieve  $C_{\text{wegdek}}$  door om te rekenen naar de referentiesnelheid van 70 km/h:
  - a. Reken de spectrale waarden om naar  $C_{\text{wegdek}}$  getallen voor 70 km/h door toepassing van die snelheidsafhankelijkheid uit stap 2d en de spectrale correcties uit 1e. Het kan daarbij voorkomen dat een  $C_{\text{wegdek}}$  negatief was, maar alsnog positief wordt in de tabel.
  - b. De  $C_{\text{wegdek}}$  voor CNOSSOS bestaat uit de  $C_{\text{wegdek}}$  getallen uit 3a in combinatie met de snelheidsafhankelijkheid, bij de kleinste afwijking, uit 2d.

### 3.2.2 Rekenvoorbeeld

Een voorbeeldberekening voor ZOAB voor lichte motorvoertuigen is onder weergegeven. Deze is uitgewerkt volgens het stappenplan dat hierboven is beschreven.

#### Stap 0: Verzamel gegevens over $C_{\text{wegdek}}$ en snelheden.

Tabel 9 De  $C_{\text{wegdek}}$  van ZOAB uit bijlage IVe van de Omgevingsregeling.

| 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $T_m$ |
|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|
| 0,5 | 3,3 | 2,4 | 3,2 | -1,3 | -3,5 | -2,6 | 0,5  | -6.5  |

De representatieve snelheid voor deze deklaag is 100 km/h, en het toepassingsbereik van deze deklaag loopt van 50 tot 130 km/h.

#### Stap 1a: Bereken de correctie bij de representatieve snelheid van die deklaag.

Om de  $C_{\text{wegdek}}$  waarden bij 100 km/h te krijgen moet bij de waarden in Tabel 9 de waarde  $-6,5 \cdot \lg(100/80)$  worden opgeteld (in de Omgevingsregeling is de referentiesnelheid 80 km/h bij lichte motorvoertuigen).

Tabel 10 Wegdekcorrectiewaarden ZOAB bij 100km/h.

| 63   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| -0,1 | 2,7 | 1,8 | 2,6 | -1,9 | -4,1 | -3,2 | -0,1 |

#### Stap 1b: Bereken emissies rolgeluid en motorgeluid en totaal bij de representatieve snelheid voor het referentiewegdek.

Hier worden de emissie berekend bij 100 km/h.

Tabel 11 Emissie rolgeluid, motorgeluid en totaal bij 100 km/h.

|        | 63    | 125  | 250  | 500  | 1000  | 2000 | 4000 | 8000 |
|--------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Rol    | 90,1  | 94,4 | 92,1 | 97,4 | 105,3 | 99,1 | 89,0 | 78,7 |
| Motor  | 100,2 | 94,9 | 93,0 | 92,5 | 90,7  | 89,9 | 85,9 | 78,0 |
| Totaal | 100,6 | 97,7 | 95,6 | 98,6 | 105,4 | 99,6 | 90,8 | 81,3 |

### Stap 1c: Pas de C<sub>wegdek</sub> toe die berekend is in stap 1a op het totale geluid en op het motorgeluid uit uit stap 1b

Tabel 12 Emissie motorgeluid en totaal bij 100 km/h na toepassing van de C<sub>wegdek</sub>, waarbij geldt dat als de C<sub>wegdek</sub> positief is deze niet toegepast wordt op het motorgeluid.

|        | 63    | 125   | 250  | 500   | 1000  | 2000 | 4000 | 8000 |
|--------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| Motor  | 100,1 | 94,9  | 93,0 | 92,5  | 88,8  | 85,8 | 82,7 | 77,9 |
| Totaal | 100,5 | 100,4 | 97,4 | 101,2 | 103,5 | 95,5 | 87,6 | 81,2 |

### Stap 1d: Bereken het benodigde rolgeluid door het motorgeluid van het totaal energetisch af te trekken.

In deze stap is het benodigde rolgeluid berekend door de waarde motorgeluid uit tabel Tabel 12 energetisch af te trekken van de waarde voor het totaalgeluid.

Tabel 13 Benodigde rolgeluid. Dit is berekend door het motorgeluid af te trekken van het totaal geluid.

|           | 63   | 125  | 250  | 500   | 1000  | 2000 | 4000 | 8000 |
|-----------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Rolgeluid | 90,0 | 99,0 | 95,4 | 100,6 | 103,4 | 95,0 | 85,8 | 78,6 |

### Stap 1d: Bereken de wegdekcorrecties bij de representatieve rijsnelheid.

Hier wordt gekeken met welke waarde het rolgeluid gecorrigeerd moet worden om het benodigde rolgeluid te bereiken. Dit is weergegeven in Tabel 14. Te zien is dat als een correctie in Tabel 10 negatief was, hier dezelfde waarde terugkomt. Dit komt omdat bij een negatieve waarde het motorgeluid en totaal geluid met dezelfde waarde worden gecorrigeerd. Daarmee moet ook het rolgeluid met die waarde worden gecorrigeerd.

Tabel 14 Bepaling wegdekcorrecties bij de representatieve rijsnelheid.

|                      | 63          | 125        | 250        | 500        | 1000        | 2000        | 4000        | 8000        |
|----------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rolgeluid referentie | 90,1        | 94,4       | 92,1       | 97,4       | 105,3       | 99,1        | 89          | 78,7        |
| Rolgeluid deklaag    | 90,0        | 99,0       | 95,4       | 100,6      | 103,4       | 95,0        | 85,8        | 78,6        |
| <b>Verskil</b>       | <b>-0,1</b> | <b>4,6</b> | <b>3,3</b> | <b>3,2</b> | <b>-1,9</b> | <b>-4,1</b> | <b>-3,2</b> | <b>-0,1</b> |

### Stap 2a t/m 2d:

Uit de stappen in reeks 1 volgen de volgende correcties bij 100 km/h. Deze zijn, samen met de snelheidsafhankelijkheid uit de C<sub>wegdek</sub> tabel uit bijlage IVe van de Omgevingsregeling gebruikt als eerste uitgangspunt om die snelheidsafhankelijkheid te optimaliseren. De waarden voor ZOAB zijn weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15 De correctietermen bij 100 km/h voor ZOAB en de snelheidsafhankelijk als startpunt voor de optimalisatiestap.

| 63   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | T <sub>m</sub> |
|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|----------------|
| -0,1 | 4,6 | 3,3 | 3,2 | -1,9 | -4,1 | -3,2 | -0,1 | -6,5           |

Bovenstaande waarden zijn gebruikt om een emissie in dB(A) niveau te berekenen voor iedere snelheid van 50 t/m 130 km/h. Voor iedere

snelheid wordt het verschil tussen de emissie met en zonder correctie bepaald. Dit wordt ook gedaan voor de emissies en wegdekcorrecties uit bijlage IVE van de Omgevingsregeling.

Het verschil tussen die twee is de afwijking tussen geluidreductie tussen Omgevingsregeling en CNOSSOS met de snelheidsafhankelijkheid  $T_m$ . Een voorbeeldberekening is hieronder weergegeven.

*Tabel 16 Voorbeeldberekening voor drie rijssnelheden voor berekenen afwijking van de reducties tussen de methodes met een  $T_m$  van -6,5.*

| Situatie                                | 50    | 100   | 130   |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|
| Emissie CNOSSOS                         | 95,3  | 107,2 | 112,0 |
| Emissie met correctie CnoSSOS           | 95,8  | 105,5 | 109,4 |
| Emissie Omgevingsregeling               | 110,3 | 119,0 | 122,3 |
| Emissie met correctie Omgevingsregeling | 111,1 | 117,2 | 119,7 |
| Verskil CNOSSOS                         | 0,5   | -1,7  | -2,6  |
| Verskil Omgevingsregeling <sup>9</sup>  | 0,8   | -1,8  | -2,6  |
| Absolute Afwijking                      | 0,3   | 0,1   | 0,0   |

De som van de afwijkingen is hier 0,4 dB. Door de snelheidsafhankelijkheid  $T_m$  te variëren wordt getracht de som van de afwijkingen zo klein mogelijk te maken. Dit gebeurt voor alle snelheden (per 10 km/h stap) van 30 t/m 130 km/h.

In onderstaande tabel zijn per snelheid en voor iedere  $T_m$  de totale afwijkingen te zien.

*Tabel 17 Voorbeeld van de variatie van snelheidsfactor B op de verschillen in A-gewogen reducties (op emissieniveau) voor bijlage IVE en deze berekening.*

| $T_m$ | 50   | 60   | 70   | 80   | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 |
|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| -6.5  | 0,3  | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0   |
| -7.4  | 0,2  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| -7.5  | 0,1  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| -7.6  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| -7.7  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| -7.8  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -7.9  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -8.0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -8.1  | 0,0  | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -8.2  | 0,0  | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -8.3  | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| -8.4  | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |

Uit de berekeningen blijkt dat een waarde van -7,9 optimaal is, al zijn de afwijkingen relatief klein. Gebruik van een waarde van -6.5, zoals in de bijlage IVE van de Omgevingsregeling, leidt tot iets grotere verschillen.

<sup>9</sup> Gebaseerd op onafgeronde getallen.

**Stap 3:**

Uiteindelijk worden de spectrale correcties bij 100km/h omgerekend naar een  $C_{\text{wegdek}}$  bij de referentiesnelheid van 70 km/h. Deze omrekening gaat door voor iedere octaafband de waarde  $-7.9 \cdot \lg(70/100)$  bij de correctie bij 100 km/h op te tellen.

*Tabel 18 Omrekening wegdekcorrectiefactoren van de representatieve rijsnelheid (voor ZOAB 100 km/h) naar de referentiesnelheid van 70 km/h.*

| Snelheid | 63   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|----------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 100 km/h | -0,1 | 4,5 | 3,2 | 3,2 | -1,9 | -4,1 | -3,2 | -0,1 |
| 70 km/h  | 1,1  | 5,7 | 4,5 | 4,4 | -0,7 | -2,9 | -2,0 | 1,1  |

De onderste kolom uit Tabel 18, in combinatie met de snelheidsafhankelijkheid van  $-7,9$ , vormt de  $C_{\text{wegdek}}$  voor ZOAB onder CNOSSOS. Bij CNOSSOS wordt de snelheidsafhankelijkheid aangeduid met de term  $\beta_m$  waar dat in bijlage IVe  $T_m$  is.

**3.3****Resultaten****3.3.1***Lichte motorvoertuigen*

In Tabel 19 zijn de gehanteerde snelheden voor de berekening weergegeven. De representatieve rijsnelheid om de  $C_{\text{wegdek}}$  passend te maken en het snelheidsbereik is gebruikt als bereik waarmee de snelheidsafhankelijkheid is geoptimaliseerd.

*Tabel 19 Representatieve rijsnelheden en snelheidsbereik waarvoor de  $C_{\text{wegdek}}$  toegepast moet kunnen worden voor lichte motorvoertuigen.*

| Deklaag                        | Snelheid [km/h]  |                  |                             |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
|                                | $V_{\text{min}}$ | $V_{\text{max}}$ | $V_{\text{representatief}}$ |
| Referentiewegdek               | 30               | 130              | nvt                         |
| 1L ZOAB                        | 50               | 130              | 100                         |
| AO 1L ZOAB                     | 50               | 130              | 100                         |
| 2L ZOAB                        | 50               | 130              | 100                         |
| 2L ZOAB fijn                   | 80               | 130              | 100                         |
| SMA 0/5                        | 40               | 80               | 70                          |
| SMA 0/8                        | 40               | 80               | 70                          |
| AO SMA                         | 40               | 80               | 70                          |
| uitgeborsteld beton            | 70               | 120              | 80                          |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | 70               | 80               | 80                          |
| fijngebezemd beton             | 70               | 120              | 70                          |
| oppervlak bewerking            | 50               | 130              | 80                          |
| elementen in keperverband      | 30               | 60               | 50                          |
| elementen niet in keperverband | 30               | 60               | 50                          |
| stille elementen               | 30               | 60               | 50                          |
| dunne deklagen A               | 40               | 130              | 70                          |
| dunne deklagen B               | 40               | 130              | 70                          |

In bijlage 5 zijn de meest relevante tussenresultaten van de berekening weergegeven.

De naar een snelheid van 70 km/h omgerekende wegdekcorrecties zijn weergegeven in Tabel 20. Dit zijn de spectrale correcties die in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling kunnen worden opgenomen.

Tabel 20 Berekende  $C_{wegdek}$  voor lichte motorvoertuigen ( $m=1$ ).

| Deklaag                        | $a_m$ [Hz] |      |      |      |      |      |      |      | $\beta_m$ |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|                                | 63         | 125  | 250  | 500  | 1k   | 2k   | 4k   | 8k   |           |
| Referentiewegdek               | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| 1L ZOAB                        | 1,1        | 5,7  | 4,5  | 4,4  | -0,7 | -2,9 | -2,0 | 1,1  | -7,9      |
| AO 1L ZOAB                     | 6,1        | 3,7  | 0,7  | 2,7  | -4,4 | -4,9 | -3,3 | -1,4 | -13,8     |
| 2L ZOAB                        | 1,6        | 4,2  | 0,4  | -2,9 | -4,0 | -6,1 | -4,6 | -1,8 | -3,4      |
| 2L ZOAB fijn                   | -1,0       | 3,1  | -1,5 | -5,3 | -6,3 | -8,5 | -5,3 | -2,4 | -0,3      |
| SMA 0/5                        | 10,0       | -0,9 | 0,8  | 1,8  | -1,8 | -2,7 | -2,0 | -1,3 | -1,6      |
| SMA 0/8                        | 5,5        | 0,2  | 0,2  | 0,0  | -0,6 | -1,2 | -0,7 | -0,7 | -0,8      |
| AO SMA                         | 15,1       | 3,6  | 0,0  | -0,2 | -2,5 | -2,6 | -0,8 | -0,5 | -5,4      |
| uitgeborsteld beton            | 8,2        | -0,5 | 2,8  | 2,6  | 2,5  | 0,8  | -0,3 | -0,2 | 1,7       |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,3       | -0,8 | 1,4  | 1,2  | 1,0  | -1,6 | -2,1 | -1,9 | 1,9       |
| fijngebezemd beton             | 7,6        | -0,9 | 5,0  | 2,1  | 1,2  | 2,6  | 1,4  | -0,8 | 7,7       |
| oppervlak bewerking            | 8,3        | 2,2  | 5,1  | 4,8  | 4,1  | 0,1  | -1,0 | -0,8 | 0,3       |
| elementen keperverband         | 25,9       | 15,1 | 13,6 | 5,2  | 2,1  | -1,7 | 0,2  | 3,4  | -3,6      |
| elementen niet in keperverband | 30,2       | 18,4 | 15,6 | 7,4  | 6,2  | 2,2  | 6,7  | 8,0  | -4,4      |
| stille elementen               | 25,7       | 12,6 | 10,8 | 3,0  | -2,7 | -6,8 | -3,8 | -0,2 | -7,9      |
| dunne deklagen A               | 17,0       | 2,8  | -2,0 | -1,1 | -3,9 | -4,0 | -1,7 | -1,8 | -8,5      |
| dunne deklagen B               | 16,8       | 2,5  | -2,1 | -1,4 | -4,6 | -4,8 | -2,1 | -1,9 | -10,1     |

### 3.3.2 Middelzware motorvoertuigen

In Tabel 21 zijn de gehanteerde snelheden voor de berekening weergegeven. De representatieve rijnsnelheid om de  $C_{wegdek}$  passend te maken en het snelheidsbereik is gebruikt als bereik waarmee de snelheidsafhankelijkheid is geoptimaliseerd.

Tabel 21 Representatieve rijnsnelheden en snelheidsbereik waarvoor de  $C_{wegdek}$  toegepast moet kunnen worden voor middelzware motorvoertuigen.

| Deklaag                        | Snelheid [km/h]  |                  |                             |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
|                                | V <sub>min</sub> | V <sub>max</sub> | V <sub>representatief</sub> |
| Rerentiewegdek                 | 30               | 100              | 70                          |
| 1L ZOAB                        | 70               | 100              | 80                          |
| AO 1L ZOAB                     | 70               | 100              | 90                          |
| 2L ZOAB                        | 70               | 100              | 90                          |
| 2L ZOAB fijn                   | 70               | 100              | 90                          |
| SMA 0/5                        | 40               | 80               | 70                          |
| SMA 0/8                        | 40               | 80               | 70                          |
| AO SMA                         | 40               | 80               | 70                          |
| uitgeborsteld beton            | 70               | 100              | 80                          |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | 70               | 80               | 80                          |
| fijngebezemd beton             | 70               | 90               | 80                          |
| oppervlak bewerking            | 50               | 100              | 80                          |
| elementen in keperverband      | 30               | 60               | 40                          |
| elementen niet in keperverband | 30               | 60               | 40                          |
| stille elementen               | 30               | 60               | 40                          |
| dunne deklagen A               | 40               | 100              | 70                          |
| dunne deklagen B               | 40               | 100              | 70                          |

In bijlage 5 zijn de meest relevante tussenresultaten van de berekening weergegeven.

De naar een snelheid van 70 km/h omgerekende wegdekcorrecties zijn weergegeven in Tabel 22. Dit zijn de spectrale correcties die in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling kunnen worden opgenomen.

Tabel 22 Berekende  $C_{\text{wegdek}}$  voor middelzware motorvoertuigen ( $m=2$ ).

| Deklaag                        | $a_m$ [Hz] |      |      |      |      |      |      |      | $\beta_m$ |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|                                | 63         | 125  | 250  | 500  | 1k   | 2k   | 4k   | 8k   |           |
| Referentiewegdek               | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| 1L ZOAB                        | 8,0        | 3,2  | 4,0  | -0,2 | -5,0 | -4,4 | -2,8 | -1,2 | -2,4      |
| AO 1L ZOAB                     | 1,1        | 0,6  | 0,5  | -0,1 | -5,9 | -4,1 | -3,0 | -2,7 | -9,8      |
| 2L ZOAB                        | 6,3        | 1,0  | -0,6 | -5,3 | -6,2 | -6,2 | -4,6 | -3,6 | 4,1       |
| 2L ZOAB fijn                   | 6,8        | 0,1  | -1,9 | -6,0 | -6,2 | -6,8 | -4,9 | -3,9 | -0,3      |
| SMA 0/5                        | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| SMA 0/8                        | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| AO SMA                         | -0,2       | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 | -2,8      |
| uitgeborsteld beton            | 3,4        | 2,7  | 1,3  | -0,3 | -0,2 | -0,7 | -1,1 | -1,0 | 4,5       |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,2       | 2,0  | -1,6 | -1,1 | -1,5 | -2,3 | -1,6 | -1,6 | -8,0      |
| fijngebezemd beton             | 3,1        | 6,3  | 5,0  | 2,5  | 2,2  | 1,5  | 0,4  | 0,3  | 2,1       |
| oppervlak bewerking            | 1,7        | 4,2  | 3,9  | 1,4  | -0,6 | -2,0 | -1,8 | -1,6 | 0,7       |
| elementen keperverband         | 25,0       | 15,5 | 13,4 | 5,8  | 3,4  | -0,4 | 1,4  | 4,0  | 3,9       |
| elementen niet in keperverband | 29,5       | 19,0 | 15,5 | 7,9  | 7,6  | 3,6  | 7,5  | 8,5  | 4,2       |
| stille elementen               | 5,5        | 2,9  | 2,3  | 1,4  | 2,0  | 1,6  | 2,3  | 0,7  | 0,4       |
| dunne deklagen A               | 8,0        | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 | -9,3      |
| dunne deklagen B               | 8,0        | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 | -9,3      |

### 3.3.3 Zware motorvoertuigen

In Tabel 23 zijn de gehanteerde snelheden voor de berekening weergegeven. De representatieve rijnsnelheid om de  $C_{\text{wegdek}}$  passend te maken en het snelheidsbereik is gebruikt als bereik waarmee de snelheidsafhankelijkheid is geoptimaliseerd.

Tabel 23 Representatieve rijnsnelheden en snelheidsbereik waarvoor de  $C_{\text{wegdek}}$  toegepast moet kunnen worden voor middelzware motorvoertuigen.

| Deklaag                        | Snelheid [km/h]  |                  |                             |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
|                                | V <sub>min</sub> | V <sub>max</sub> | V <sub>representatief</sub> |
| Referentiewegdek               | 30               | 100              | 70                          |
| 1L ZOAB                        | 70               | 100              | 80                          |
| AO 1L ZOAB                     | 70               | 100              | 80                          |
| 2L ZOAB                        | 70               | 100              | 80                          |
| 2L ZOAB fijn                   | 70               | 100              | 80                          |
| SMA 0/5                        | 40               | 80               | 70                          |
| SMA 0/8                        | 40               | 80               | 70                          |
| AO SMA                         | 40               | 80               | 70                          |
| uitgeborsteld beton            | 70               | 100              | 70                          |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | 70               | 80               | 70                          |
| fijngebezemd beton             | 70               | 90               | 70                          |
| oppervlak bewerking            | 50               | 100              | 70                          |
| elementen in keperverband      | 30               | 60               | 40                          |
| elementen niet in keperverband | 30               | 60               | 40                          |
| stille elementen               | 30               | 60               | 40                          |
| dunne deklagen A               | 40               | 100              | 70                          |
| dunne deklagen B               | 40               | 100              | 70                          |

In bijlage 5 zijn de meest relevante tussenresultaten van de berekening weergegeven.

De naar een snelheid van 70 km/h omgerekende wegdekcorrecties zijn weergegeven in Tabel 24. Dit zijn de spectrale correcties die in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling kunnen worden opgenomen.

Tabel 24 Berekende  $C_{\text{wegdek}}$  voor zware motorvoertuigen ( $m=3$ ).

| Deklaag                        | $a_m$ [Hz] |      |      |      |      |      |      |      | $\beta_m$ |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|                                | 63         | 125  | 250  | 500  | 1k   | 2k   | 4k   | 8k   |           |
| Referentiewegdek               | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| 1L ZOAB                        | 7,7        | 3,0  | 3,8  | -0,4 | -5,2 | -4,6 | -3,0 | -1,4 | -0,1      |
| AO 1L ZOAB                     | 5,4        | 0,4  | 0,3  | -0,3 | -6,1 | -4,3 | -3,2 | -2,9 | -8,5      |
| 2L ZOAB                        | 6,3        | 0,9  | -0,7 | -5,4 | -6,3 | -6,3 | -4,7 | -3,7 | 4,6       |
| 2L ZOAB fijn                   | 7,9        | 0,2  | -1,8 | -5,9 | -6,1 | -6,7 | -4,8 | -3,8 | -1,1      |
| SMA 0/5                        | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| SMA 0/8                        | 0,0        | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0       |
| AO SMA                         | -0,2       | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 | -2,8      |
| uitgeborsteld beton            | 0,0        | 2,9  | 1,2  | -0,3 | -0,2 | -0,7 | -1,1 | -1,0 | 4,9       |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,3       | 2,6  | -1,7 | -1,2 | -1,6 | -2,4 | -1,7 | -1,7 | -6,0      |
| fijngebezemd beton             | 0,0        | 6,7  | 5,2  | 2,4  | 2,1  | 1,4  | 0,2  | 0,0  | 4,2       |
| oppervlak bewerking            | 0,0        | 4,6  | 4,2  | 1,3  | -0,7 | -2,1 | -1,9 | -1,7 | 1,8       |
| elementen keperverband         | 27,4       | 16,6 | 13,8 | 5,5  | 3,0  | -0,8 | 1,0  | 3,9  | 2,2       |
| elementen niet in keperverband | 31,8       | 20,0 | 15,9 | 7,7  | 7,1  | 3,1  | 7,4  | 8,5  | 2,3       |
| stille elementen               | 7,4        | 3,4  | 2,5  | 1,2  | 1,7  | 1,4  | 2,2  | 0,6  | -0,5      |
| dunne deklagen A               | 7,9        | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 | -8,6      |
| dunne deklagen B               | 7,9        | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 | -8,6      |

## 4 Impact van de nieuwe emissiefactoren en wegdekcorrecties

### 4.1 Algemeen

Om het effect van de nieuwe emissiefactoren in beeld te krijgen is gebruik gemaakt van een geluidmodel dat voor de geluidkaarten over 2021 is gebruikt voor een grote stad in Nederland. Er is een apart model voor stedelijk verkeer (wegen met maximumsnelheid variërend van 30 tot en met 80 km/h) en voor Rijkswegen. Die rekenmodellen zijn doorgerekend volgens vier methodes:

- **CNOSSOS 2021**: CNOSSOS-NL met emissiefactoren en wegdekcorrecties uit bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling.
- **CNOSSOS 2026**: CNOSSOS-NL met emissiefactoren en wegdekcorrecties zoals gepresenteerd in dit rapport.
- **RMG2012**: Bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift 2012, *zonder* toepassing van de stille banden aftrek (art 3.5 van het RMG2012).
- **Omgevingsregeling**: Bijlage IVe van de Omgevingsregeling.

Berekeningen zijn uitgevoerd op gevels van geluidgevoelige objecten, waarbij er een willekeurige steekproef is genomen uit de toetspunten uit dat model waarbij de geluidbelasting naar verwachting groter is dan 50dB ( $L_{den}$ ). Voor het model met stedelijk verkeer betrof het circa 6000 toetspunten en voor rijkswegen circa 2000 toetspunten.

In het stedelijk model komen de volgende deklagen voor:

- Referentiewegdek
- Tweelaags ZOAB (1 wegvak)
- SMA 0/5
- SMA 0/8
- Akoestisch geoptimaliseerd SMA
- Elementenverharding in keperverband
- Elementenverharding niet in keperverband
- Dunne deklaag type A
- Dunne deklaag type B

In het Rijkswegen model komen de volgende deklagen voor

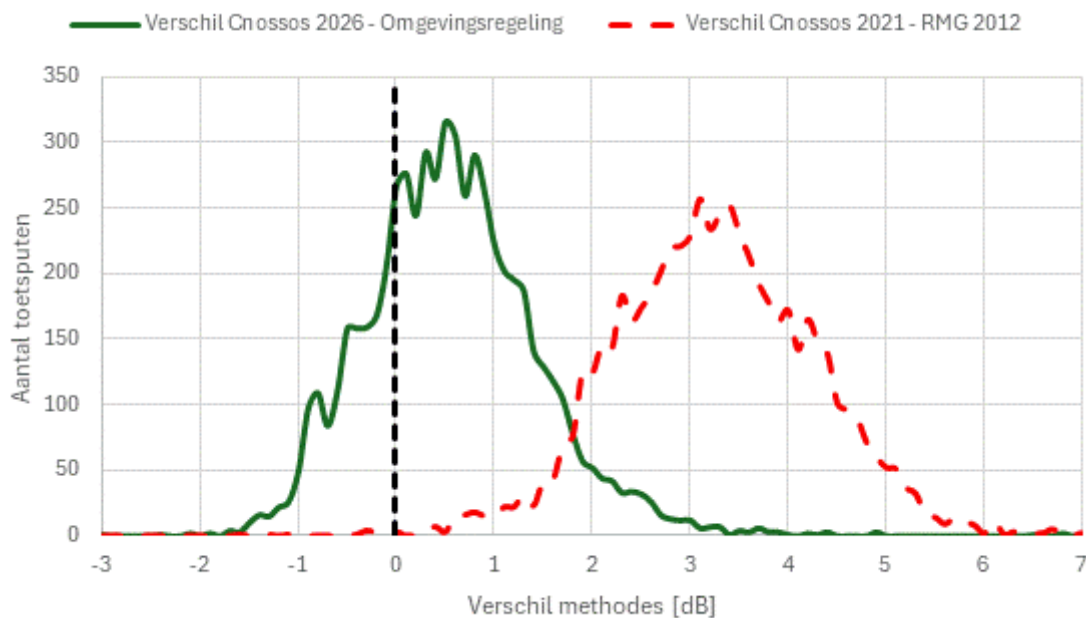
- Referentiewegdek (op- en afritten)
- ZOAB
- Tweelaags ZOAB
- Tweelaags ZOAB fijn
- Dunne deklaag type A

### 4.2 Vergelijking CNOSSOS 2026 met de Omgevingsregeling en vergelijking CNOSSOS 2021 met RMG2012

#### 4.2.1 Stedelijk verkeer

In onderstaande figuur zijn de verschillen aan de hand van de berekening voor stedelijk verkeer weergegeven. Weergegeven is het aantal toetspunten per 0,1 dB dat een bepaald verschil heeft.

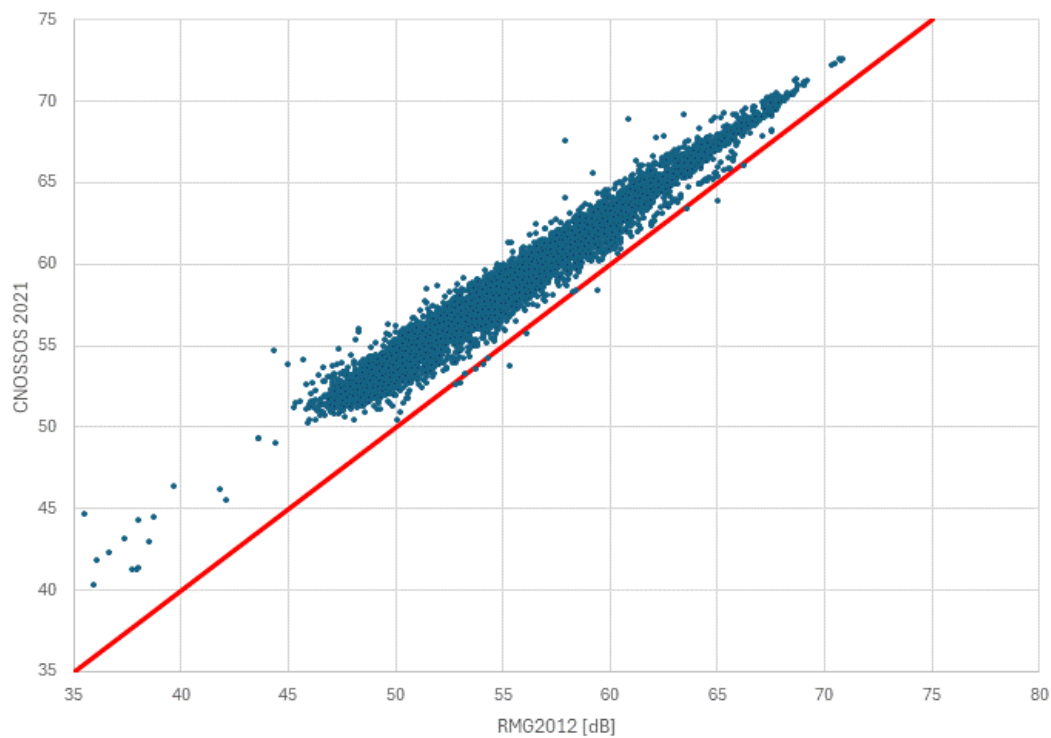
*Figuur 12 Berekening van verschillen tussen de methodes voor stedelijk verkeer in aantal toetspunten per 0,1 dB.*



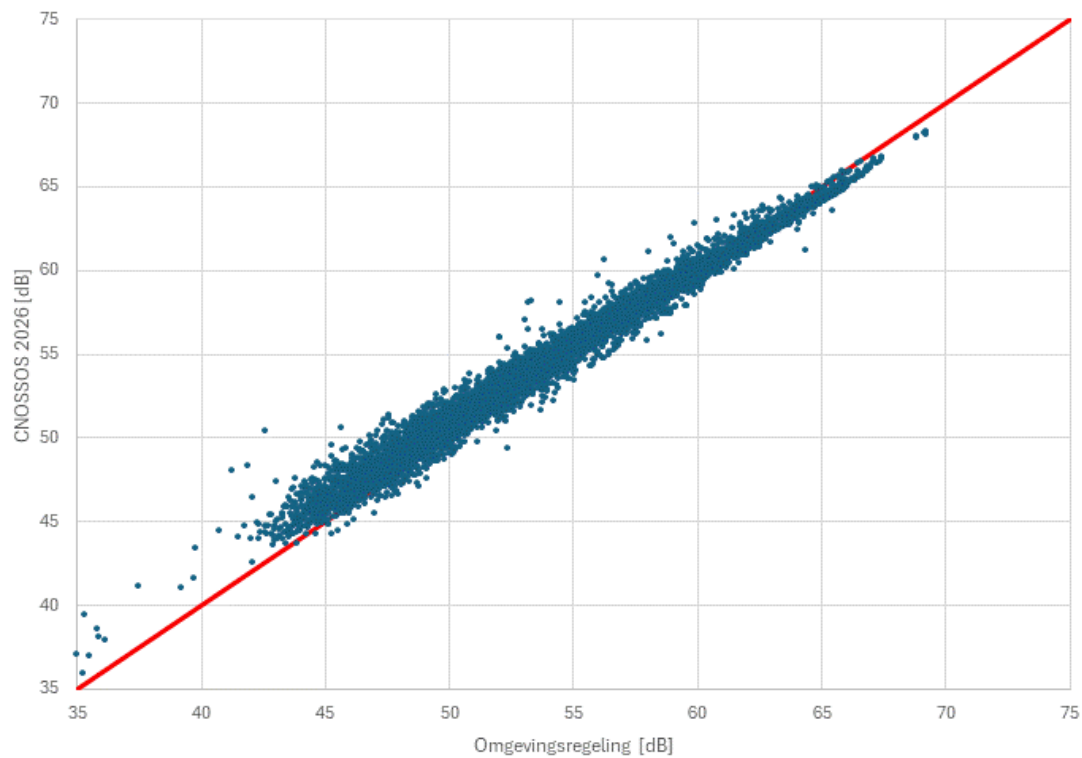
In de figuur is te zien dat er verschillen zitten tussen de Omgevingsregeling en CNOSSOS 2026, maar dat de systematische afwijking die eerder te zien was er niet meer zo sterk is. Vanwege een ander overdrachtsmodel en methode zijn verschillen onvermijdelijk. Voor wegen bij 30km/h rekent CNOSSOS relatief gezien iets hoger vanwege de bijdrage van het motorgeluid (zie ook hoofdstuk 2.4).

De berekende waarden van CNOSSOS 2021 en RMG2012 en vervolgens van CNOSSOS 2026 en de Omgevingsregeling zijn in navolgende figuren tegen elkaar uitgezet.

*Figuur 13 Berekende gevelbelastingen volgens RMG2012 en CNOSSOS 2021.*



*Figuur 14 Berekende gevelbelastingen volgens Omgevingsregeling en CNOSSOS 2026.*



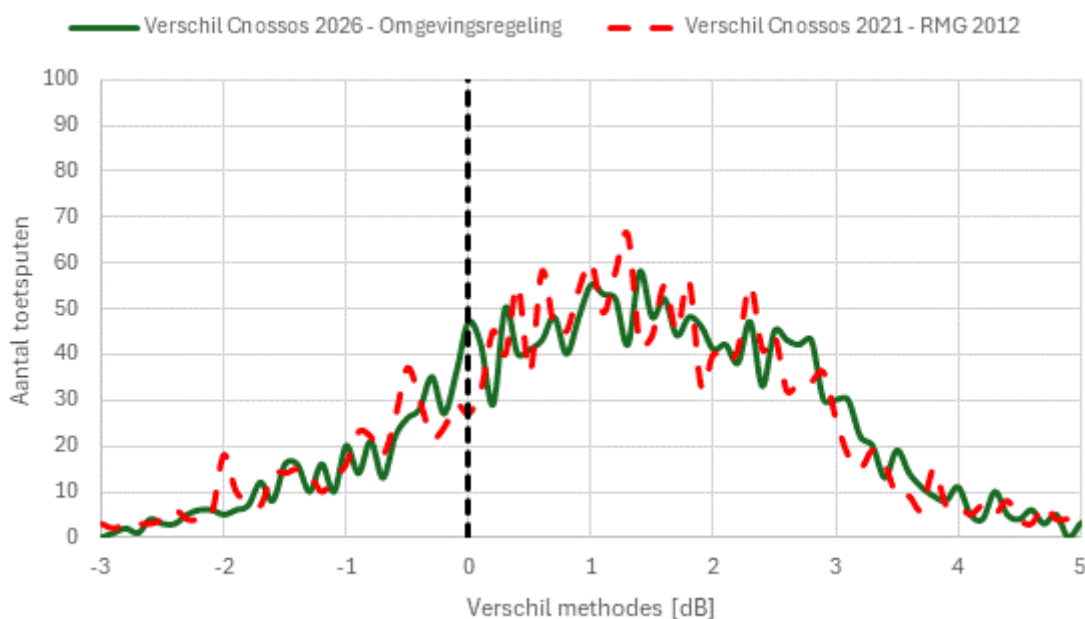
In de figuren is te zien dat de berekende waarden voor CNOSSOS 2026 en bijlage IVe van de Omgevingsregeling veel beter overeenkomen dan de waarden bij het RMG2012 ten opzichte van CNOSSOS 2021.

#### 4.2.2

##### *Rijkswegen*

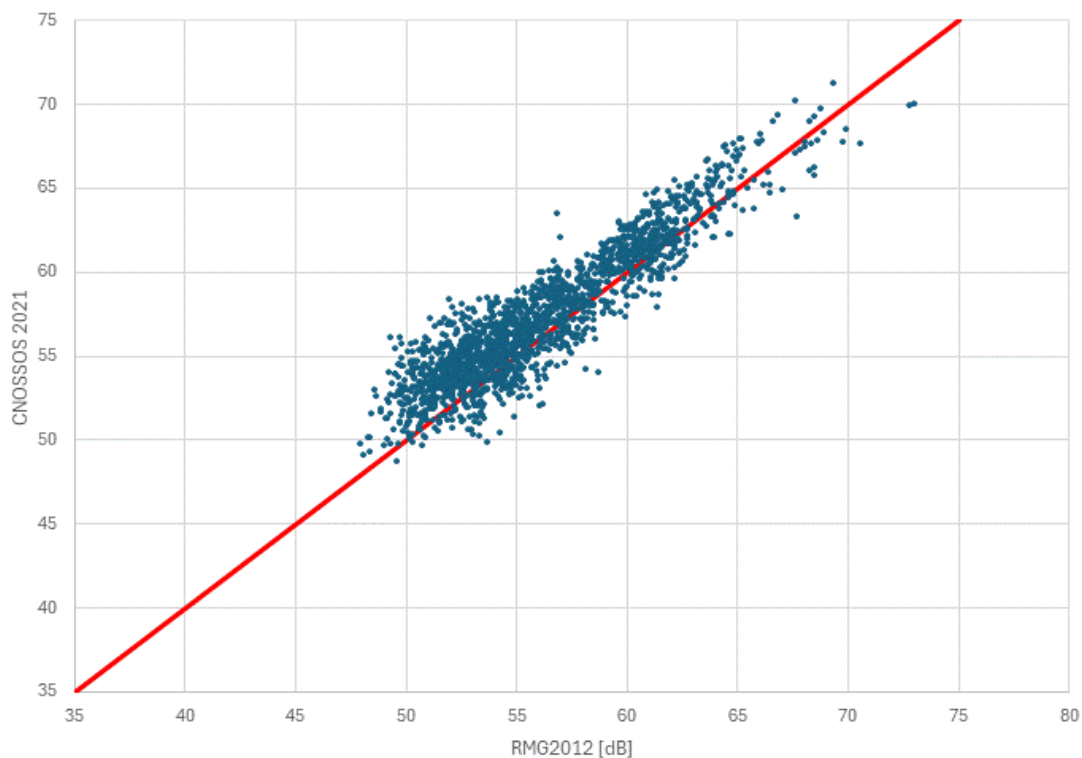
Voor Rijkswegen is het beeld wat anders vergeleken met de stedelijke wegen. Dat is ook te zien in figuur 15.

*Figuur 15 Berekening van verschillen tussen de methodes voor stedelijk verkeer in aantal toetspunten per 0,1 dB.*

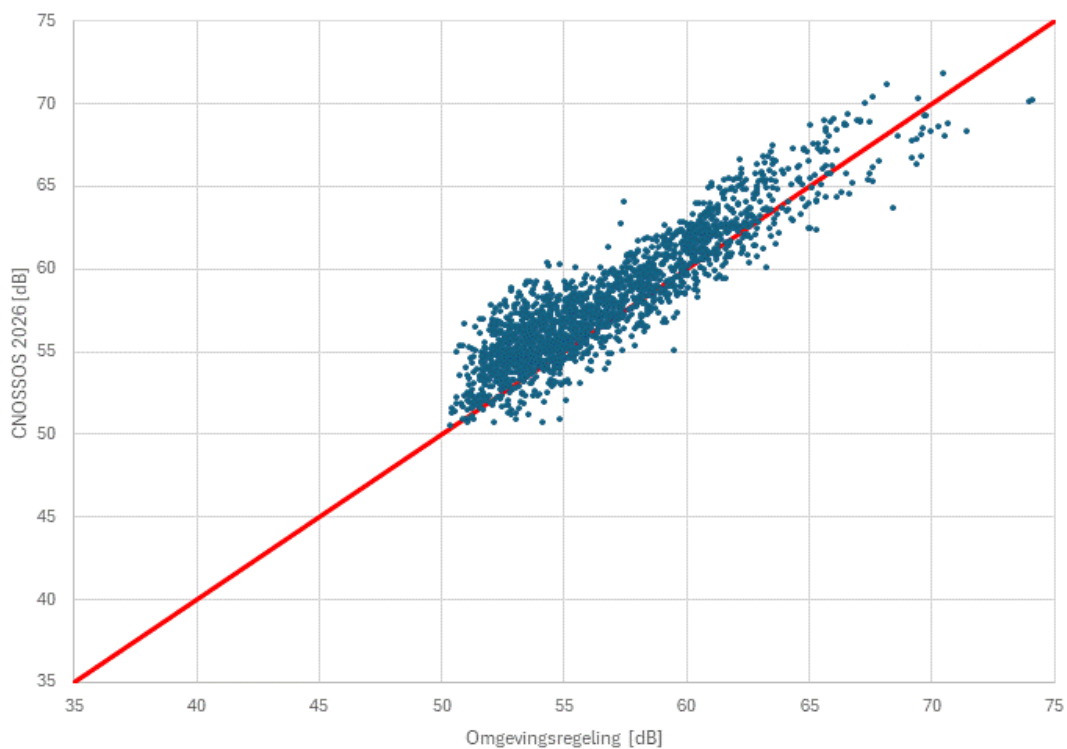


In de figuur is te zien dat CNOSSOS in zowel de oude situatie als in de nieuwe situatie vergelijkbare verschillen laat zien. Met CNOSSOS wordt een wat hoger geluidniveau berekend vergeleken met de nationale methode. Dit wordt met name veroorzaakt door de grotere afstanden tussen de bron en de ontvangers waardoor verminderde bodemdemping een effect heeft op de hogere niveaus bij CNOSSOS.

*Figuur 16 Berekende gevelbelastingen volgens RMG2012 en CNOSSOS 2021.*



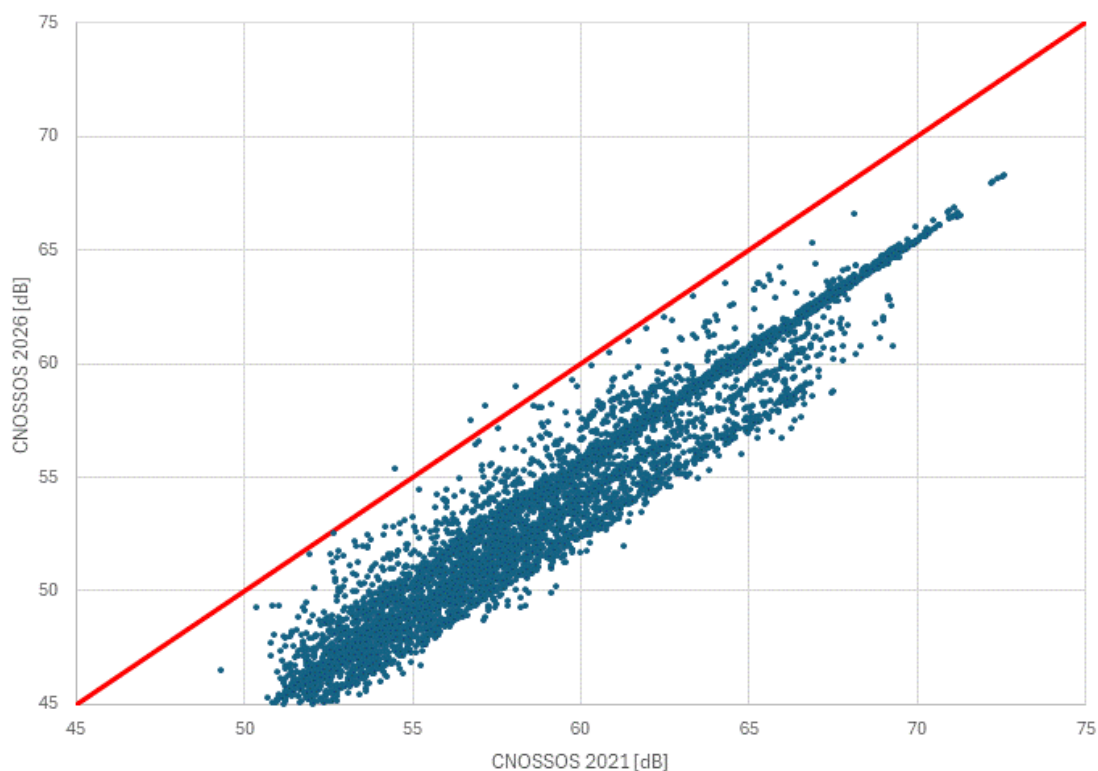
*Figuur 17 Berekende gevelbelastingen volgens Omgevingsregeling en CNOSSOS 2026.*



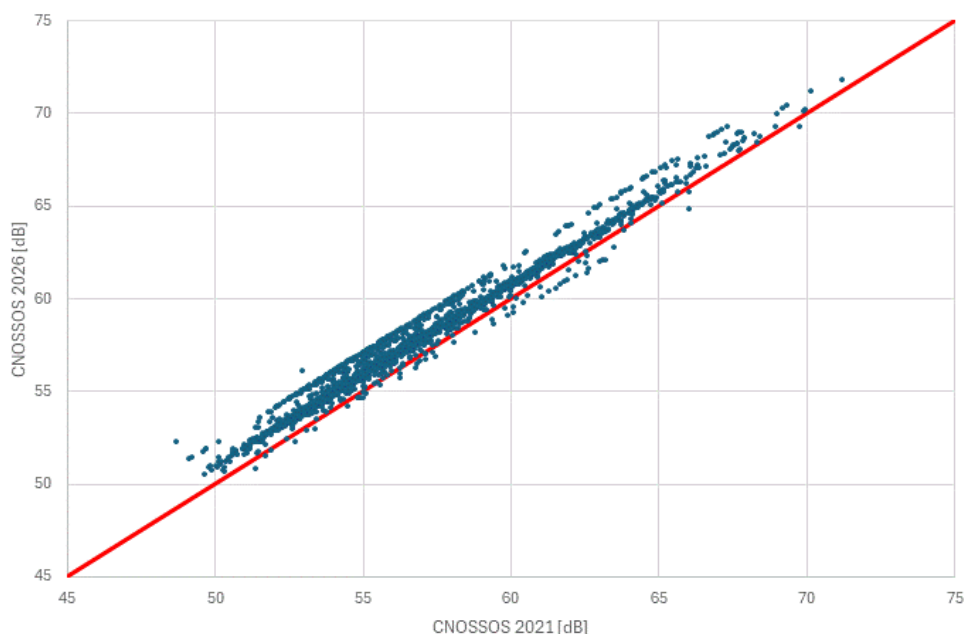
### 4.3 Verwachte verschillen in geluidkaarten door de andere emissies in CNOSSOS

In navolgende figuren zijn berekende geluidniveaus (gevelbelastingen) weergegeven voor CNOSSOS 2021 tegenover CNOSSOS 2026. Dit zijn de verschillen die verwacht kunnen worden tussen de verschillende rondes van geluidkaarten wanneer de overige gegevens gelijk blijven.

*Figuur 18 Berekende gevelbelastingen volgens CNOSSOS 2021 en 2026 voor gemeentewegen.*



*Figuur 19 Berekende gevelbelastingen volgens CNOSSOS 2021 en 2026 voor rijkswegen.*



In de figuren is te zien dat voor gemeentewegen de verwachting is dat de nieuwe emissies gemiddeld circa 5dB ( $L_{den}$ ) lagere geluidniveaus gaan opleveren. Voor rijkswegen is het verschil klein, er komt een toename van gemiddeld 1dB ( $L_{den}$ ).

#### 4.4 Onzekerheden

De emissiekentallen voor zijn gebaseerd op metingen aan een groot aantal voertuigen op verschillende locaties. Uit onderzoek blijkt dat de steekproef voldoende groot was voor een betrouwbaar beeld. Wel blijven er altijd onzekerheden over in het resultaat. Zo zullen er verschillen optreden door andere keuzes in het opstellen van een geluidmodel, kan de staat van een deklaag anders zijn dan gemiddeld en zijn er bijvoorbeeld onzekerheden over samenstelling van het verkeer of het aantal motorvoertuigen dat over een weg rijdt. Verder blijkt uit voorgaande secties dat de gebruikte rekenmethode ook invloed heeft op het resultaat. Binnen al die onzekerheden zijn deze emissiekentallen voldoende robuust om gebruikt te worden voor geluidkartering.

## 5 Conclusie

In dit rapport zijn nieuwe emissiekentallen voor wegverkeer voor de rekenmethode CNOSSOS gepresenteerd. Deze kentallen kunnen alleen binnen die rekenmethode gebruikt worden. Ze zijn wel gebaseerd op dezelfde metingen als de metingen die gebruikt zijn voor emissiekentallen voor bijlage IVe van de Omgevingsregeling. Daarmee wordt, als het ministerie van IenW over gaat tot implementatie, op dit punt de emissies bij berekeningen volgens de Europese methode gelijkgetrokken met die voor de nationale methode. Doordat de emissiekentallen zijn gebaseerd op recentere metingen, sluiten de berekende geluidsniveaus naar verwachting beter aan bij de huidige situatie.

Daarnaast zijn de wegdekcorrecties opnieuw bepaald voor CNOSSOS. Uit een analyse van het effect blijkt het volgende:

- Voor stedelijk verkeer komen geluidbelastingen met nationale methode en met CNOSSOS veel beter overeen.
- Wanneer de nieuwe emissiefactoren zijn geïmplementeerd, zullen berekende geluidsniveaus voor stedelijk verkeer gemiddeld ongeveer 5dB lager zijn ten opzichte van de situatie met de vorige emissiefactoren.
- Voor Rijkswegen zijn de verschillen kleiner. In lijn met de wijziging van emissiefactoren tussen het RMG2012 en Bijlage IVe van de Omgevingsregeling zullen berekende geluidsniveaus gemiddeld met 1dB toenemen.

## Bijlage 1 Overzicht correctiefactoren voor scheiden motorgeluid en rolgeluid

In onderstaande overzichten zijn correctiefactoren weergegeven om de bijdrage rolgeluid en motorgeluid te scheiden. Gezamenlijk moet de totale correctiefactor gelijk zijn aan 0. Voor de berekening is hier rekening mee gehouden door alleen te kijken naar de laagste waarde in de twee tabellen per categorie, frequentieband en snelheid. Vervolgens is de andere correctie exact berekend met de formule:

$$10 \cdot \lg \left( 1 - 10^{\text{correctie}/10} \right)$$

Als voorbeeld kan bij 40 km/h en 63Hz worden gekeken voor lichte motorvoertuigen. De correctie voor rolgeluid is -22,7 dB en die voor motorgeluid is 0,0 dB. Die van motorgeluid wordt exact berekend en komt uit op: -0,023 dB.

Tabel 25 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor rolgeluid voor lichte motorvoertuigen.

| km/h | Frequentie [Hz] |       |       |      |      |      |      |      |
|------|-----------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|      | 63              | 125   | 250   | 500  | 1 k  | 2 k  | 4 k  | 8 k  |
| 40   | -22,7           | -10,9 | -10,1 | -2,3 | -0,6 | -2,4 | -6,4 | -8,7 |
| 50   | -19,6           | -8,2  | -7,8  | -1,8 | -0,4 | -1,5 | -4,5 | -6,5 |
| 60   | -17,1           | -6,4  | -6,2  | -1,5 | -0,3 | -1,0 | -3,4 | -5,0 |
| 70   | -14,9           | -5,1  | -5,1  | -1,4 | -0,2 | -0,8 | -2,6 | -4,0 |
| 80   | -13,1           | -4,2  | -4,3  | -1,3 | -0,2 | -0,6 | -2,2 | -3,3 |
| 90   | -11,5           | -3,6  | -3,8  | -1,2 | -0,2 | -0,5 | -1,8 | -2,9 |
| 100  | -10             | -3,1  | -3,4  | -1,2 | -0,1 | -0,5 | -1,6 | -2,6 |
| 110  | -8,8            | -2,8  | -3,1  | -1,2 | -0,1 | -0,4 | -1,5 | -2,3 |
| 120  | -7,7            | -2,5  | -3,0  | -1,3 | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,2 |
| 130  | -6,7            | -2,3  | -2,8  | -1,4 | -0,1 | -0,4 | -1,3 | -2,1 |

Tabel 26 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor motorgeluid voor lichte motorvoertuigen.

| km/h | Frequentie [Hz] |      |      |      |       |       |      |      |
|------|-----------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
|      | 63              | 125  | 250  | 500  | 1 k   | 2 k   | 4 k  | 8 k  |
| 40   | 0,0             | -0,4 | -0,4 | -3,8 | -9,2  | -3,8  | -1,1 | -0,6 |
| 50   | 0,0             | -0,7 | -0,8 | -4,7 | -11,0 | -5,3  | -1,9 | -1,1 |
| 60   | -0,1            | -1,1 | -1,2 | -5,3 | -12,3 | -6,7  | -2,7 | -1,7 |
| 70   | -0,1            | -1,6 | -1,6 | -5,7 | -13,3 | -7,8  | -3,4 | -2,2 |
| 80   | -0,2            | -2,1 | -2,0 | -5,9 | -14,0 | -8,7  | -4,1 | -2,7 |
| 90   | -0,3            | -2,5 | -2,3 | -6,1 | -14,5 | -9,3  | -4,6 | -3,2 |
| 100  | -0,5            | -2,9 | -2,6 | -6,1 | -14,9 | -9,8  | -5,0 | -3,5 |
| 110  | -0,6            | -3,3 | -2,9 | -6,0 | -15,0 | -10,2 | -5,4 | -3,8 |
| 120  | -0,8            | -3,6 | -3,1 | -5,9 | -15,1 | -10,4 | -5,6 | -4,0 |
| 130  | -1,1            | -3,8 | -3,2 | -5,7 | -15,1 | -10,5 | -5,8 | -4,2 |

Tabel 27 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor rolgeluid voor middelzware motorvoertuigen (niet gebruikt).

| km/h | Frequentie [Hz] |       |       |      |      |       |       |      |
|------|-----------------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
|      | 63              | 125   | 250   | 500  | 1 k  | 2 k   | 4 k   | 8 k  |
| 40   | -25,1           | -14,6 | -12,7 | -4,8 | -6,8 | -10,7 | -11,8 | -9,7 |
| 50   | -22,0           | -12,0 | -10,6 | -4,0 | -5,3 | -8,4  | -9,3  | -7,1 |
| 60   | -19,3           | -10,0 | -9,1  | -3,4 | -4,3 | -6,8  | -7,5  | -5,4 |
| 70   | -17,1           | -8,5  | -8,0  | -3,1 | -3,7 | -5,7  | -6,2  | -4,2 |
| 80   | -15,1           | -7,3  | -7,2  | -2,8 | -3,2 | -4,9  | -5,2  | -3,4 |
| 90   | -13,4           | -6,4  | -6,6  | -2,7 | -2,9 | -4,3  | -4,6  | -2,9 |
| 100  | -11,8           | -5,6  | -6,2  | -2,6 | -2,7 | -3,8  | -4,0  | -2,4 |

Tabel 28 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor motorgeluid voor middelzware motorvoertuigen (niet gebruikt).

| km/h | Frequentie [Hz] |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 63              | 125  | 250  | 500  | 1 k  | 2 k  | 4 k  | 8 k  |
| 40   | 0,0             | -0,2 | -0,2 | -1,7 | -1,0 | -0,4 | -0,3 | -0,5 |
| 50   | 0,0             | -3,3 | -0,4 | -2,2 | -1,5 | -0,7 | -0,5 | -0,9 |
| 60   | -0,1            | -0,5 | -0,6 | -2,6 | -2,0 | -1,0 | -0,9 | -1,5 |
| 70   | -0,1            | -0,7 | -0,7 | -3,0 | -2,5 | -1,4 | -1,2 | -2,0 |
| 80   | -0,2            | -0,9 | -0,9 | -3,2 | -2,8 | -1,7 | -1,5 | -2,6 |
| 90   | -0,2            | -1,1 | -1,1 | -3,3 | -3,1 | -2,0 | -1,9 | -3,2 |
| 100  | -0,3            | -1,4 | -1,2 | -3,4 | -3,4 | -2,3 | -2,2 | -3,7 |

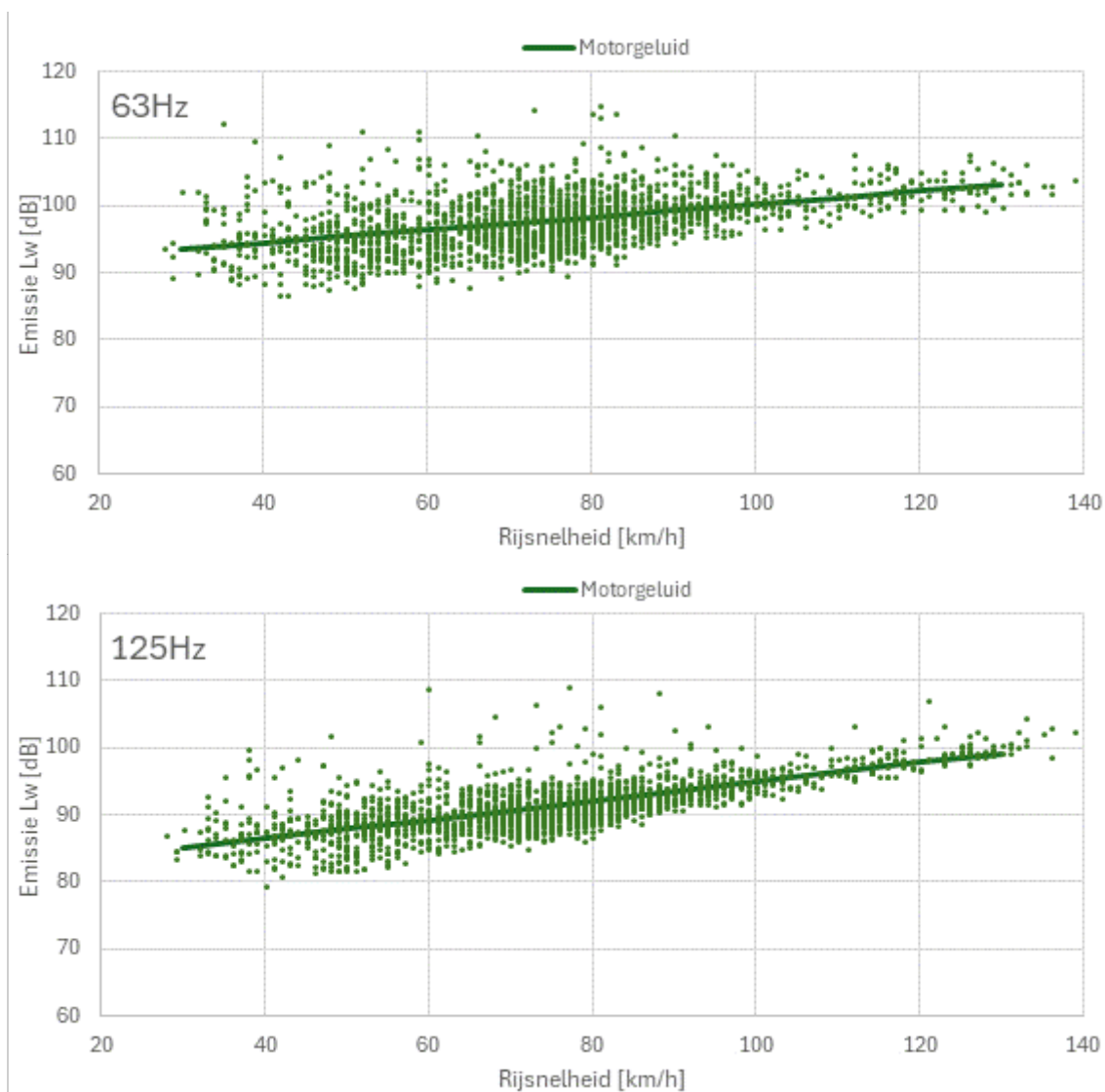
Tabel 29 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor rolgeluid voor zware motorvoertuigen.

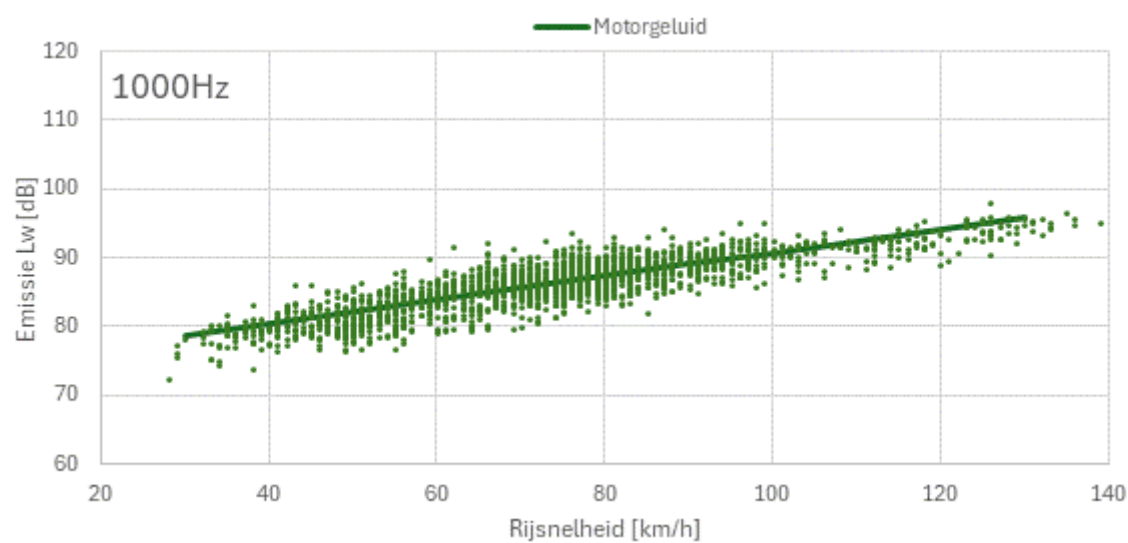
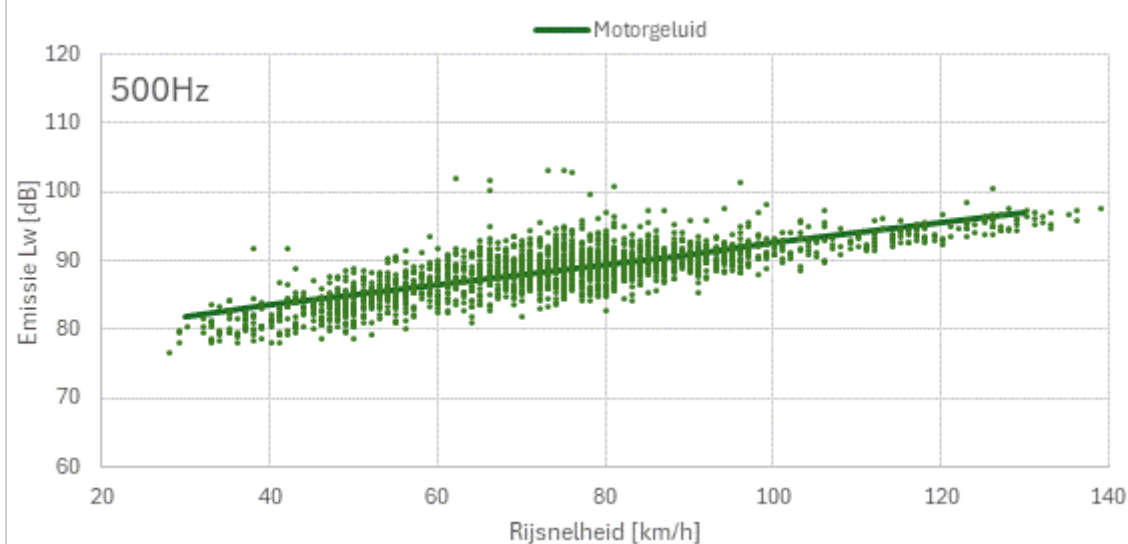
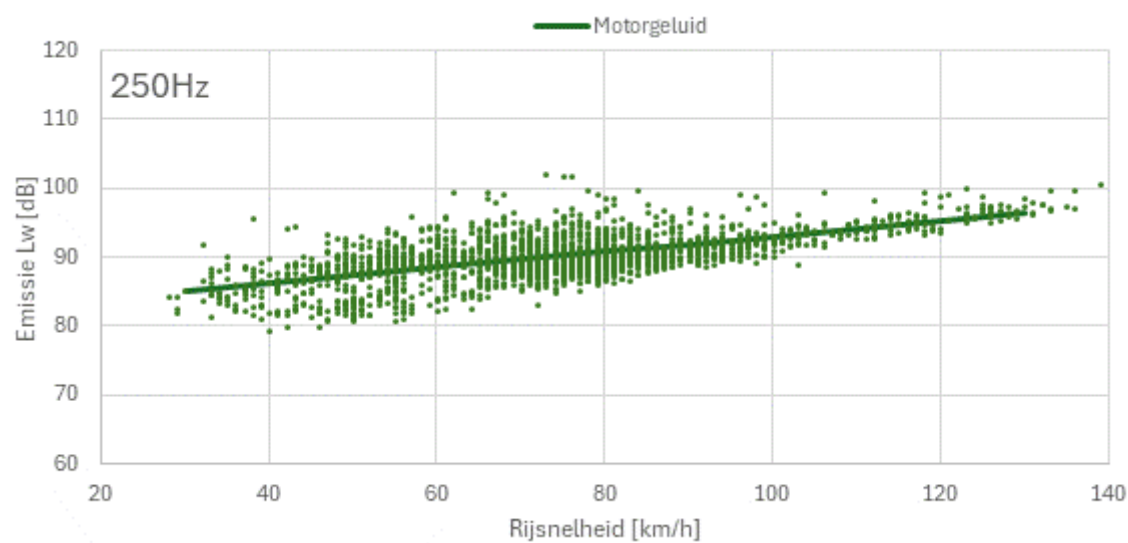
| km/h | Frequentie [Hz] |       |       |      |      |      |       |       |
|------|-----------------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
|      | 63              | 125   | 250   | 500  | 1 k  | 2 k  | 4 k   | 8 k   |
| 40   | -24,7           | -15,9 | -13,4 | -5,7 | -6,1 | -9,1 | -11,7 | -10,9 |
| 50   | -21,8           | -13,2 | -11,2 | -4,5 | -4,4 | -6,7 | -9,0  | -8,0  |
| 60   | -19,5           | -11,1 | -9,45 | -3,7 | -3,4 | -5,0 | -7,0  | -6,0  |
| 70   | -17,5           | -9,4  | -8,3  | -3,2 | -2,7 | -3,9 | -5,6  | -4,6  |
| 80   | -15,8           | -8,1  | -7,3  | -2,8 | -2,2 | -3,1 | -4,6  | -3,6  |
| 90   | -14,3           | -7,1  | -6,6  | -2,5 | -1,9 | -2,5 | -3,8  | -2,9  |
| 100  | -13,0           | -6,2  | -6,0  | -2,3 | -1,6 | -2,1 | -3,2  | -2,4  |

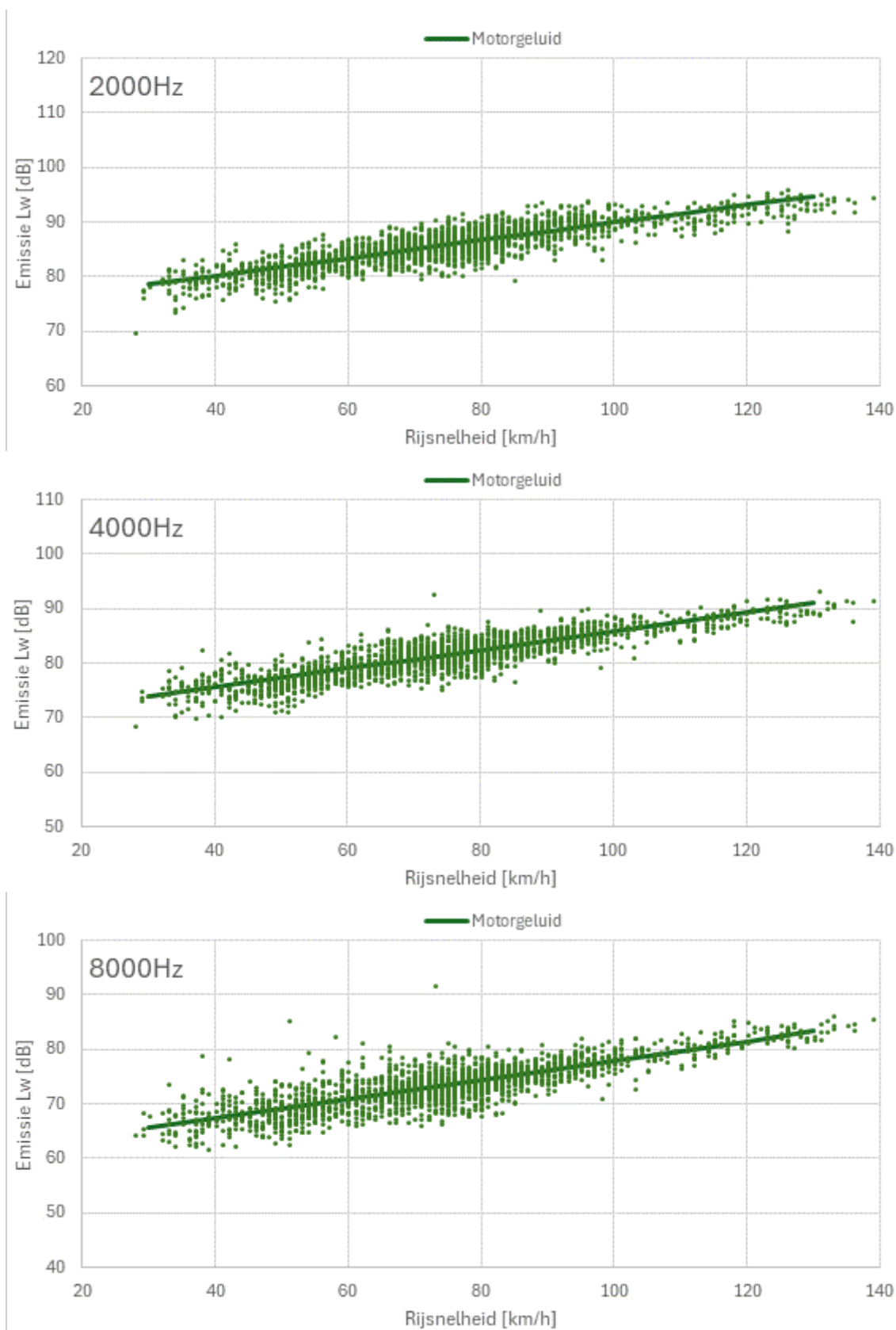
Tabel 30 Overzicht correctie om de bijdrage te krijgen voor motorgeluid voor zware motorvoertuigen.

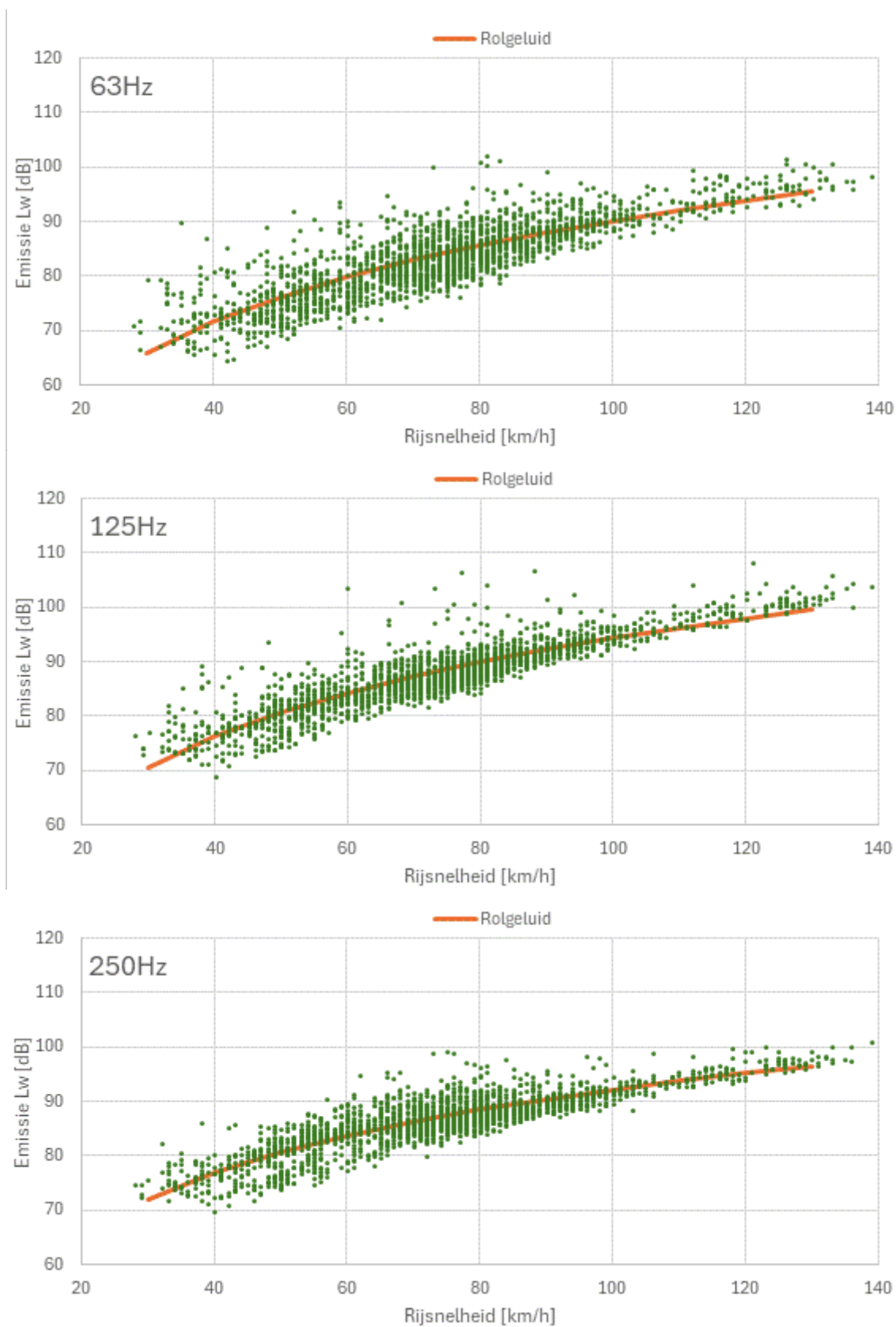
| km/h | Frequentie [Hz] |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 63              | 125  | 250  | 500  | 1 k  | 2 k  | 4 k  | 8 k  |
| 40   | 0,0             | -0,1 | -0,2 | -1,4 | -1,2 | -0,6 | -0,3 | -0,4 |
| 50   | 0,0             | -0,2 | -0,3 | -1,9 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -0,7 |
| 60   | 0,0             | -0,4 | -0,5 | -2,4 | -2,7 | -1,6 | -1,0 | -1,2 |
| 70   | -0,1            | -0,5 | -0,7 | -2,9 | -3,4 | -2,3 | -1,4 | -1,8 |
| 80   | -0,1            | -0,7 | -0,9 | -3,2 | -4,0 | -2,9 | -1,9 | -2,5 |
| 90   | -0,2            | -1,0 | -1,1 | -3,6 | -4,6 | -3,6 | -2,4 | -3,1 |
| 100  | -0,2            | -1,2 | -1,3 | -3,8 | -5,1 | -4,1 | -2,8 | -3,7 |

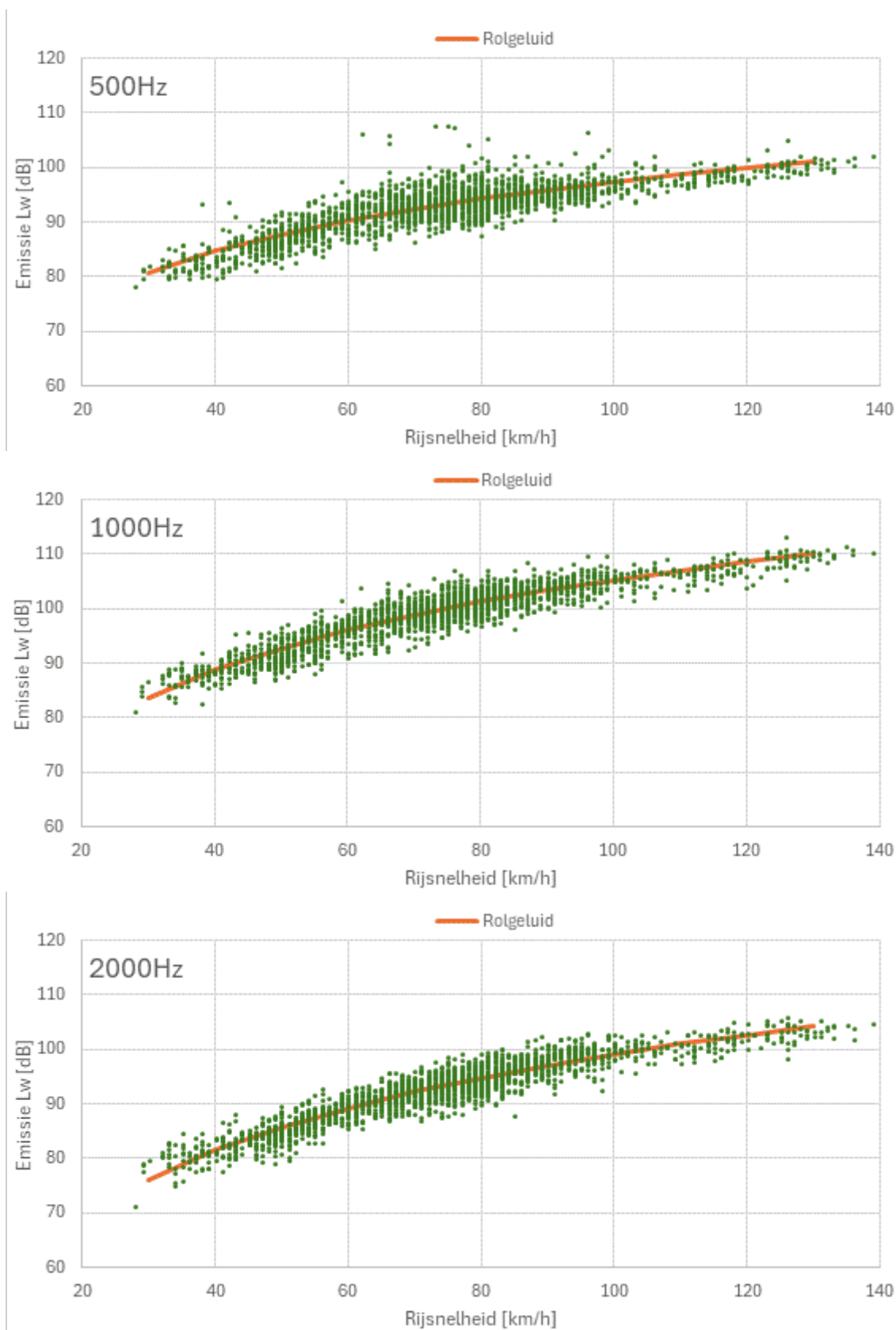
## Bijlage 2 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor lichte motorvoertuigen

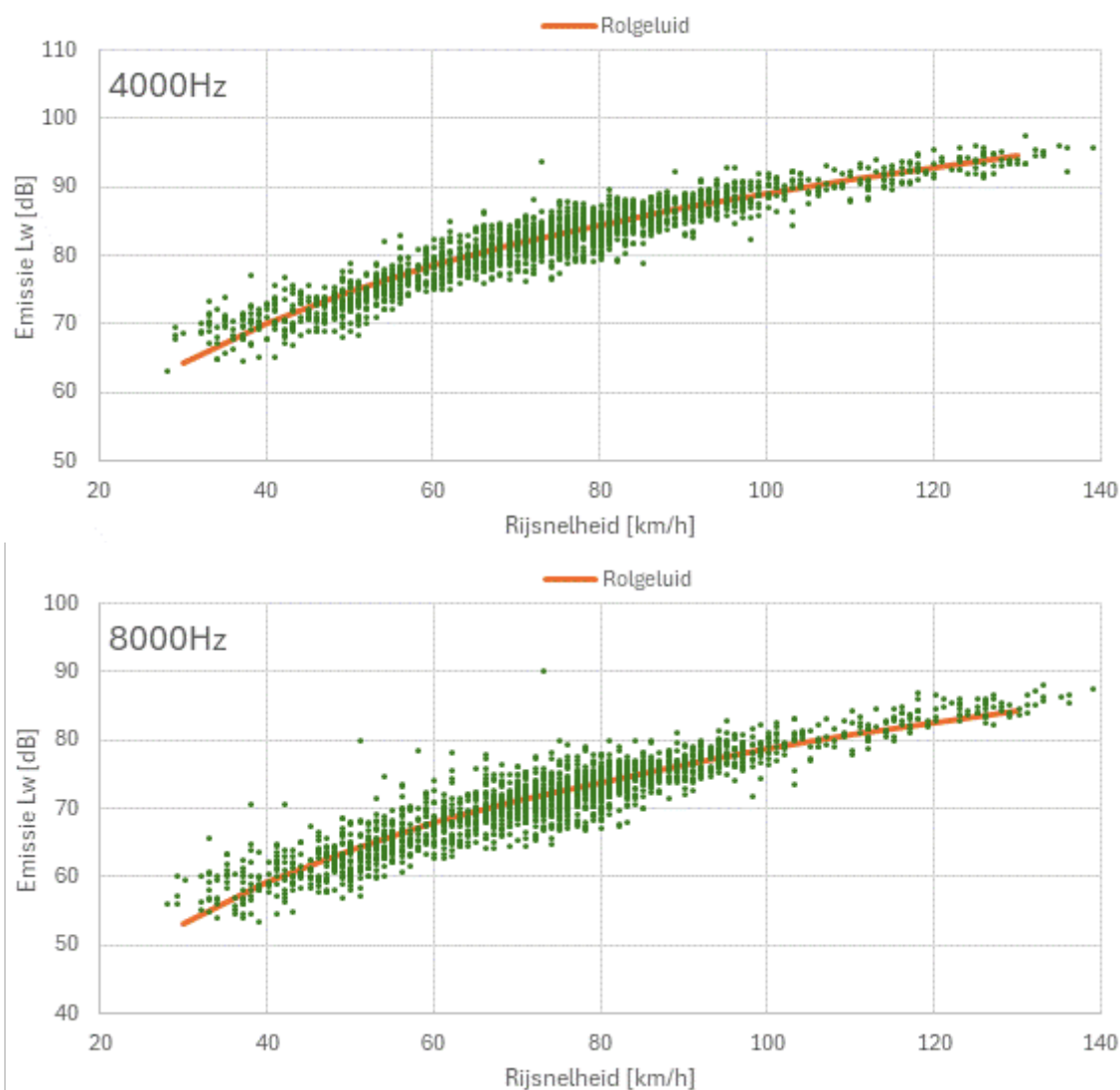




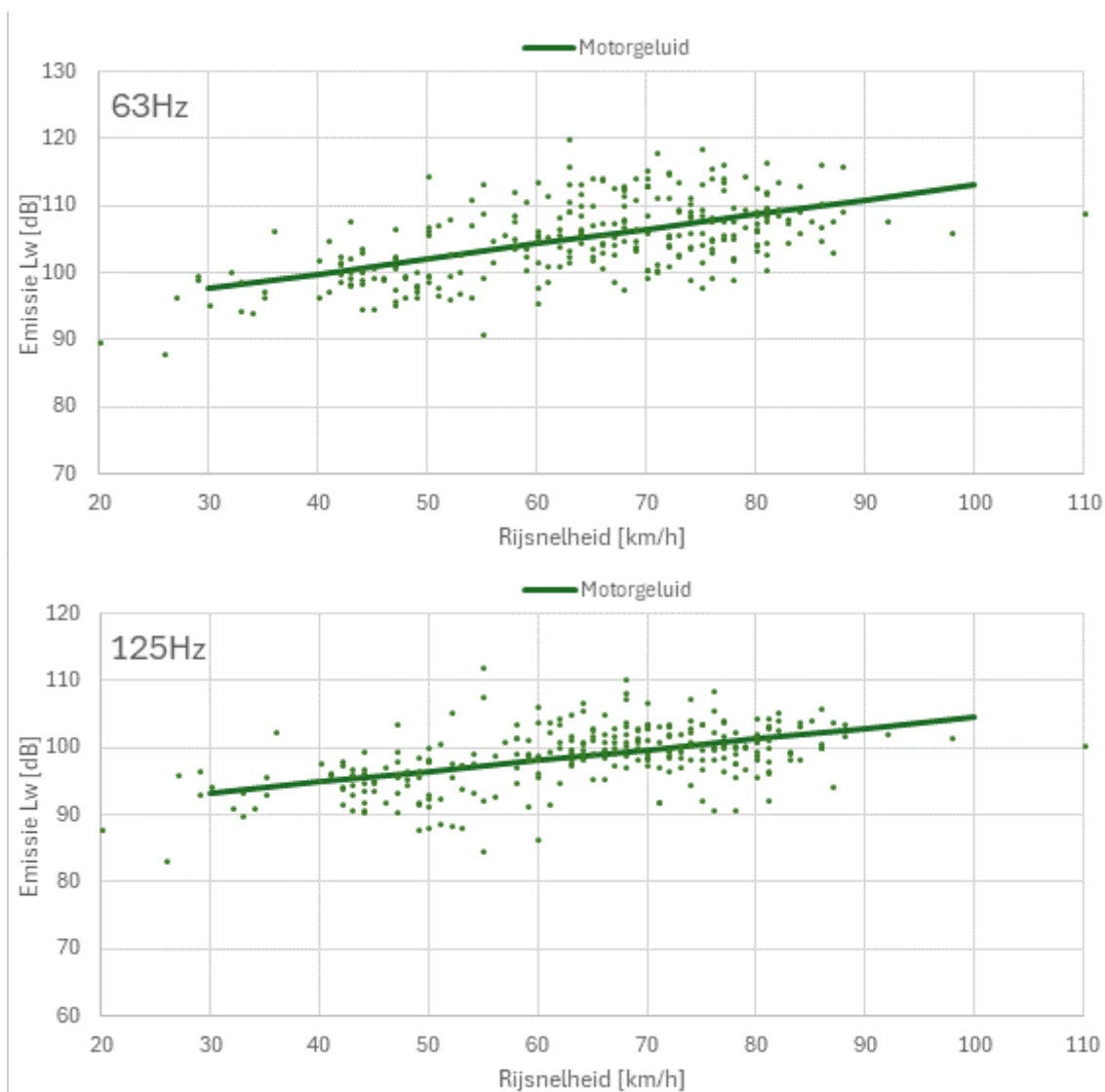


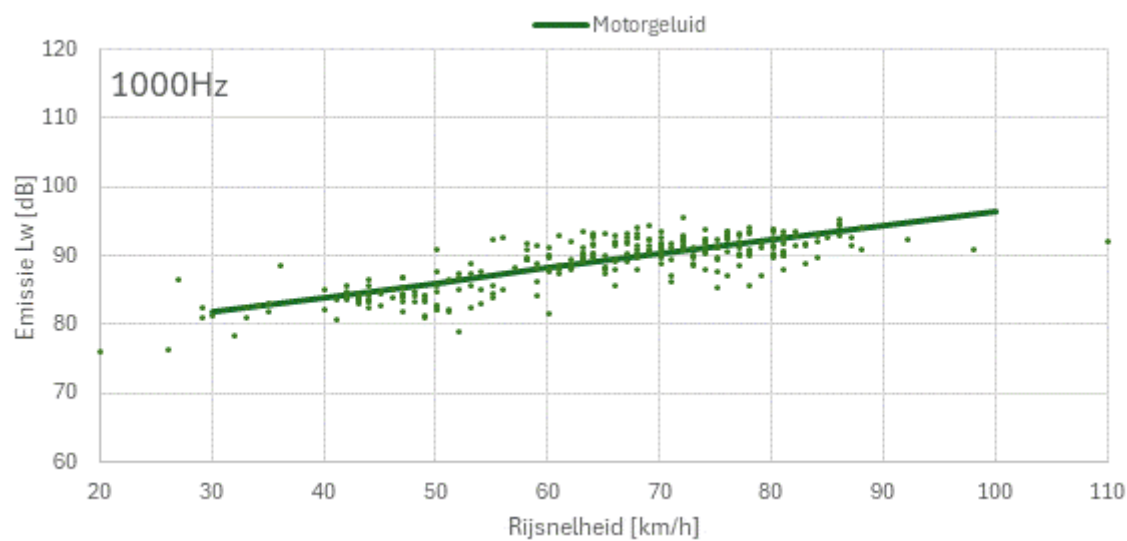
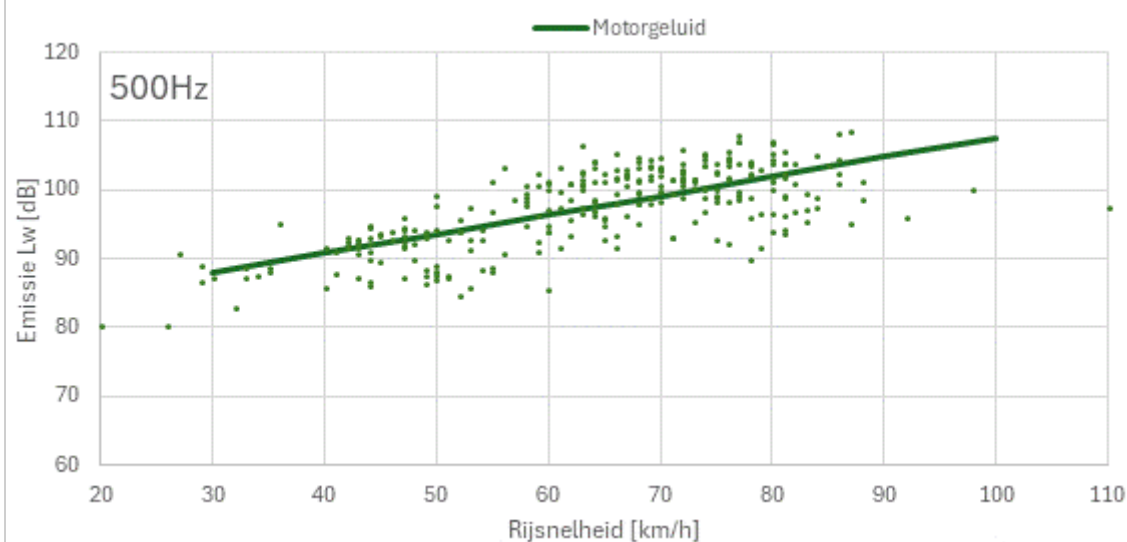
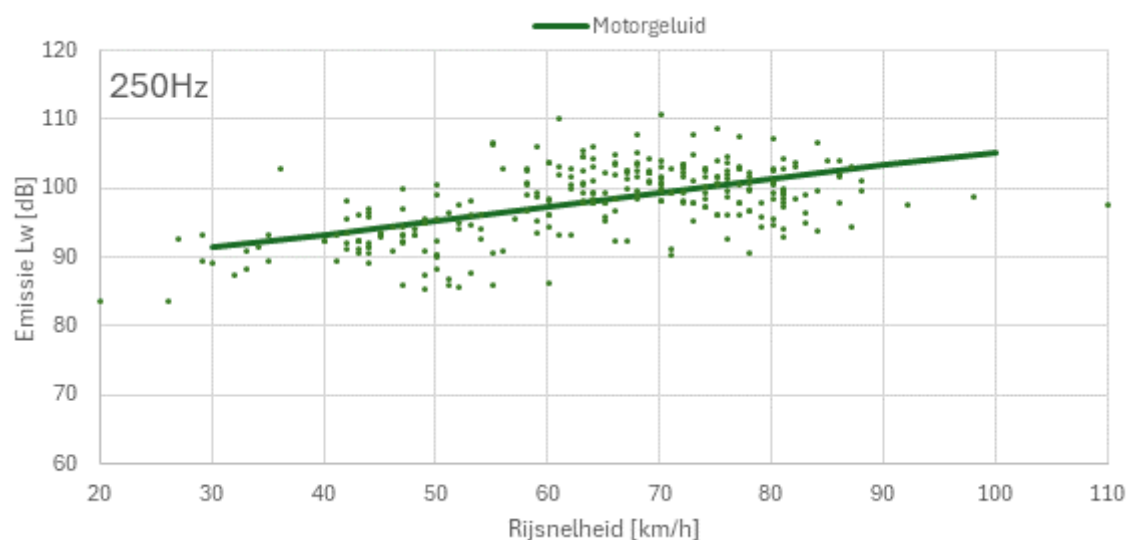


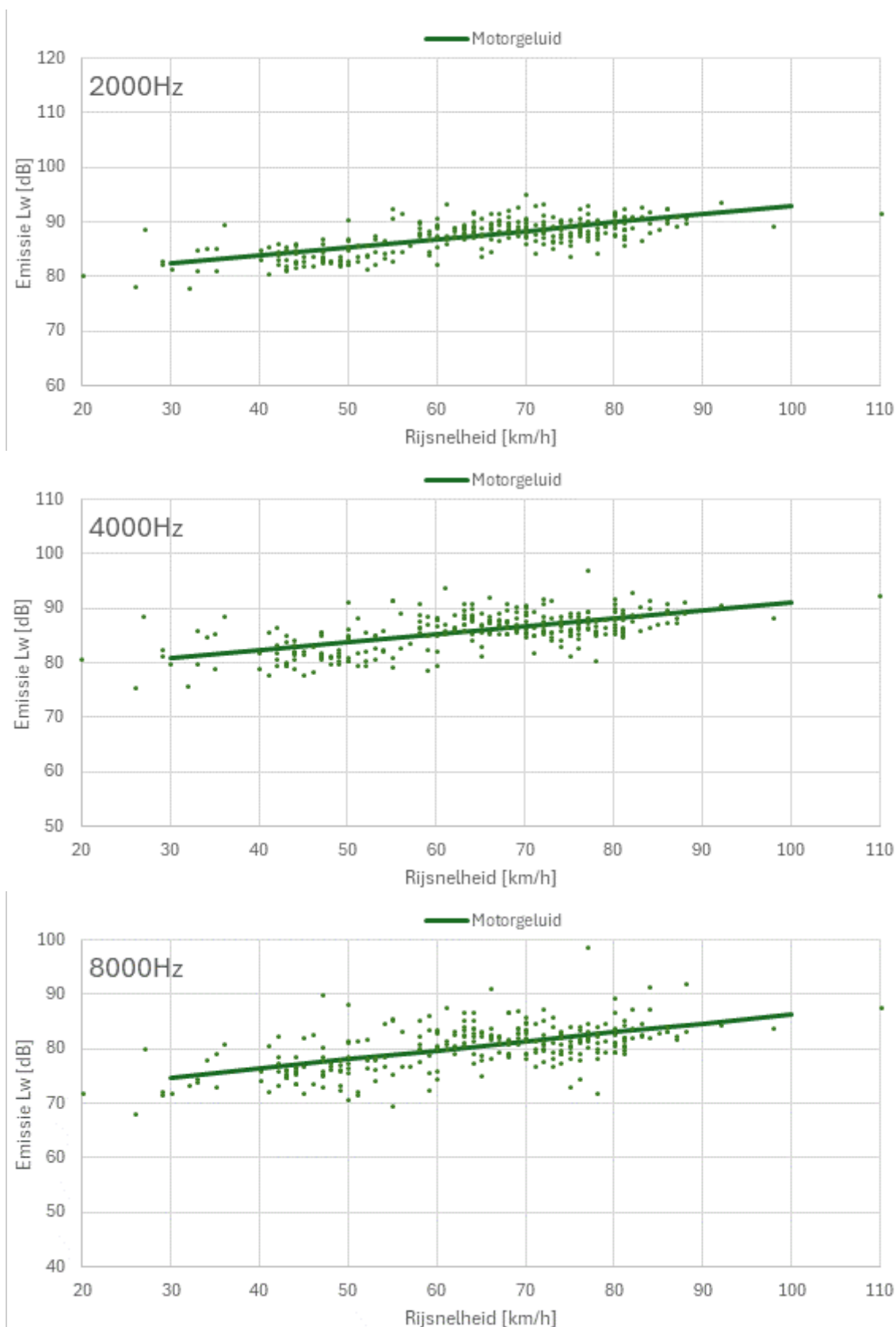


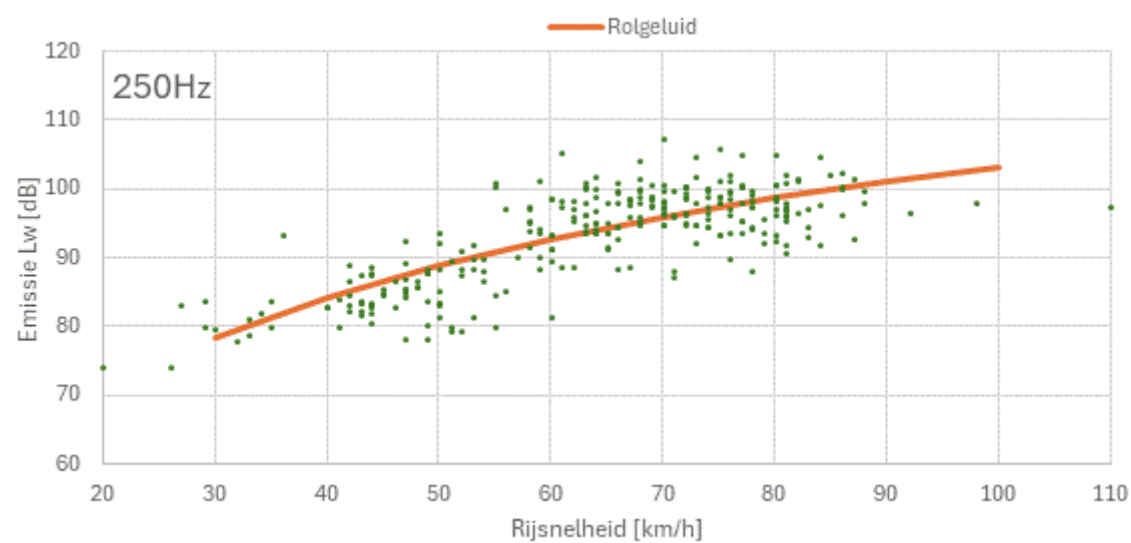
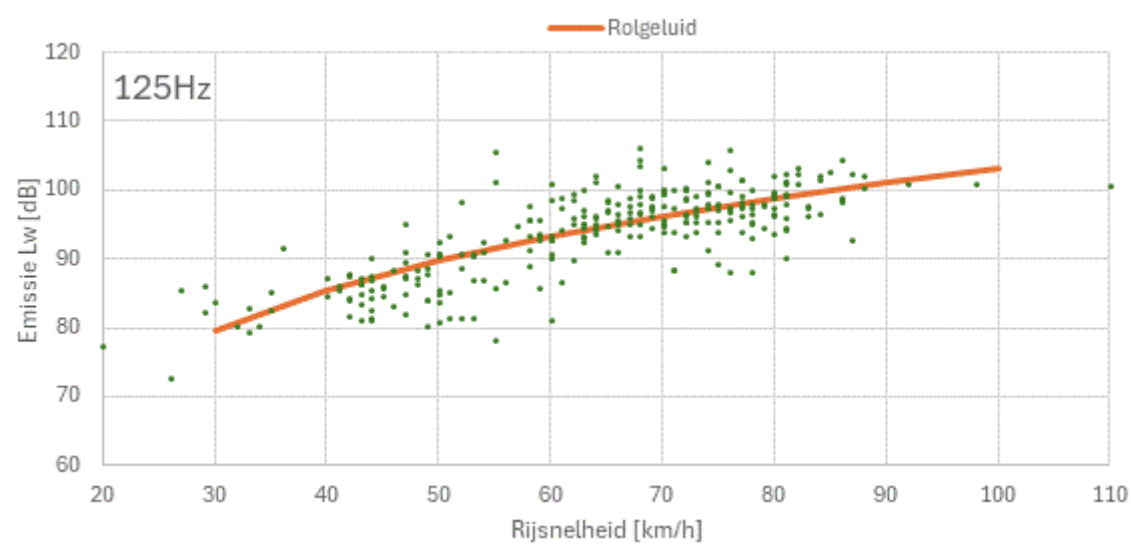
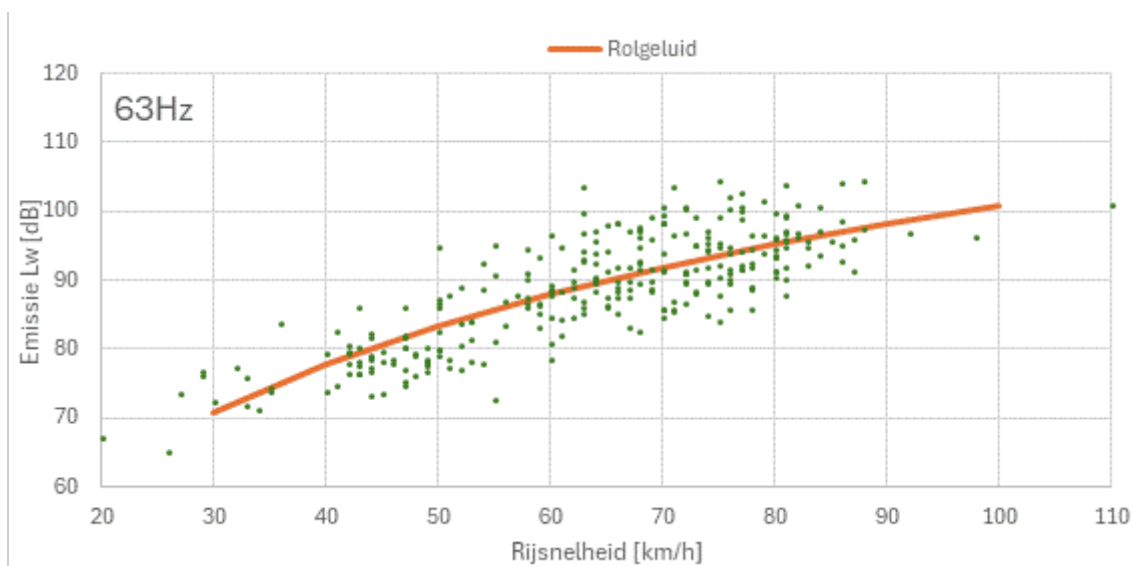


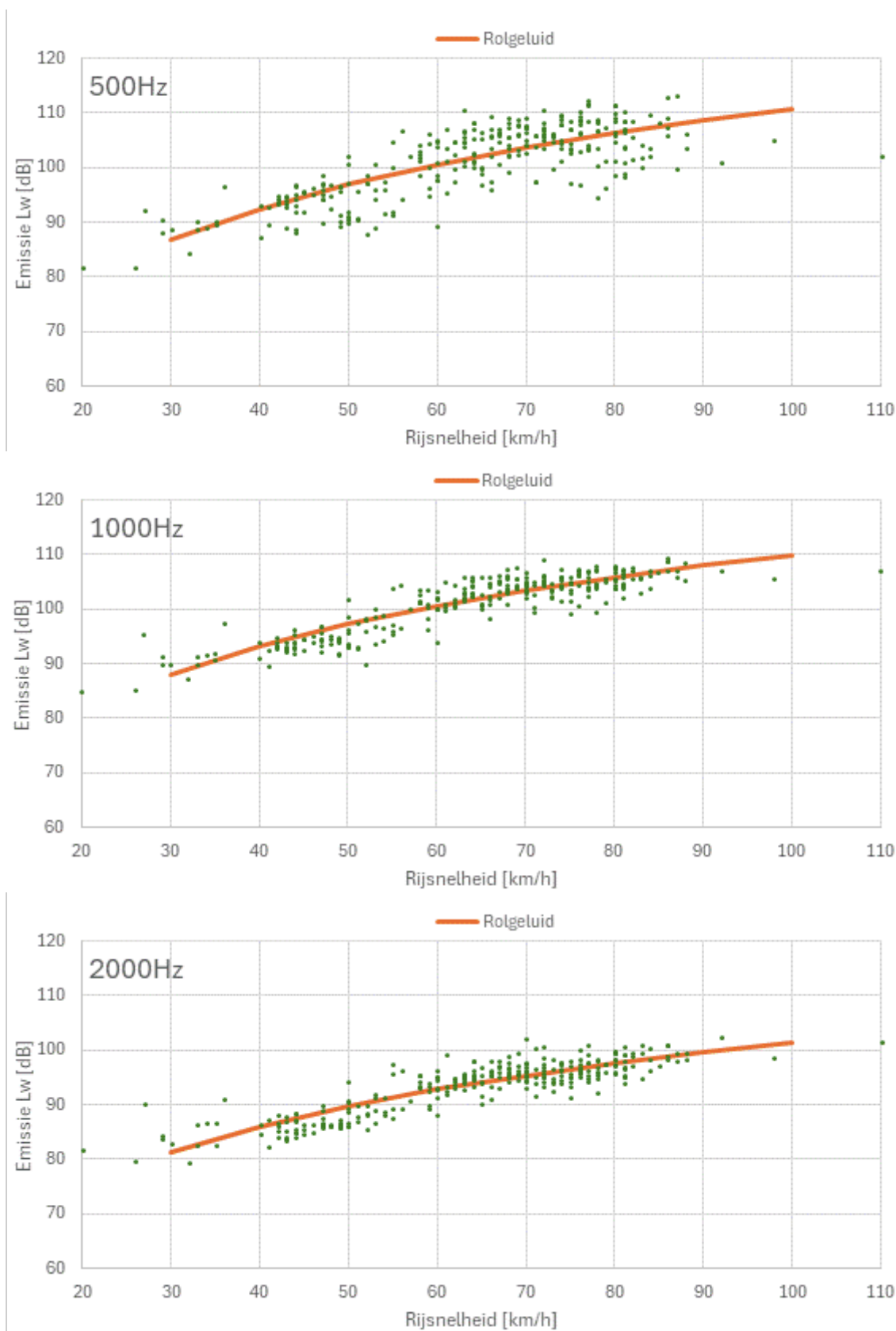
### Bijlage 3 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor middelzware motorvoertuigen

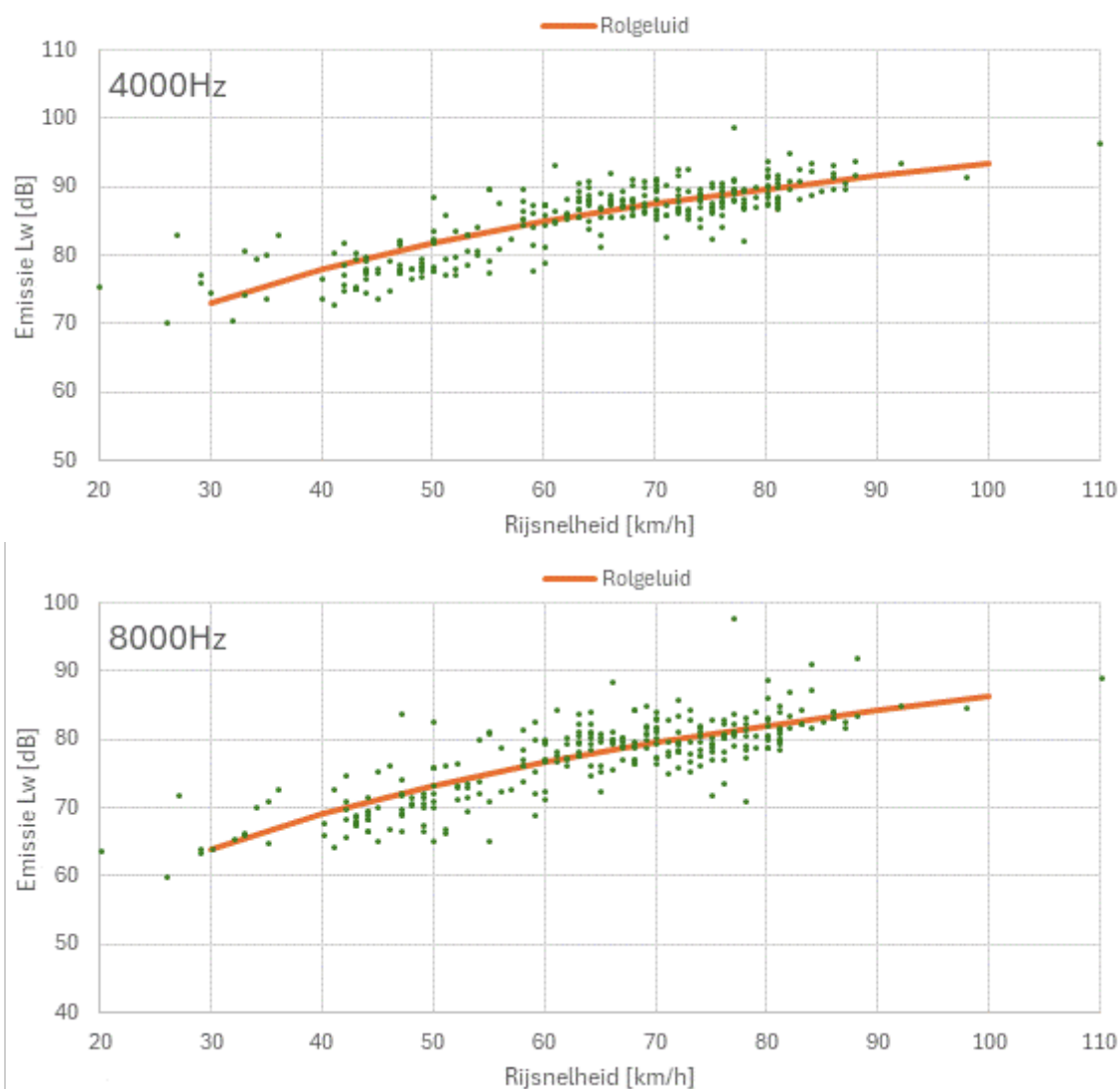




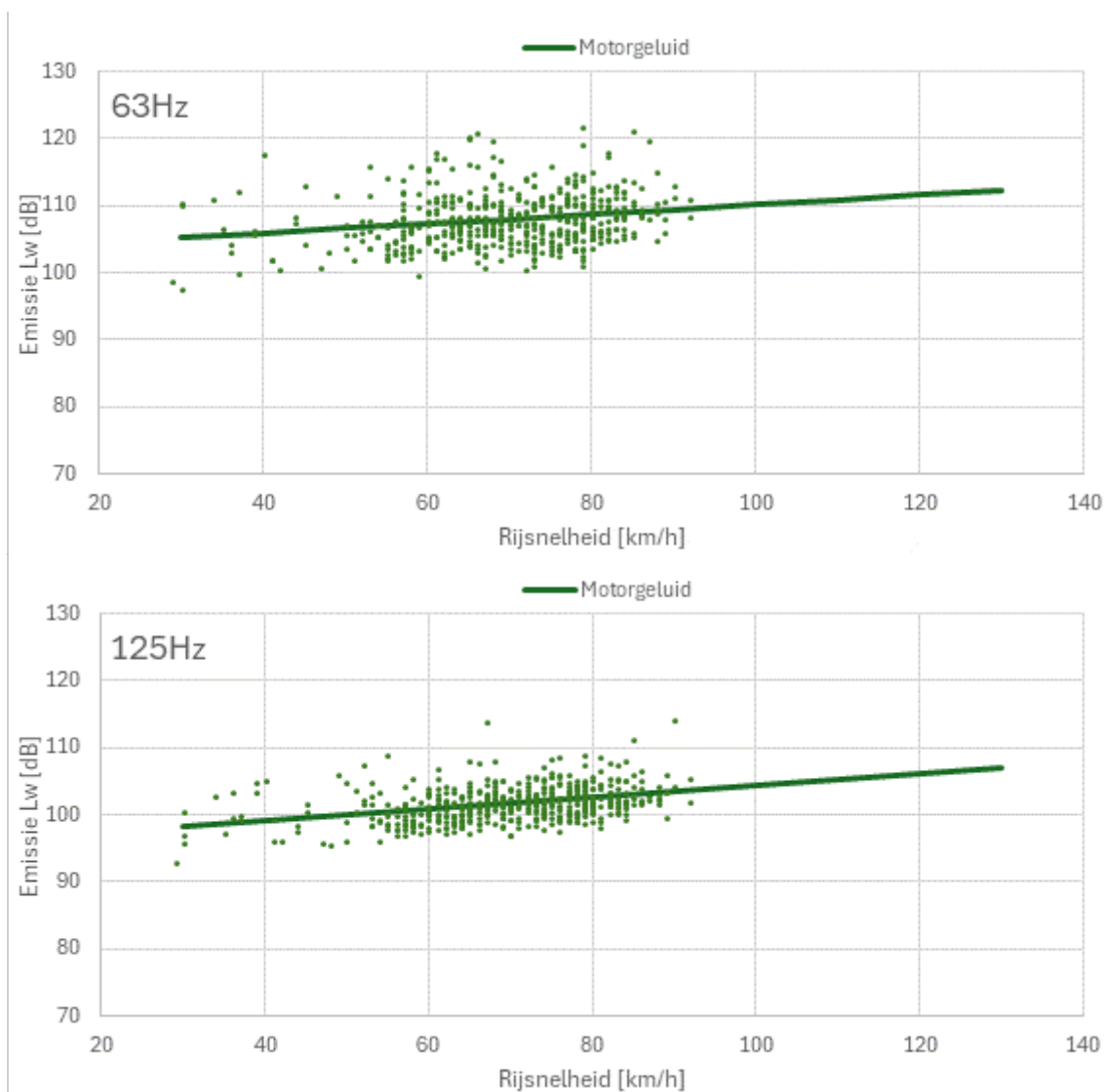


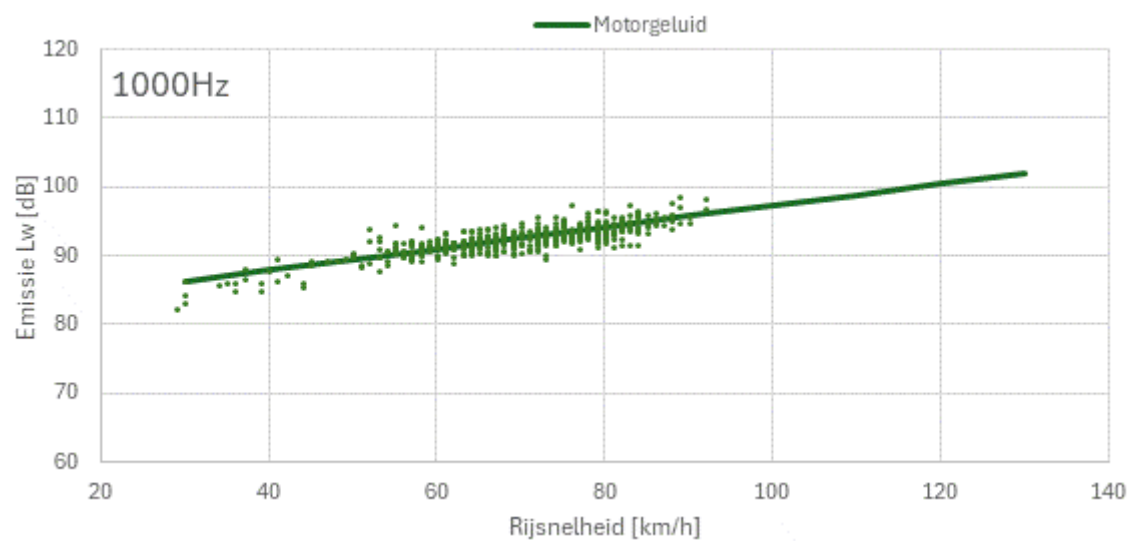
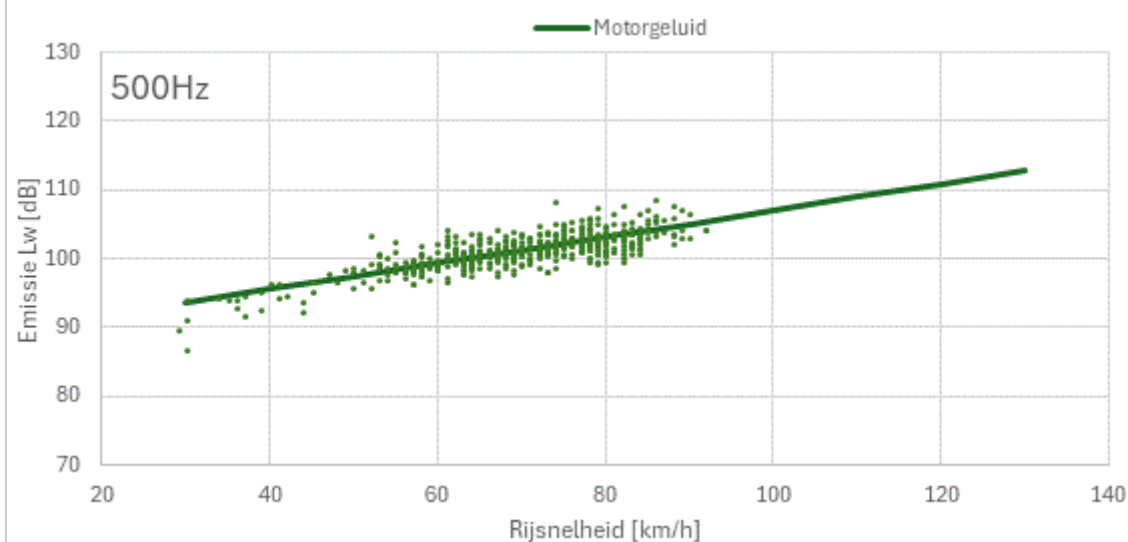
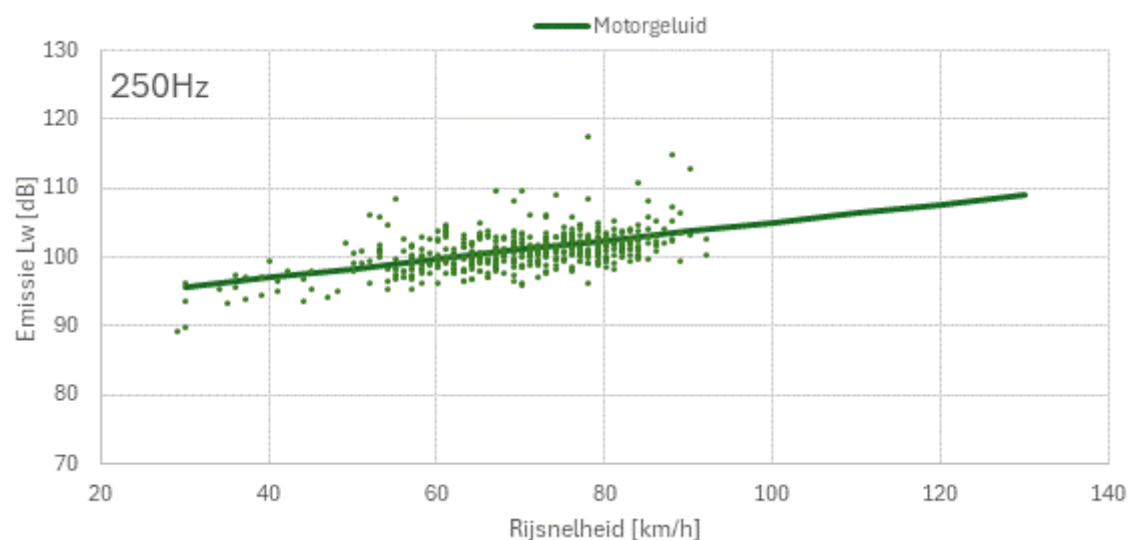


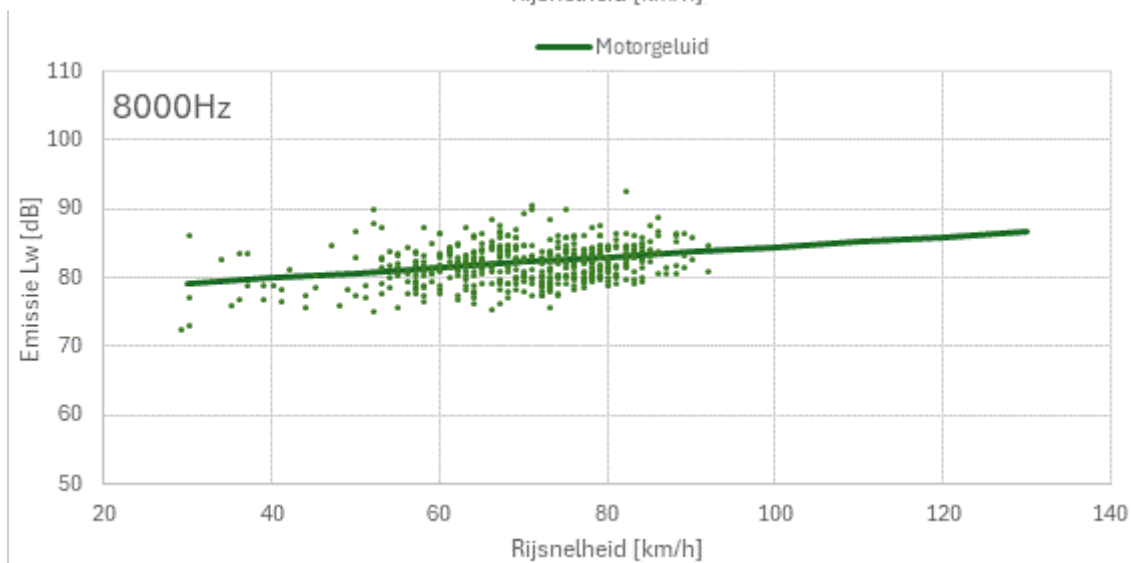
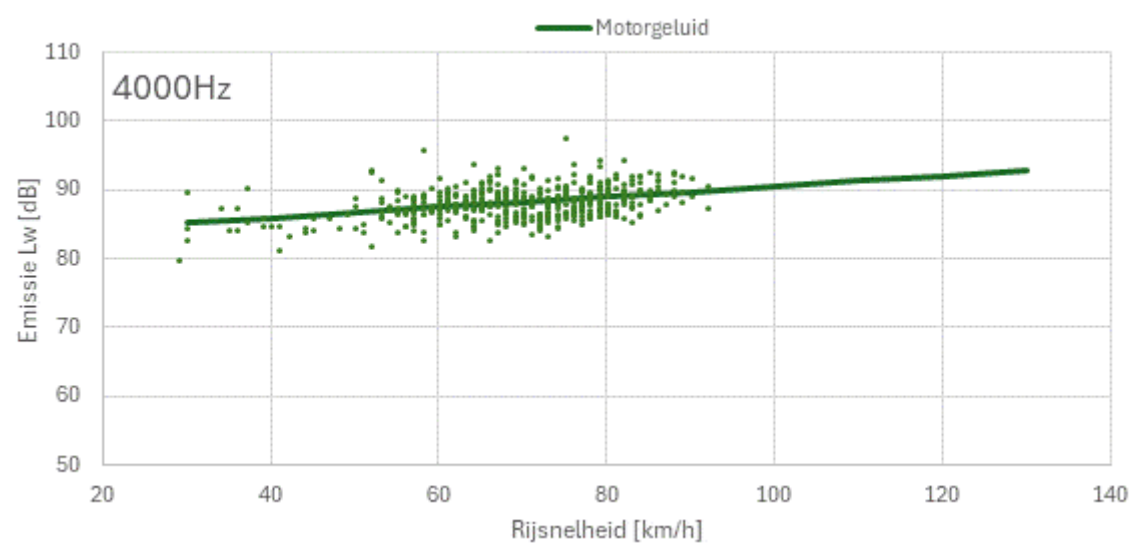
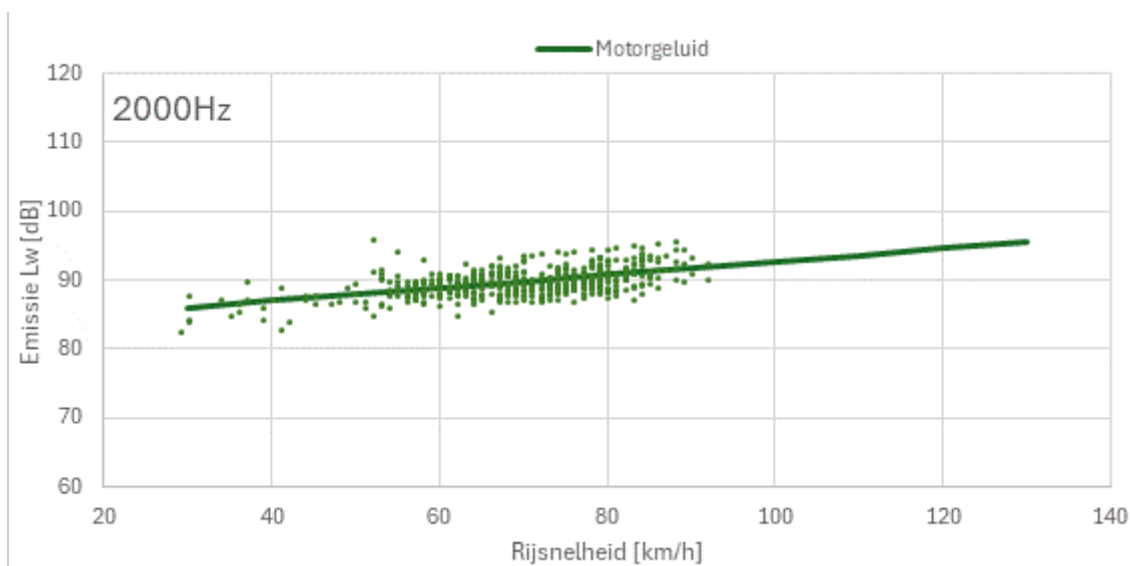


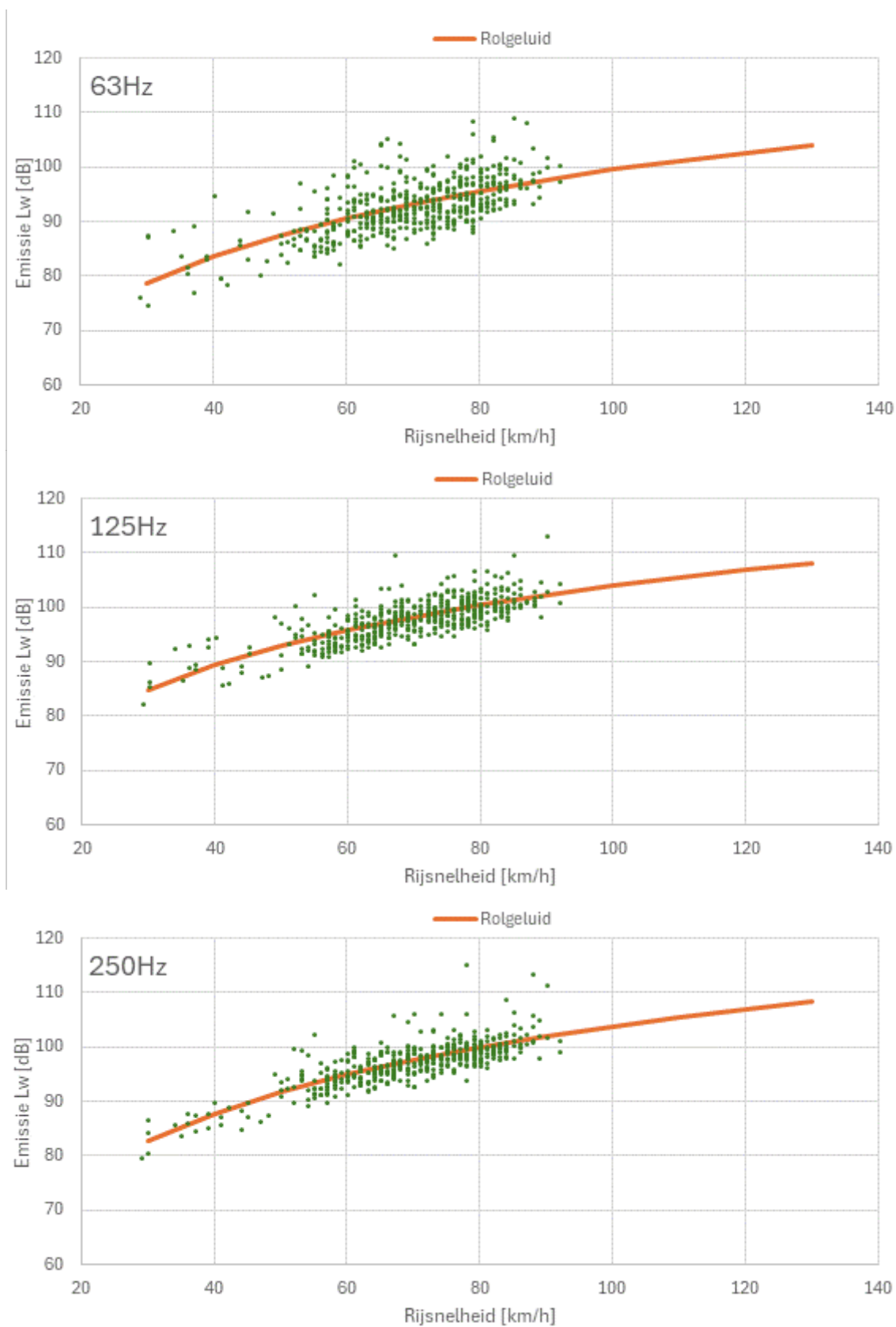


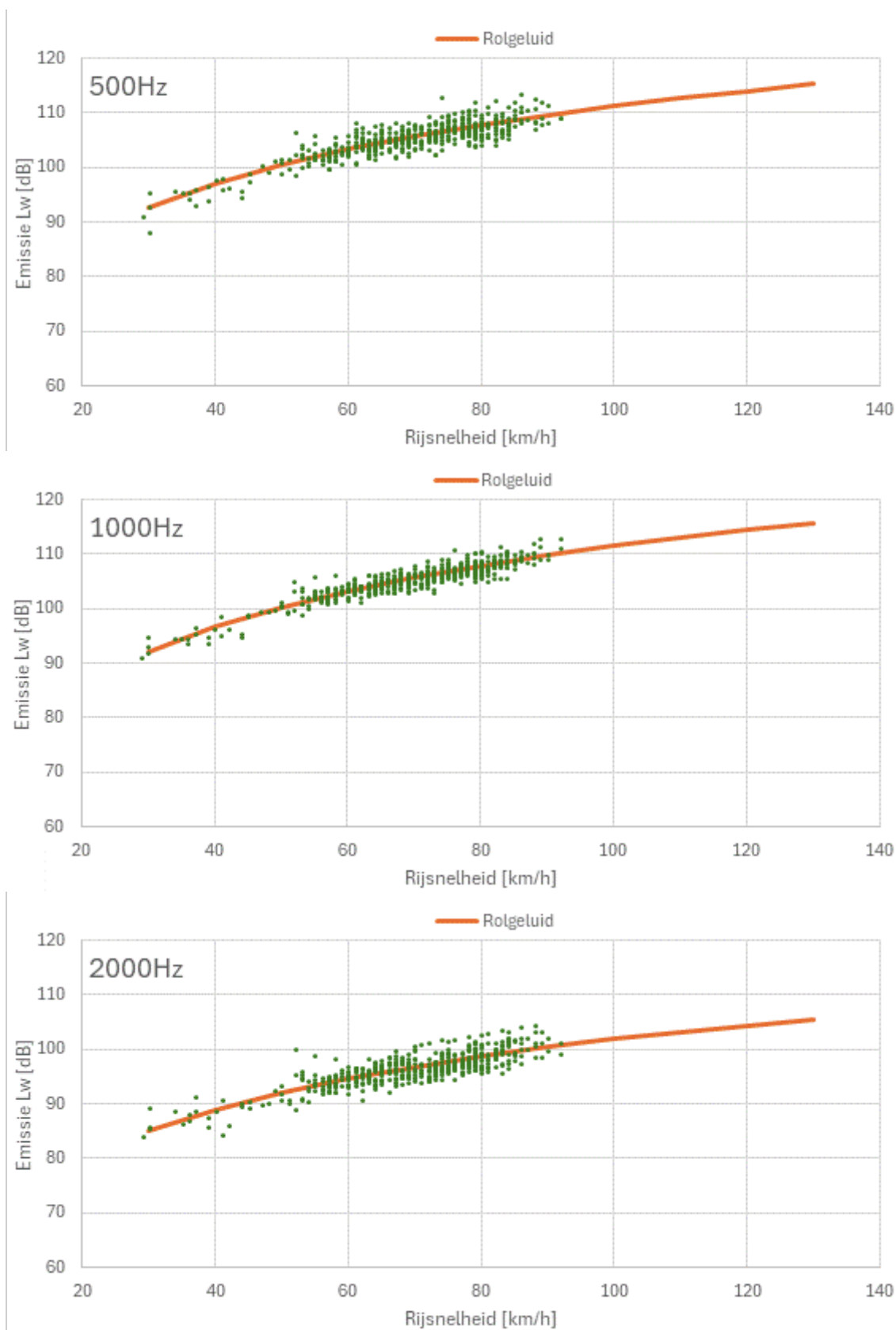
#### Bijlage 4 Resultaten regressie motorgeluid en rolgeluid apart voor zware motorvoertuigen

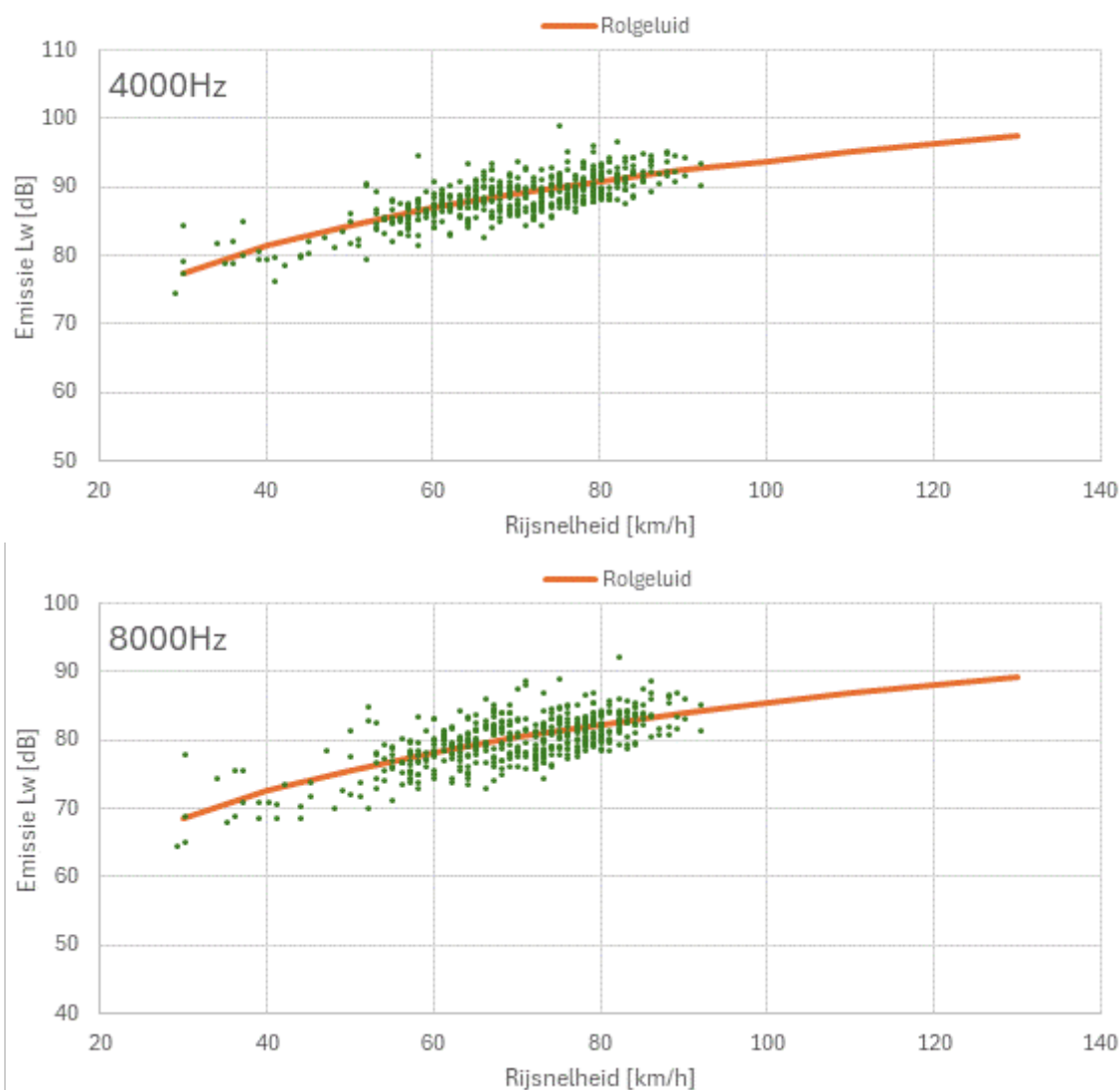












## Bijlage 5 Tussenresultaten berekening $C_{\text{wegdek}}$

### Lichte motorvoertuigen

In deze bijlage zijn enkele tussenresultaten voor de berekening van de  $C_{\text{wegdek}}$  voor CNOSSOS weergegeven.

*Tabel 31 Overzicht wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | -0,1               | 2,7  | 1,8  | 2,6  | -1,9 | -4,1 | -3,2 | -0,1 |
| AO 1L ZOAB                     | 0,5                | 0,8  | -1,5 | 0,4  | -6,6 | -7,1 | -5,5 | -3,6 |
| 2L ZOAB                        | 0,1                | 2,1  | -0,1 | -3,4 | -4,5 | -6,6 | -5,1 | -2,3 |
| 2L ZOAB fijn                   | -1,0               | 1,7  | -1,5 | -5,3 | -6,3 | -8,5 | -5,3 | -2,4 |
| SMA 0/5                        | 1,2                | -0,9 | 0,3  | 1,4  | -1,8 | -2,7 | -2,0 | -1,3 |
| SMA 0/8                        | 0,4                | 0,1  | 0,1  | 0,0  | -0,6 | -1,2 | -0,7 | -0,7 |
| AO SMA                         | 3,2                | 1,5  | 0,0  | -0,2 | -2,5 | -2,6 | -0,8 | -0,5 |
| uitgeborsteld beton            | 1,1                | -0,4 | 1,3  | 2,2  | 2,5  | 0,8  | -0,2 | -0,1 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,2               | -0,7 | 0,6  | 1,0  | 1,1  | -1,5 | -2,0 | -1,8 |
| fijngebezemd beton             | 0,7                | -0,9 | 2,3  | 1,7  | 1,2  | 2,3  | 0,9  | -0,8 |
| oppervlak bewerking            | 1,1                | 1,0  | 2,6  | 4,0  | 4,0  | 0,1  | -1,0 | -0,8 |
| elementen keperverband         | 7,8                | 8,2  | 7,3  | 4,5  | 2,5  | -1,2 | 0,3  | 1,3  |
| elementen niet in keperverband | 11,7               | 11,3 | 9,1  | 6,5  | 6,5  | 2,2  | 4,1  | 3,9  |
| stille elementen               | 8,1                | 6,6  | 5,5  | 3,1  | -1,6 | -5,7 | -2,7 | 0,2  |
| dunne deklagen A               | 4,3                | 1,1  | -2,0 | -1,1 | -3,9 | -4,0 | -1,7 | -1,8 |
| dunne deklagen B               | 4,2                | 1,0  | -2,1 | -1,4 | -4,6 | -4,8 | -2,1 | -1,9 |

*Tabel 32 Overzicht benodigde wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen op basis van emissiekentallen rolgeluid en motorgeluid bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | -0,1               | 4,5  | 3,2  | 3,2  | -1,9 | -4,1 | -3,2 | -0,1 |
| AO 1L ZOAB                     | 3,9                | 1,6  | -1,5 | 0,6  | -6,6 | -7,1 | -5,5 | -3,6 |
| 2L ZOAB                        | 1,1                | 3,7  | -0,1 | -3,4 | -4,5 | -6,6 | -5,1 | -2,3 |
| 2L ZOAB fijn                   | -1,0               | 3,0  | -1,5 | -5,3 | -6,3 | -8,5 | -5,3 | -2,4 |
| SMA 0/5                        | 10,0               | -0,9 | 0,8  | 1,8  | -1,8 | -2,7 | -2,0 | -1,3 |
| SMA 0/8                        | 5,5                | 0,2  | 0,2  | 0,0  | -0,6 | -1,2 | -0,7 | -0,7 |
| AO SMA                         | 15,1               | 3,6  | 0,0  | -0,2 | -2,5 | -2,6 | -0,8 | -0,5 |
| uitgeborsteld beton            | 8,3                | -0,4 | 2,9  | 2,7  | 2,6  | 0,9  | -0,2 | -0,1 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,2               | -0,7 | 1,5  | 1,3  | 1,1  | -1,5 | -2,0 | -1,8 |
| fijngebezemd beton             | 7,6                | -0,9 | 5,0  | 2,1  | 1,2  | 2,6  | 1,4  | -0,8 |
| oppervlak bewerking            | 8,3                | 2,3  | 5,1  | 4,8  | 4,1  | 0,1  | -1,0 | -0,8 |
| elementen keperverband         | 26,5               | 15,6 | 14,1 | 5,8  | 2,7  | -1,2 | 0,8  | 4,0  |
| elementen niet in keperverband | 30,9               | 19,0 | 16,2 | 8,0  | 6,8  | 2,9  | 7,3  | 8,6  |
| stille elementen               | 26,9               | 13,8 | 12,0 | 4,2  | -1,6 | -5,7 | -2,7 | 1,0  |
| dunne deklagen A               | 17,0               | 2,8  | -2,0 | -1,1 | -3,9 | -4,0 | -1,7 | -1,8 |
| dunne deklagen B               | 16,8               | 2,5  | -2,1 | -1,4 | -4,6 | -4,8 | -2,1 | -1,9 |

Na optimalisatie van de snelheidsafhankelijkheid worden de kentallen in bovenstaande tabel teruggerekend naar de  $C_{\text{wegdek}}$  bij 70 km/h. Deze waarden en de snelheidsafhankelijkheid staan in de hoofdtekst van dit rapport.

### Middelzware motorvoertuigen

In deze bijlage zijn enkele tussenresultaten voor de berekening van de  $C_{\text{wegdek}}$  voor CNOSSOS weergegeven.

*Tabel 33 Overzicht wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | 0,9                | 1,4  | 1,8  | -0,4 | -5,2 | -4,6 | -3,0 | -1,4 |
| AO 1L ZOAB                     | 0,0                | -0,5 | -0,6 | -1,2 | -7,0 | -5,2 | -4,1 | -3,8 |
| 2L ZOAB                        | 0,9                | 0,7  | -0,2 | -4,9 | -5,8 | -5,8 | -4,2 | -3,2 |
| 2L ZOAB fijn                   | 0,9                | 0,0  | -1,9 | -6,0 | -6,2 | -6,8 | -4,9 | -3,9 |
| SMA 0/5                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| SMA 0/8                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| AO SMA                         | -0,2               | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 |
| uitgeborsteld beton            | 0,3                | 1,4  | 0,7  | 0,0  | 0,1  | -0,4 | -0,8 | -0,7 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,7               | 0,6  | -2,1 | -1,6 | -2,0 | -2,8 | -2,1 | -2,1 |
| fijngebezemd beton             | 0,2                | 3,5  | 2,6  | 2,1  | 2,2  | 1,4  | 0,3  | 0,2  |
| oppervlak bewerking            | 0,1                | 2,1  | 1,9  | 1,1  | -0,6 | -2,0 | -1,8 | -1,6 |
| elementen keperverband         | 7,7                | 8,1  | 7,2  | 4,4  | 2,4  | -1,3 | 0,2  | 1,2  |
| elementen niet in keperverband | 11,6               | 11,2 | 9,0  | 6,4  | 6,4  | 2,1  | 4,0  | 3,8  |
| stille elementen               | 0,2                | 0,7  | 0,7  | 1,1  | 1,8  | 1,2  | 1,1  | 0,2  |
| dunne deklagen A               | 0,7                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |
| dunne deklagen B               | 0,7                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |

*Tabel 34 Overzicht benodigde wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen op basis van emissiekentallen rolgeluid en motorgeluid bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | 7,9                | 3,1  | 3,8  | -0,4 | -5,2 | -4,6 | -3,0 | -1,4 |
| AO 1L ZOAB                     | 0,0                | -0,5 | -0,6 | -1,2 | -7,0 | -5,2 | -4,1 | -3,8 |
| 2L ZOAB                        | 6,8                | 1,5  | -0,2 | -4,9 | -5,8 | -5,8 | -4,2 | -3,2 |
| 2L ZOAB fijn                   | 6,8                | 0,0  | -1,9 | -6,0 | -6,2 | -6,8 | -4,9 | -3,9 |
| SMA 0/5                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| SMA 0/8                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| AO SMA                         | -0,2               | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 |
| uitgeborsteld beton            | 3,7                | 3,0  | 1,6  | 0,0  | 0,1  | -0,4 | -0,8 | -0,7 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,7               | 1,5  | -2,1 | -1,6 | -2,0 | -2,8 | -2,1 | -2,1 |
| fijngebezemd beton             | 3,3                | 6,4  | 5,1  | 2,6  | 2,3  | 1,6  | 0,5  | 0,5  |
| oppervlak bewerking            | 1,8                | 4,3  | 4,0  | 1,4  | -0,6 | -2,0 | -1,8 | -1,6 |
| elementen keperverband         | 24,1               | 14,6 | 12,4 | 4,8  | 2,5  | -1,3 | 0,4  | 3,1  |
| elementen niet in keperverband | 28,5               | 18,0 | 14,5 | 6,9  | 6,5  | 2,5  | 6,5  | 7,4  |
| stille elementen               | 5,4                | 2,8  | 2,2  | 1,3  | 1,9  | 1,5  | 2,2  | 0,6  |
| dunne deklagen A               | 8,0                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |
| dunne deklagen B               | 8,0                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |

Na optimalisatie van de snelheidsafhankelijkheid worden de kentallen in bovenstaande tabel teruggerekend naar de  $C_{\text{wegdek}}$  bij 70 km/h. Deze waarden en de snelheidsafhankelijkheid staan in de hoofdtekst van dit rapport.

### Zware motorvoertuigen

In deze bijlage zijn enkele tussenresultaten voor de berekening van de  $C_{\text{wegdek}}$  voor CNOSSOS weergegeven.

*Tabel 35 Overzicht wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | 0,9                | 1,4  | 1,8  | -0,4 | -5,2 | -4,6 | -3,0 | -1,4 |
| AO 1L ZOAB                     | 0,4                | -0,1 | -0,2 | -0,8 | -6,6 | -4,8 | -3,7 | -3,4 |
| 2L ZOAB                        | 0,7                | 0,5  | -0,4 | -5,1 | -6,0 | -6,0 | -4,4 | -3,4 |
| 2L ZOAB fijn                   | 1,0                | 0,1  | -1,8 | -5,9 | -6,1 | -6,7 | -4,8 | -3,8 |
| SMA 0/5                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| SMA 0/8                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| AO SMA                         | -0,2               | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 |
| uitgeborsteld beton            | 0,0                | 1,1  | 0,4  | -0,3 | -0,2 | -0,7 | -1,1 | -1,0 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,3               | 1,0  | -1,7 | -1,2 | -1,6 | -2,4 | -1,7 | -1,7 |
| fijngebezemd beton             | 0,0                | 3,3  | 2,4  | 1,9  | 2,0  | 1,2  | 0,1  | 0,0  |
| oppervlak bewerking            | 0,0                | 2,0  | 1,8  | 1,0  | -0,7 | -2,1 | -1,9 | -1,7 |
| elementen keperverband         | 7,7                | 8,1  | 7,2  | 4,4  | 2,4  | -1,3 | 0,2  | 1,2  |
| elementen niet in keperverband | 11,6               | 11,2 | 9,0  | 6,4  | 6,4  | 2,1  | 4,0  | 3,8  |
| stille elementen               | 0,2                | 0,7  | 0,7  | 1,1  | 1,8  | 1,2  | 1,1  | 0,2  |
| dunne deklagen A               | 0,7                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |
| dunne deklagen B               | 0,7                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |

*Tabel 36 Overzicht benodigde wegdekcorrecties voor lichte motorvoertuigen op basis van emissiekentallen rolgeluid en motorgeluid bij de representatieve snelheid van de betreffende deklaag.*

| Deklaag                        | Octaafband index i |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1L ZOAB                        | 7,7                | 3,0  | 3,8  | -0,4 | -5,2 | -4,6 | -3,0 | -1,4 |
| AO 1L ZOAB                     | 4,9                | -0,1 | -0,2 | -0,8 | -6,6 | -4,8 | -3,7 | -3,4 |
| 2L ZOAB                        | 6,5                | 1,2  | -0,4 | -5,1 | -6,0 | -6,0 | -4,4 | -3,4 |
| 2L ZOAB fijn                   | 7,9                | 0,1  | -1,8 | -5,9 | -6,1 | -6,7 | -4,8 | -3,8 |
| SMA 0/5                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| SMA 0/8                        | 0,0                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| AO SMA                         | -0,2               | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -1,9 | -1,1 | -0,6 | -1,1 |
| uitgeborsteld beton            | 0,0                | 2,9  | 1,2  | -0,3 | -0,2 | -0,7 | -1,1 | -1,0 |
| geoptim. uitgeborsteld beton   | -0,3               | 2,6  | -1,7 | -1,2 | -1,6 | -2,4 | -1,7 | -1,7 |
| fijngebezemd beton             | 0,0                | 6,7  | 5,2  | 2,4  | 2,1  | 1,4  | 0,2  | 0,0  |
| oppervlak bewerking            | 0,0                | 4,6  | 4,2  | 1,3  | -0,7 | -2,1 | -1,9 | -1,7 |
| elementen keperverband         | 26,8               | 16,0 | 13,3 | 5,0  | 2,5  | -1,3 | 0,5  | 3,4  |
| elementen niet in keperverband | 31,2               | 19,5 | 15,4 | 7,1  | 6,6  | 2,6  | 6,8  | 7,9  |
| stille elementen               | 7,5                | 3,5  | 2,6  | 1,3  | 1,9  | 1,5  | 2,4  | 0,7  |
| dunne deklagen A               | 7,9                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |
| dunne deklagen B               | 7,9                | -0,1 | -0,4 | -1,4 | -2,7 | -2,7 | -1,7 | -1,9 |

Na optimalisatie van de snelheidsafhankelijkheid worden de kentallen in bovenstaande tabel teruggerekend naar de  $C_{wegdek}$  bij 70 km/h. Deze waarden en de snelheidsafhankelijkheid staan in de hoofdtekst van dit rapport.

## Bijlage 6 Tabellen voor in bijlage XXXIII van de Omgevingsregeling

In deze bijlage zijn de resultaten gevat in tabellen die als vervanging kunnen dienen voor de huidige tabellen in bijlage XXXIII, hoofdstuk 2.2.7 "Emissiekentallen wegverkeer" van de Omgevingsregeling.

Tabel 2.2.b Coëfficiënten  $A_{R,i,m}$  en  $B_{R,i,m}$  voor rolgeluid en  $A_{P,i,m}$  en  $B_{P,i,m}$  voor voortstuwingslawaaï

| <b>Categorie</b> | <b>Coëfficiënt</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> |
|------------------|--------------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1                | $A_R$              | 82,9      | 87,3       | 86,2       | 92,4       | 98,8        | 92,2        | 81,7        | 71,1        |
|                  | $B_R$              | 46,6      | 45,7       | 38,4       | 31,9       | 41,6        | 44,4        | 47,5        | 48,7        |
|                  | $A_P$              | 97,4      | 90,7       | 89,6       | 88,0       | 85,6        | 85,1        | 80,7        | 72,7        |
|                  | $B_P$              | 6,7       | 9,9        | 7,9        | 10,6       | 12,0        | 11,3        | 12,0        | 12,4        |
| 2                | $A_R$              | 91,8      | 96,2       | 95,9       | 103,6      | 103,3       | 95,3        | 87,5        | 79,6        |
|                  | $B_R$              | 57,5      | 44,7       | 47,7       | 45,9       | 42,0        | 38,1        | 39,0        | 42,7        |
|                  | $A_P$              | 106,5     | 99,7       | 99,3       | 99,2       | 90,2        | 88,4        | 86,8        | 81,4        |
|                  | $B_P$              | 15,4      | 11,1       | 13,9       | 19,5       | 14,7        | 10,5        | 10,3        | 11,6        |
| 3                | $A_R$              | 93,0      | 98,5       | 97,6       | 105,5      | 105,5       | 96,3        | 88,2        | 79,5        |
|                  | $B_R$              | 38,7      | 33,5       | 40,2       | 37,0       | 38,3        | 33,9        | 33,8        | 36,1        |
|                  | $A_P$              | 107,6     | 102,0      | 100,9      | 101,0      | 92,2        | 89,2        | 87,4        | 81,1        |
|                  | $B_P$              | 5,4       | 4,9        | 9,8        | 14,6       | 12,3        | 8,2         | 7,4         | 8,2         |
| 4a               | $A_R$              | 0,0       | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|                  | $B_R$              | 0,0       | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|                  | $A_P$              | 93,0      | 93,0       | 93,5       | 95,3       | 97,2        | 100,4       | 95,8        | 90,9        |
|                  | $B_P$              | 4,2       | 7,4        | 9,8        | 11,6       | 15,7        | 18,9        | 20,3        | 20,6        |
| 4b               | $A_R$              | 0,0       | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|                  | $B_R$              | 0,0       | 0,0        | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|                  | $A_P$              | 99,9      | 101,9      | 96,7       | 94,4       | 95,2        | 94,7        | 92,1        | 88,6        |
|                  | $B_P$              | 3,2       | 5,9        | 11,9       | 11,6       | 11,5        | 12,6        | 11,1        | 12,0        |

Tabel 2.2.d Wegdekcorrecties

| Beschrijving                            | Categorie | $a_m$<br>(63 Hz) | $a_m$<br>(125 Hz) | $a_m$<br>(250 Hz) | $a_m$<br>(500 Hz) | $a_m$<br>(1000 Hz) | $a_m$<br>(2000 Hz) | $a_m$<br>(4000 Hz) | $a_m$<br>(8000 Hz) | $\beta_m$ |
|-----------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| Referentiewegdek                        | 1         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                         | 2         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                         | 3         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| 1-laags ZOAB                            | 1         | 1,1              | 5,7               | 4,5               | 4,4               | -0,7               | -2,9               | -2,0               | 1,1                | -7,9      |
|                                         | 2         | 8,0              | 3,2               | 4,0               | -0,2              | -5,0               | -4,4               | -2,8               | -1,2               | -2,4      |
|                                         | 3         | 7,7              | 3,0               | 3,8               | -0,4              | -5,2               | -4,6               | -3,0               | -1,4               | -0,1      |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Akoestisch geoptimaliseerd 1-laags ZOAB | 1         | 6,1              | 3,7               | 0,7               | 2,7               | -4,4               | -4,9               | -3,3               | -1,4               | -13,8     |
|                                         | 2         | 1,1              | 0,6               | 0,5               | -0,1              | -5,9               | -4,1               | -3,0               | -2,7               | -9,8      |
|                                         | 3         | 5,4              | 0,4               | 0,3               | -0,3              | -6,1               | -4,3               | -3,2               | -2,9               | -8,5      |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| 2-laags ZOAB                            | 1         | 1,6              | 4,2               | 0,4               | -2,9              | -4,0               | -6,1               | -4,6               | -1,8               | -3,4      |
|                                         | 2         | 6,3              | 1,0               | -0,6              | -5,3              | -6,2               | -6,2               | -4,6               | -3,6               | 4,1       |
|                                         | 3         | 6,3              | 0,9               | -0,7              | -5,4              | -6,3               | -6,3               | -4,7               | -3,7               | 4,6       |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| 2-laags ZOAB (fijn)                     | 1         | -1,0             | 3,1               | -1,5              | -5,3              | -6,3               | -8,5               | -5,3               | -2,4               | -0,3      |
|                                         | 2         | 6,8              | 0,1               | -1,9              | -6,0              | -6,2               | -6,8               | -4,9               | -3,9               | -0,3      |
|                                         | 3         | 7,9              | 0,2               | -1,8              | -5,9              | -6,1               | -6,7               | -4,8               | -3,8               | -1,1      |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| SMA-NL5                                 | 1         | 10,0             | -0,9              | 0,8               | 1,8               | -1,8               | -2,7               | -2,0               | -1,3               | -1,6      |
|                                         | 2         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                         | 3         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                         | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |

| Beschrijving                         | Categorie | $a_m$<br>(63 Hz) | $a_m$<br>(125 Hz) | $a_m$<br>(250 Hz) | $a_m$<br>(500 Hz) | $a_m$<br>(1000 Hz) | $a_m$<br>(2000 Hz) | $a_m$<br>(4000 Hz) | $a_m$<br>(8000 Hz) | $\beta_m$ |
|--------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| SMA-NL8                              | 1         | 5,5              | 0,2               | 0,2               | 0,0               | -0,6               | -1,2               | -0,7               | -0,7               | -0,8      |
|                                      | 2         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                      | 3         | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Akoestisch geoptimaliseerd SMA       | 1         | 15,1             | 3,6               | 0,0               | -0,2              | -2,5               | -2,6               | -0,8               | -0,5               | -5,4      |
|                                      | 2         | -0,2             | -0,6              | -0,6              | -1,4              | -1,9               | -1,1               | -0,6               | -1,1               | -2,8      |
|                                      | 3         | -0,2             | -0,6              | -0,6              | -1,4              | -1,9               | -1,1               | -0,6               | -1,1               | -2,8      |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Uitgeborsteld beton                  | 1         | 8,2              | -0,5              | 2,8               | 2,6               | 2,5                | 0,8                | -0,3               | -0,2               | 1,7       |
|                                      | 2         | 3,4              | 2,7               | 1,3               | -0,3              | -0,2               | -0,7               | -1,1               | -1,0               | 4,5       |
|                                      | 3         | 0,0              | 2,9               | 1,2               | -0,3              | -0,2               | -0,7               | -1,1               | -1,0               | 4,9       |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Geoptimaliseerd. uitgeborsteld beton | 1         | -0,3             | -0,8              | 1,4               | 1,2               | 1,0                | -1,6               | -2,1               | -1,9               | 1,9       |
|                                      | 2         | -0,2             | 2,0               | -1,6              | -1,1              | -1,5               | -2,3               | -1,6               | -1,6               | -8,0      |
|                                      | 3         | -0,3             | 2,6               | -1,7              | -1,2              | -1,6               | -2,4               | -1,7               | -1,7               | -6,0      |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Fijn gebezemd beton                  | 1         | 7,6              | -0,9              | 5,0               | 2,1               | 1,2                | 2,6                | 1,4                | -0,8               | 7,7       |
|                                      | 2         | 3,1              | 6,3               | 5,0               | 2,5               | 2,2                | 1,5                | 0,4                | 0,3                | 2,1       |
|                                      | 3         | 0,0              | 6,7               | 5,2               | 2,4               | 2,1                | 1,4                | 0,2                | 0,0                | 4,2       |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| Oppervlakte bewerking                | 1         | 8,3              | 2,2               | 5,1               | 4,8               | 4,1                | 0,1                | -1,0               | -0,8               | 0,3       |
|                                      | 2         | 1,7              | 4,2               | 3,9               | 1,4               | -0,6               | -2,0               | -1,8               | -1,6               | 0,7       |
|                                      | 3         | 0,0              | 4,6               | 4,2               | 1,3               | -0,7               | -2,1               | -1,9               | -1,7               | 1,8       |
|                                      | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |

| Beschrijving                                   | Categorie | $a_m$<br>(63 Hz) | $a_m$<br>(125 Hz) | $a_m$<br>(250 Hz) | $a_m$<br>(500 Hz) | $a_m$<br>(1000 Hz) | $a_m$<br>(2000 Hz) | $a_m$<br>(4000 Hz) | $a_m$<br>(8000 Hz) | $\beta_m$ |
|------------------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| <i>Elementenverharding in<br/>keperverband</i> | 1         | 25,9             | 15,1              | 13,6              | 5,2               | 2,1                | -1,7               | 0,2                | 3,4                | -3,6      |
|                                                | 2         | 25,0             | 15,5              | 13,4              | 5,8               | 3,4                | -0,4               | 1,4                | 4,0                | 3,9       |
|                                                | 3         | 27,4             | 16,6              | 13,8              | 5,5               | 3,0                | -0,8               | 1,0                | 3,9                | 2,2       |
|                                                | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| <i>Elementenverharding in<br/>dwarsverband</i> | 1         | 30,2             | 18,4              | 15,6              | 7,4               | 6,2                | 2,2                | 6,7                | 8,0                | -4,4      |
|                                                | 2         | 29,5             | 19,0              | 15,5              | 7,9               | 7,6                | 3,6                | 7,5                | 8,5                | 4,2       |
|                                                | 3         | 31,8             | 20,0              | 15,9              | 7,7               | 7,1                | 3,1                | 7,4                | 8,5                | 2,3       |
|                                                | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| <i>Stille elementenverharding</i>              | 1         | 25,7             | 12,6              | 10,8              | 3,0               | -2,7               | -6,8               | -3,8               | -0,2               | -7,9      |
|                                                | 2         | 5,5              | 2,9               | 2,3               | 1,4               | 2,0                | 1,6                | 2,3                | 0,7                | 0,4       |
|                                                | 3         | 7,4              | 3,4               | 2,5               | 1,2               | 1,7                | 1,4                | 2,2                | 0,6                | -0,5      |
|                                                | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| <i>Dunne deklagen A</i>                        | 1         | 17,0             | 2,8               | -2,0              | -1,1              | -3,9               | -4,0               | -1,7               | -1,8               | -8,5      |
|                                                | 2         | 8,0              | -0,1              | -0,4              | -1,4              | -2,7               | -2,7               | -1,7               | -1,9               | -9,3      |
|                                                | 3         | 7,9              | 3,4               | 2,5               | 1,2               | 1,7                | 1,4                | 2,2                | 0,6                | -0,5      |
|                                                | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |
| <i>Dunne deklagen B</i>                        | 1         | 16,8             | 2,5               | -2,1              | -1,4              | -4,6               | -4,8               | -2,1               | -1,9               | -10,1     |
|                                                | 2         | 8,0              | -0,1              | -0,4              | -1,4              | -2,7               | -2,7               | -1,7               | -1,9               | -9,3      |
|                                                | 3         | 7,9              | -0,1              | -0,4              | -1,4              | -2,7               | -2,7               | -1,7               | -1,9               | -8,6      |
|                                                | 4a/4b     | 0,0              | 0,0               | 0,0               | 0,0               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0       |

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

augustus 2026

De zorg voor morgen  
begint vandaag