



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

# **Geluidmonitor** – Nader Onderzoek 2020-2022



## **Geluidmonitor – Nader Onderzoek 2020-2022**

RIVM-rapport 2023-0122

## Colofon

© RIVM 2023

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.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook [www.rivm.nl/toegankelijkheid](http://www.rivm.nl/toegankelijkheid).

DOI 10.21945/RIVM-2023-0122

D.R. Bouwman (auteur), RIVM  
H. den Hollander (auteur), RIVM  
D.E. Lolkema (auteur), RIVM  
R.V.A. van Loon (auteur), RIVM  
A. Kok (auteur), RIVM  
T. Wartenberg (auteur), RIVM

Contact:

Dorien Lolkema  
Milieu en Veiligheid\Centrum Milieukwaliteit\Luchtkwaliteit en Geluid  
[dorien.lolkema@rivm.nl](mailto:dorien.lolkema@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van 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

### **Geluidmonitor – Nader Onderzoek 2020-2022**

De weg- en spoorbeheerders Rijkswaterstaat en ProRail berekenen sinds 2013 elk jaar hoeveel geluid het verkeer op de weg en het spoor maakt. Het RIVM toetst als onafhankelijke organisatie deze berekeningen met metingen. Dit is op basis van de Wet milieubeheer verplicht. De resultaten verschijnen elk jaar in de Geluidmonitor. Over het algemeen blijken de berekeningen en metingen goed overeen te komen. Lokaal bestaan er wel verschillen tussen meten en rekenen. Het RIVM beschrijft in dit rapport drie onderzoeken naar mogelijke oorzaken van de verschillen.

Zo blijkt dat het geluid van lichte motorvoertuigen de laatste jaren iets is toegenomen. Op dit moment is de reden daarvoor niet duidelijk. De ontwikkeling wordt ook de komende jaren gevolgd. In de berekeningen wordt verkeer ingedeeld in drie klassen: lichte, middelzware en zware motorvoertuigen. Zwaardere voertuigen, zoals vrachtwagens, maken meer geluid.

Verder blijkt dat de correctiefactoren in de berekening van geluid van stiller asfalt in lijn zijn met de metingen. In Nederland ligt er op rijkswegen over het algemeen Zeer Open Asfalt Beton (ZOAB) of een variant daarvan. Een ZOAB-wegdek is veel stiller dan een traditioneel wegdek. Gemiddeld genomen wordt bij alle soorten ZOAB op rijkswegen evenveel geluid gemeten als berekend. Dit is een gemiddelde: bij ouder asfalt wordt meer geluid gemeten, bij nieuwer asfalt minder.

Tot slot blijkt ook de berekende hoeveelheid geluid op het spoor over het algemeen goed overeen te komen met de gemeten hoeveelheid. Lokaal kan er wel een groot verschil zijn tussen meten en rekenen. Het RIVM heeft geprobeerd deze verschillen te verklaren maar vond er geen algemene verklaringen voor. Zo is het spoor soms stiller nadat het in het kader van onderhoud is geslepen.

Kernwoorden: geluid, metingen, bronemissies, rekenmethode



## Synopsis

### **Noise Monitor – Additional Research 2020-2022**

Every year since 2013, the road authority Rijkswaterstaat (Directorate-General for Public Works and Water Management), and the rail authority ProRail, calculate the noise produced by road and rail traffic. As an independent party, RIVM verifies these calculations using measurements, as is its statutory duty under the Environmental Management Act. The results are published annually in the Noise Monitor. In general, the calculations are consistent with the measurements. There are, however, differences between measurements and calculations at a local level. In this report, RIVM describes three studies into the possible causes of these differences.

For example, the noise produced by light motor vehicles has increased slightly over the last years. The reason for this increase remains unclear at the moment. Tracking of possible causes will continue. Calculations for noise produced by road traffic are made for three vehicle categories: light, middleweight, and heavy motor vehicles. Heavier vehicles, such as lorries, produce more noise.

In addition, the correction factors in the calculation of noise on silent asphalt have proven to be in line with the measurements. In the Netherlands, motorways are generally surfaced with porous asphalt (PA) or a variant of it. A PA road surface is much quieter than a traditional road surface. On average, the measured amount of noise on motorways surfaced with all types of PA is consistent with the calculated amount. This is an average; more noise is measured on older asphalt and less noise on newer asphalt.

Finally, the calculated amount of noise produced by rail traffic is generally also consistent with the measured amount. Major differences between measurements and calculations can occur on a local level. RIVM has tried to explain these differences but has found no general explanation. For instance, railways sometimes become quieter after the rails have been ground during maintenance.

Keywords: noise, measurements, source emissions, calculation method





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Algemene meetmethode — 13**

##### 2.1 *Meetnauwkeurigheid* — 13

#### **3 Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van individuele passages van motorvoertuigen — 15**

##### 3.1 Methoden — 15

##### 3.1.1 Dataverzameling — 16

##### 3.1.2 Indeling voertuigcategorieën — 17

##### 3.1.3 Dataverwerking — 19

##### 3.2 Resultaten — 21

##### 3.3 Discussie — 23

##### 3.4 Conclusie — 24

#### **4 Monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen — 25**

##### 4.1 Methoden — 25

##### 4.1.1 Bepaling geluidreductie uit wegdekmetingen — 25

##### 4.1.2 Geluidreductie bij Trendmeetnetlocaties — 25

##### 4.1.3 Vergelijking gemeten geluidreductie met geluidreductie uit berekeningen — 26

##### 4.2 Resultaten — 27

##### 4.2.1 Landelijk beeld emissie wegdekken — 27

##### 4.2.2 Geluidreductie van wegdekken bij Trendmeetlocaties met grote afwijking — 29

##### 4.3 Conclusie — 32

#### **5 Metingen aan individuele passages van treinen — 33**

##### 5.1 Methoden — 33

##### 5.1.1 Identificatie treinpassages in Trendmeetnet-metingen — 33

##### 5.1.2 Koppeling met QuoVadis-data — 33

##### 5.2 Resultaten — 34

##### 5.2.1 Locatie Westervoort — 34

##### 5.2.2 Locatie Staphorst — 37

##### 5.2.3 Locatie Deurne — 39

##### 5.3 Conclusie — 41

#### **6 Conclusies — 43**

### **Referenties — 45**

### **Bijlage 1 Overzicht bronvermogens voertuigpassages — 47**



## Samenvatting

Jaarlijks verschijnt de Geluidmonitor. Hierin vergelijken we de berekende geluidproductie van rijkswegen en hoofdspoorwegen steekproefsgewijs met metingen. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat doet het RIVM nader onderzoek naar meten en rekenen, zoals gerapporteerd in de jaarlijkse Geluidmonitor. We besteden daarbij onder meer aandacht aan de vraag of de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg of spoorweg waarmee volgens het Reken- en meetvoorschrift Geluid [RMG2012] wordt gerekend nog steeds voldoen. Daarmee geven we uitvoering aan artikel 11.33 lid c van de Wet Milieubeheer.

Met de rapportage Nader onderzoek 2020-2022 geven we duiding aan gevonden verschillen tussen meten en rekenen. Deze verschillen zijn eerder gerapporteerd in de rapportages Geluidmonitor voor de genoemde jaren. We hebben voor het Nader onderzoek 2020-2022 drie deelonderzoeken uitgevoerd: twee deelonderzoeken voor emissies van wegverkeer en één onderzoek voor emissies van spoorwegverkeer.

Voor het onderzoek naar de emissies van wegverkeer hebben we naar twee aspecten gekeken: de emissies van motorvoertuigen en de akoestische kwaliteit van deklagen.

Voor de monitoring van emissies van motorvoertuigen hebben we in samenwerking met de provincie Gelderland op vijf locaties gelijktijdig geluidmetingen en verkeerstellingen uitgevoerd. Met deze metingen is in 2016 begonnen. Ze worden elk jaar herhaald. Voor het onderzoek maken we onderscheid tussen lichte, middelzware en zware motorvoertuigen. Een belangrijke constatering is dat de gemeten emissies van lichte motorvoertuigen in de afgelopen jaren zijn gestegen. De aanpassing van geluidemissienormen van banden (stille banden-aftrek) zien we niet terug in de metingen. Verder zien we dat de gemeten emissies van motorvoertuigen gemiddeld iets hoger zijn dan de recent voor de Omgevingsregeling vastgestelde emissiekentallen. Dit kan worden veroorzaakt door de conditie van het wegdek en de geometrie ter plaatse, die afwijken van de standaard die voor het vaststellen van de emissiekentallen wordt gebruikt.

Voor de monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen hebben we de metingen tijdens de veldritbezoeken van 2020 en 2021 geanalyseerd. Tijdens deze veldritbezoeken wordt het geluidniveau met een microfoon onder het chassis gemeten. De microfoon registreert het contactgeluid van de band met het wegdek. Het overzichtsbestand wegdekonderhoud geeft informatie over het wegdektype en de leeftijd van het wegdek. We zien dat de gemiddelde geluidreductie van de deklagen goed overeenkomt met de wegdekcorrectiefactoren in het reken- en meetvoorschrift. Er is gemiddeld geen ander verschil tussen meten en rekenen voor de ene deklaag of de andere. Lokale verschillen tussen meten en rekenen zijn toe te schrijven aan de akoestische kwaliteit van de deklaag ter plaatse. We concluderen dat de wegdekken voldoen aan de gemiddelde waarden over de technische levensduur van

de weg (art 11.33 lid c Wm). Aanvullend zien we dat de veroudering van ZOAB en tweelaags ZOAB voor een toename van minimaal 0,2 dB per jaar zorgt.

Voor het Nader onderzoek naar emissies van spoorwegen hebben we voor een aantal specifieke locaties van het Trendmeetnet Geluid naar individuele passages van treinen gekeken. Aanvullende informatie over treintype, rijnsnelheid, rijrichting en baangebruik hebben we verkregen uit de QuoVadis-data van ProRail, die voor dit onderzoek aan ons beschikbaar werden gesteld. We hebben drie locaties met opvallende resultaten onderzocht. We zien dat de berekende geluidniveaus voor de verschillende treincategorieën over het algemeen goed overeenkomen met de gemeten geluidniveaus. Lokale verschillen tussen meten en rekenen, zijn toe te schrijven aan luidere of juist stillere passages. In sommige gevallen was dit toe te schrijven aan het ingezette materieel. In andere gevallen was dit toe te schrijven aan de conditie van het spoor, of aan een combinatie van beiden. Bij de meetlocatie Staphorst was het verschil terug te voeren op het slijpen van het spoor. De metingen op deze locatie laten een afname van 3 dB zien. Verder zien we bij meetlocatie Westervoort lagere meetwaarden dan berekend voor categorie 11 (stille goederen). Het zou kunnen dat het emissiekental voor treincategorie 11 conservatief is vastgesteld.

## 1 Inleiding

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat stelt het RIVM jaarlijks de Geluidmonitor op. De Geluidmonitor presenteert de actuele meetresultaten uit het Trendmeetnet Geluid<sup>1</sup>. Met dit trendmeetnet wordt het geluidniveau van rijkswegen en spoorwegen in Nederland gemeten. Daarnaast worden in de Geluidmonitor de metingen gebruikt om de berekende geluidemissies en de gebruikte rekenmethodes te valideren. Daarmee wordt uitvoering gegeven aan art. 1.22 lid 4 onder c van de Wet milieubeheer. De Geluidmonitor 2022 is de meest actuele rapportage [RIVM2023].

In dezelfde opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat doet het RIVM ook nader onderzoek naar meten en rekenen, zoals gerapporteerd in de jaarlijkse Geluidmonitor. We besteden daarbij onder meer aandacht aan de vraag of de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg of spoorweg, waarmee volgens het Reken- en meetvoorschrift Geluid [RMG2012] wordt gerekend, nog steeds voldoen. Daarmee geven we uitvoering aan artikel 11.33 lid c van de Wet Milieubeheer.

Dit rapport omvat de volgende aanvullende onderzoeken, die separaat te beschouwen zijn:

1. Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van individuele passages van motorvoertuigen;
2. Monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen;
3. Metingen aan individuele passages van treinen.

### *Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van individuele passages van motorvoertuigen*

Naast de metingen voor de geluidmonitor zijn aanvullende metingen gedaan om de bronemissies van motorvoertuigen te monitoren. Dit heeft tot doel om te kijken of emissies van motorvoertuigen veranderen. Zo kan ook worden beoordeeld of bronbeleid effect heeft. Ook heeft het een signaalfunctie om te bekijken of het zinvol is om emissiefactoren aan te passen.

### *Monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen*

De monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen heeft twee subdoelen. Het eerste is om bij locaties met relatief grote afwijkingen in het verschil tussen meten en rekenen te onderzoeken of dit door de kwaliteit van de deklaag kan worden verklaard. Het tweede is om te onderzoeken of de bij berekeningen gehanteerde gemiddelde akoestische kwaliteit uit het Reken- en Meetvoorschrift Geluid (RMG) overeenkomt met de werkelijke situatie. Hiermee worden de wegdekcorrectiefactoren op Rijkswegen ook gevalideerd (uitvoering art 11.33 lid 3 Wm).

<sup>1</sup> <https://www.rivm.nl/geluid/meten-berekenen-geluid/trendmetingen-geluid>

### *Metingen aan individuele passages van treinen*

Dit onderdeel kent enkele subdoelen. Het eerste is onderzoek te doen naar oorzaken van een afwijkend beeld op enkele locaties. Het tweede is om te onderzoeken of de emissies van treinen overeenkomen met wat verwacht wordt in het RMG. Deze metingen kunnen een signaalfunctie zijn om voor bepaalde treinen specifiek naar emissies te kijken. Het gemiddelde verschil tussen meten en rekenen voor spoorgeluid is gering. Daarom wordt reeds aangenomen dat uit de meetresultaten blijkt dat in berekeningen wordt uitgegaan van de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de spoorweg (art 11.33 lid c Wm).

### *Leeswijzer*

Deze rapportage is opgesplitst in de verschillende deelonderzoeken. In hoofdstuk 2 lichten we de algemene meetmethode toe. Dan volgen in de hoofdstukken 3 t/m 5 de deelonderzoeken Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van individuele passages van motorvoertuigen, Monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen, en Metingen aan individuele passages van treinen. Elk van de hoofdstukken 3 t/m 5 kent een onderverdeling in methoden, resultaten en conclusie.

## 2 Algemene meetmethode

Bij de metingen worden de richtlijnen uit ISO 1996-2 [ISO2017] aangehouden. In afwijking van ISO 1996-2 wordt voor de metingen gebruik gemaakt van klasse 2<sup>2</sup> geluidmeters. Deze meters worden gekalibreerd door voor en na elke meetperiode gedurende 15 minuten een simultaanmeting uit te voeren met een klasse 1 meter. Deze klasse 1 meter wordt gekalibreerd met een kalibratieapparaat (Casella Cel 120, 94 dB, 1kHz).

### 2.1 Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de gemeten geluidemissie is in deze onderzoeken afhankelijk van verschillende factoren, zoals het type meetapparatuur, de duur en locatie van de meetperiode, en de invloed van stoorbronnen als windruis en andere omgevingsgeluiden. De internationale standaard [IEC2002] stelt tolerantiegrenzen van geluidmeters per frequentie. Bij 1.000 Hz bedraagt de toelaatbare tolerantie  $\pm 1.5$  dB(A) voor klasse 2 apparatuur. In de praktijk komt dit voor een breedbandig, A-gewogen geluidniveau neer op een onzekerheid van maximaal  $\pm 2$  dB(A). Door regelmatig te kalibreren, wordt de onzekerheid van de meetapparatuur ingeperkt. Deze zal daardoor in werkelijkheid aanzienlijk kleiner zijn.

<sup>2</sup> Geluidmeters zijn ingedeeld in klassen volgens IEC 61672. Een klasse 2 meter kent minder strenge eisen voor nauwkeurigheid dan een klasse 1 meter, maar is wel een stuk goedkoper.





### 3 Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van individuele passages van motorvoertuigen

Het doel van deze monitoring is om te zien of emissies van motorvoertuigen door de tijd heen veranderen. Dit is belangrijk, omdat daarmee kan worden bepaald of de emissiefactoren in het reken- en meetvoorschrift [RMG2012] nog steeds voldoen. Een direct voorbeeld is de aanpassing van geluidemissionormen van banden. Zien we dit terug in de gemeten emissies van motorvoertuigen?

#### 3.1 Methoden

In het reken- en meetvoorschrift [RMG2012] worden drie voertuigcategorieën onderscheiden: lichte, middelzware en zware motorvoertuigen. Voor deze monitoring volgen we de gemiddelde geluidemissie van de drie categorieën door de tijd heen. Dit doen we door in samenwerking met de provincie Gelderland gelijktijdig geluidmetingen en verkeerstellingen uit te voeren. De verkeerstellingen zijn door middel van tellus-registratie uitgevoerd.

De meetlocaties zijn gekozen op wegen waar het referentiewegdek - dicht asfaltbeton (DAB) - in redelijke onderhoudstoestand aanwezig is. Daarnaast is er op deze locaties ook verkeersinformatie beschikbaar. Omdat gemeten geluidniveaus op verschillende locaties van elkaar kunnen afwijken, zijn metingen op meerdere locaties noodzakelijk om tot een goed gemiddelde te komen. Daarnaast worden de geluidmeters voor en na de meting gekalibreerd. De meetlocaties bevinden zich langs de:

- N309 bij Elburg;
- N320 bij Beusichem;
- N301 bij Nijkerk;
- N304 bij Otterlo;
- N322 bij Zaltbommel.

Op de locaties worden de gemeten geluidniveaus via een tellus aan de individuele voertuigpassages gekoppeld. Een voorbeeld van een meetopstelling is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 De meetopstelling langs de N309 bij Elburg.

### 3.1.1

#### *Dataverzameling*

Per locatie wordt tweemaal per jaar gemeten: een week in het voorjaar en een week in het najaar. Tijdens deze perioden ligt de temperatuur overdag meestal tussen de 10 en 20°C, zijn er geen heel koude nachten en valt er relatief weinig neerslag. Metingen die zijn gedaan tijdens neerslag of bij een windsnelheid van meer dan 5 m/s worden niet meegenomen in dit onderzoek.

De geluidmeters meten per seconde het energetisch gemiddelde geluidniveau (LAeq in dB(A)). Om in de geluidsdata individuele voertuigpassages te herkennen, worden er uit de data pieken geselecteerd die voldoen aan een aantal voorwaarden:

- De LAeq-waarden binnen een piek moeten minimaal 3 seconden voor het maximale niveau stijgen en 2 seconden na het maximale niveau dalen;
- Een piek moet minimaal 4 en maximaal 11 seconden duren;
- De LAeq-waarden in de piek moeten groter zijn dan 60 dB;
- De LAeq-waarden in een piek moeten groter zijn dan het voortschrijdende gemiddelde van + 5 dB;
- De maximale waarde van een piek moet minimaal 65 dB zijn;
- Een piek wordt meegenomen als er minimaal 5 seconden tussen de vorige en eerstvolgende piek zit.

Van elke piek in de geluidsdata wordt de *Sound Exposure Level*<sup>3</sup> (SEL) bepaald. Dit geeft de totale geluidenergie van elke passage.

<sup>3</sup> Een Sound Exposure Level is een maat voor geluid van een gebeurtenis. Alle geluidenergie van die gebeurtenis (zoals een treinpassage) wordt opgeteld en gemiddeld over 1 seconde. In dit geval met een meetwaarde per seconde worden alle achtereenvolgende meetwaarden behorende bij een gebeurtenis bij elkaar opgeteld om de SEL te bepalen.

De tellussen bij de meetlocaties registreren het tijdstip, de snelheid en de totale lengte van passerende voertuigen. Uit deze data worden individuele passages geselecteerd. Dit is gedefinieerd als een voertuigpassage waarbij én minimaal 6 seconden voor én 6 seconden na de passage geen ander voertuig de tellus op één van de twee rijstroken passeert.

Uiteindelijk worden de geluidpieken gekoppeld aan de individuele passages. Een koppeling is valide als er zowel een piek in de geluiddata als in de tellusdata zit, en het tijdsverschil tussen deze pieken kleiner is dan 3 seconden.

### 3.1.2 Indeling voertuigcategorieën

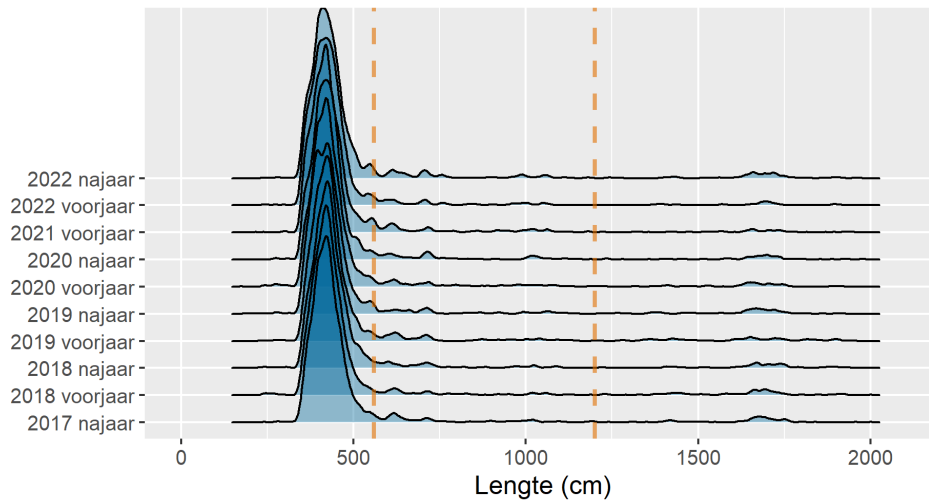
De tellussen registreren van elke passage de lengte (voorste tot laatste as) van het passerende voertuig. Deze lengte wordt gebruikt om het passerende voertuig in te delen in een voertuigcategorie. In Tabel 1 is de indeling weergegeven.

*Tabel 1 Indeling passages in voertuigcategorieën aan de hand van de lengte van de voertuigen.*

<b>Voertuigcategorie</b>	<b>Lengte min. (m)</b>	<b>Lengte max. (m)</b>
<b>Lichte mvt</b>	2,0	5,6
<b>Middelzware mvt</b>	5,6	12,0
<b>Zware mvt</b>	12,0	30,0

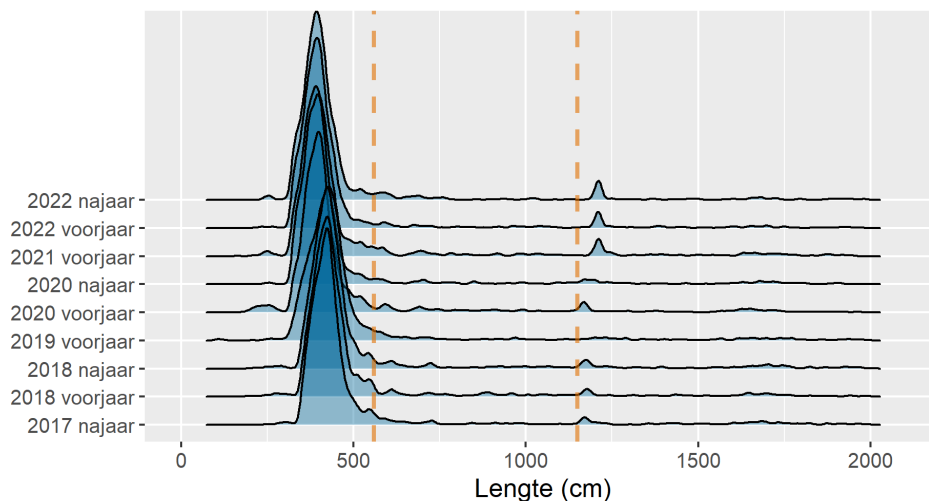
De indeling in het reken en meetvoorschrift is gebaseerd op gewicht, waarbij alle voertuigen <3.5 ton onder lichte motorvoertuigen vallen. Voor middelzware voertuigen geldt vervolgens dat het voertuig een enkele achteras heeft. Een zwaar motorvoertuig heeft een dubbele achteras. Hierdoor kan het incidenteel voorkomen dat een voertuig dat is ingedeeld op basis van lengte in de verkeerde voertuigcategorie terecht komt.

Figuur 2 geeft de relatieve verdeling weer van de voertuiglengtes bij de meetlocatie Beusichem over de periode 2017-2022. De oranje stippellijnen geven de grenzen van de voertuigcategorieën aan.



*Figuur 2 Lengteverdeling voertuigpassages bij meetlocatie Beusichem in de periode 2017-2022. De oranje stippellijnen geven de grenzen aan van de verschillende voertuigcategorieën: licht (<5,6 m), middelzwaar (5,6 m en <12 m) en zwaar (>12 m).*

In Figuur 2 is te zien dat de relatieve verdeling door de jaren heen over het algemeen hetzelfde is. Dit geldt voor vier van de vijf meetlocaties. Bij de meetlocatie Otterlo is de verdeling door de jaren heen echter iets verschoven. Dat is in Figuur 3 te zien.



*Figuur 3 Lengteverdeling voertuigpassages bij de meetlocatie Otterlo in de periode 2017-2022. De oranje stippellijnen geven de grenzen aan van de verschillende voertuigcategorieën: licht (<5,6 m), middelzwaar (>5,6 m en <12 m) en zwaar (>12 m).*

Figuur 3 geeft de relatieve verdeling van de voertuiglengtes over de periode 2017-2022 bij de locatie Otterlo weer. In Figuur 3 is goed te zien dat de piek met lichte voertuigen vanaf 2019 iets is verschoven naar links (kleinere voertuiglengte). Daarnaast is in Figuur 3 te zien dat de piek rond de grens middelzware en zware motorvoertuigen vanaf 2021 iets is verschoven naar rechts (grotere voertuiglengte). Op deze locatie is op 19 februari 2019 een andere teller geplaatst, en op 7 april

2021 is er vervolgens een nieuwe teller gekomen. Dit zou de verschuiving van de verdeling van de voertuiglengtes kunnen verklaren, omdat er mogelijk een kleine afwijking in de verschillende tellers zit<sup>4</sup>. Om de piek van de middelzware voertuigen voor alle jaren in de middelzware voertuigcategorie mee te nemen, hebben we voor deze locatie de grens tussen middelzware en zware motorvoertuigen voor alle meetjaren verplaatst van 12 meter naar 12,4 meter.

### 3.1.3 *Dataverwerking*

Met bovenstaande analyses is gefilterd op individuele passages, waarbij van elke passage gegevens over rijbaan, voertuigcategorie, rijsnelheid en SEL bekend zijn. Om te kunnen zien wat de trend in emissies is en om de locaties met elkaar te kunnen vergelijken, zijn deze SEL-waarden omgerekend naar een A-gewogen equivalente bronvermogensniveau ( $\alpha$ ) per voertuigcategorie bij de referentiesnelheid (80 km/uur voor lichte motorvoertuigen en 70 km/uur voor middelzware en zware motorvoertuigen), zoals gedefinieerd in het Reken- en Meetvoorschrift Geluid (RMG) en de Omgevingsregeling onder de Omgevingswet [IPLO2023].

Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau ( $\alpha$ ) wordt bepaald met een logaritmische regressie door de gemeten SEL. Daarbij worden eerst enkele correcties toegepast op deze SEL-waarden. Hierbij is dezelfde methodiek aangehouden als in het onderzoek ter bepaling van emissiekentallen voor het rekenen onder de Omgevingswet [TNO2022]. De volgende correcties worden toegepast:

- Correctie voor de overdracht;
- Temperatuurcorrectie;
- Correctie voor verschil tussen energetisch en lineair gemiddelde.

#### *Correctie voor de overdracht*

De correctie voor de overdracht wordt berekend door met een SRM2 model voor lichte motorvoertuigen het verschil tussen het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau ( $\alpha$ ) en het berekende immissieniveau te bepalen. Dit wordt voor iedere rijlbaan apart gedaan. Er wordt hier vervolgens een empirische correctie<sup>5</sup> van 2,45 vanaf gehaald.

Op basis hiervan is er per rijbaan en per locatie een correctieterm om van een SEL bij de referentiesnelheid tot het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau ( $\alpha$ ) te komen. Zie Tabel 2. Er is één overdrachtscorrectieterm gehanteerd voor alle drie de voertuigcategorieën. Die is gebaseerd op het bronvermogensniveau van lichte motorvoertuigen (105,16 dB). Voor de verdere analyse worden de overdrachtscorrecties bij de SEL-waarden opgeteld.

<sup>4</sup> Interne communicatie Provincie Gelderland (d.d. 16-11-2022)

<sup>5</sup> Er wordt een empirische correctie toegepast omdat het rekenvoorschrift de overdracht op korte afstanden niet goed beschrijft. Deze empirische correctie is afhankelijk van de frequentie. Bij een immissiespectrum zoals berekend met het rekenvoorschrift is dit 2,45dB op het totaalniveau.

Tabel 2 Overdrachtscorrectie in dB voor de verschillende locaties en rijbanen.

Locatie	Rijbaan	Berekende immissie	Overdrachts- correctie
<b>Beusichem</b>	dichtbij	78,92	23,8
	veraf	77,10	25,6
<b>Elburg</b>	dichtbij	79,12	23,6
	veraf	77,50	25,2
<b>Nijkerk</b>	dichtbij	79,34	23,4
	veraf	75,77	26,9
<b>Otterlo</b>	dichtbij	79,69	23,0
	veraf	77,83	24,9
<b>Zaltbommel</b>	dichtbij	78,32	24,4
	veraf	76,65	26,1

#### Temperatuurcorrectie

Naast een overdrachtscorrectie wordt ook een temperatuurcorrectie toegepast. Deze is gelijk aan  $T_{corr} \cdot (20 - T_{ref})$  met  $T_{corr} = 0,05$  voor lichte motorvoertuigen en  $0,03$  voor (middel)zware motorvoertuigen. Als referentietemperatuur ( $T_{ref}$ ) is  $11$  graden aangehouden, wat overeenkomt met de jaargemiddelde temperatuur in de Bilt. Dit is tevens de temperatuur die in de Omgevingsregeling wordt gehanteerd voor de bepaling van emissiekentallen.

#### Correctie voor energetisch en lineair gemiddelde

Bij het bepalen van de emissiekentallen in het RMG en de Omgevingsregeling is een correctie toegepast vanwege het verschil tussen een energetisch en een lineair gemiddelde. De reden daarvoor is dat het bepalen van de regressielijn tussen snelheid en gemeten geluidniveau is gebaseerd op een lineair (rekenkundig) gemiddelde. Bij het meten en berekenen van het equivalente geluidniveau van een verkeersstroom wordt uitgegaan van een energetisch gemiddelde van de voertuigpassages. Voor dit verschil worden de meetwaarden gecorrigeerd. De spectrale correctiewaarden uit het rapport van TNO [TNO2022] zijn toegepast op de berekende immissiespectra om tot een correctiewaarde in dB(A) te komen. Deze correctiewaarde is snelheidsafhankelijk en gelijk aan  $c_1 + c_2 \cdot \ln(v)$  waarbij voor C1 en C2 de correctietermen uit Tabel 3 worden toegepast.

Tabel 3 Correctietermen voor verschil energetisch en algebraïsch middelen

Coëfficiënt	Lichte mvt	Middelzware mvt	Zware mvt
<b>C1</b>	3,69	1,15	2,84
<b>C2</b>	-0,245	0,46	-0,071

#### Verdere dataverwerking

Uit de regressieanalyse van de gecorrigeerde SEL-waarden volgt per locatie een term  $\alpha$  en een snelheidsafhankelijke term  $\beta$ . De term  $\alpha$  wordt hier verder gebruikt in de presentatie van de resultaten. Voor de term  $\beta$  is het gemeten snelheidsbereik beperkt vergeleken met de metingen die ten grondslag liggen aan emissiekentallen. Hierdoor is de onzekerheid in die term relatief groot.

De dataverwerking in dit rapport is fundamenteel anders dan in eerdere rapportages. In dit rapport wordt de methodiek gebruikt die ten

grondslag ligt aan de emissiegetallen zoals deze onder de Omgevingswet gaan gelden. Zo is er een correctie voor energetisch en algebraïsch gemiddelde gebruikt, is de referentietemperatuur 11 graden Celsius en is een empirische correctie toegepast. In de eerdere rapportages werd deze methode niet toegepast, en zijn de emissies op een eenvoudigere manier berekend. Het voordeel van de nieuwe methode is dat een vergelijking met de voorgeschreven emissiewaarden mogelijk is. De ruwe meetdata van eerdere jaren zijn volgens deze methode opnieuw geanalyseerd, zodat trends goed te volgen zijn. Dit heeft verder tot gevolg dat de gepresenteerde getallen zullen afwijken van waarden die in eerdere rapporten zijn gepresenteerd.

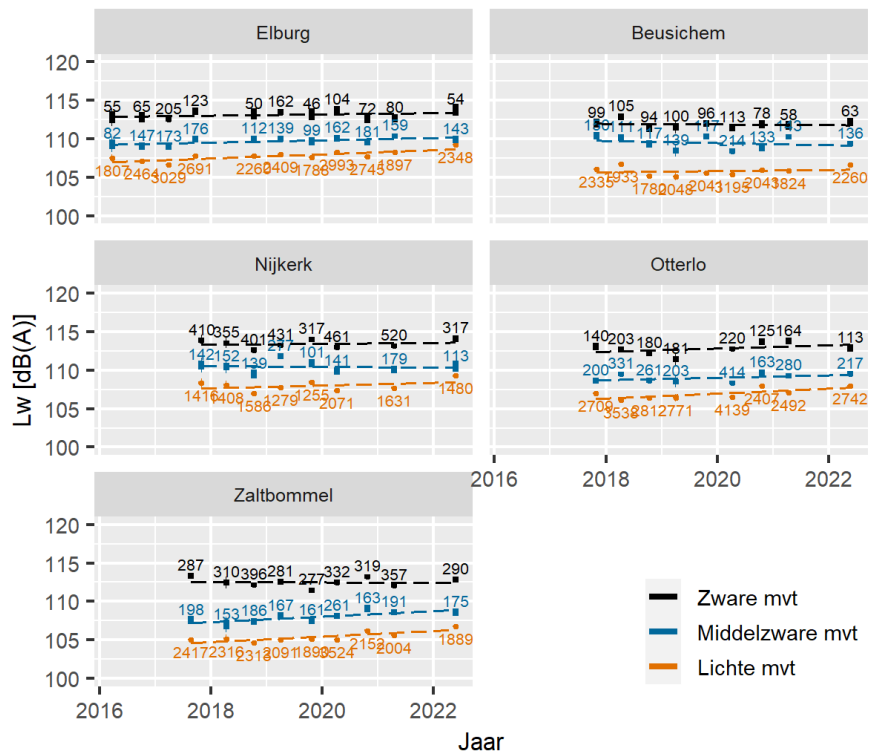
### 3.2 Resultaten

Bij de meetlocatie Elburg is vanaf voorjaar 2016 gemeten, en bij de meetlocaties Beusichem, Nijkerk, Otterlo en Zaltbommel vanaf najaar 2017. Bij alle meetlocaties zijn in het najaar van 2021 geen geluidemissies bepaald. De tellusdata waren in deze periode op alle meetlocaties niet beschikbaar. Bij de meetlocatie Nijkerk zijn in het najaar van 2020 geen geluidvermogens bepaald vanwege een defecte geluidmeter. Bij de meetlocatie Otterlo was dit in het najaar van 2019 het geval.

Figuur 4 geeft de resultaten voor alle meetlocaties. De figuur wijkt iets af ten opzichte van eerdere rapportages, omdat de methode om data te koppelen is verbeterd. Deze methode is met terugwerkende kracht toegepast op eerder geanalyseerde data.

Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau is per voertuigcategorie over de periode 2016-2022 weergegeven. In de figuur zijn ook de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weergegeven. Trends zijn gevisualiseerd door het toepassen van een lineaire fit (zie stippellijnen). Het aantal waarnemingen is bij de meetpunten genoteerd.

Voor de exacte waarde van de gemiddelden, bijbehorende standaarddeviaties en betrouwbaarheidsintervallen wordt verwezen naar Bijlage 1 Overzicht bronvermogens voertuigpassages.



Figuur 4 A-gewogen equivalente bronvermogensniveau per halfjaar, gemeten per voertuigtype bij de locaties Elburg (N309), Beusichem (N320), Nijkerk (N301), Otterlo (N304) en Zaltbommel (N332) over de periode 2016-2022. De getallen geven het aantal gemeten passages weer.

Tabel 4 geeft voor alle meetlocaties en per voertuigcategorie het verschil in bronemissie per jaar, gebaseerd op een lineaire regressie over de tijd van de gemeten bronvermogensniveaus. Ook is het gemiddelde over de vijf locaties weergegeven.

Tabel 4 Verandering bronvermogensniveaus per jaar bij de verschillende meetlocaties en verschillende voertuigcategorieën bij de referentiesnelheid (80 km/uur voor lichte motorvoertuigen en 70 km/uur voor middelzware en zware motorvoertuigen). De gemiddelde verandering per voertuigcategorie is onderaan de tabel weergegeven.

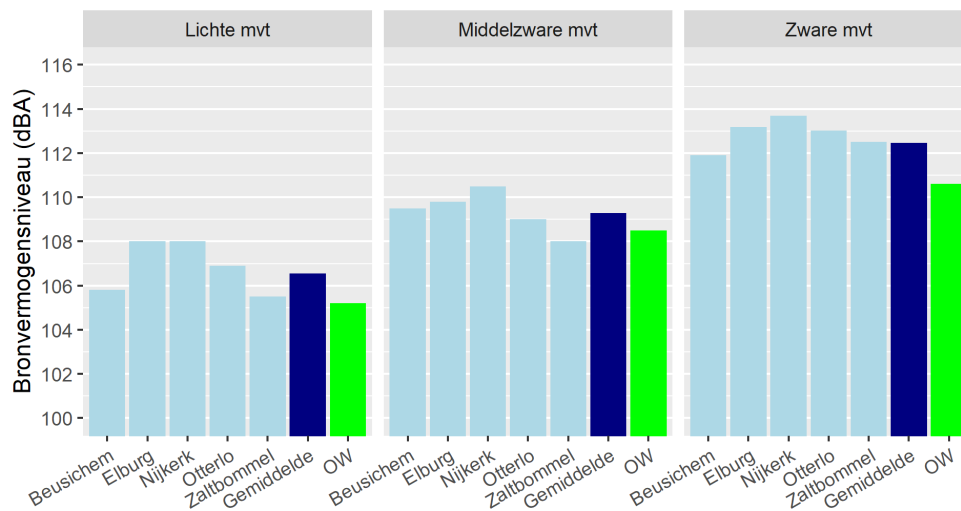
Locatie	Lichte mvt [dB/jaar]	Middelzware mvt [dB/jaar]	Zware mvt [dB/jaar]
Elburg	0,26	0,04	0,06
Beusichem	0,08	-0,12	-0,05
Nijkerk	0,18	-0,05	0,13
Otterlo	0,35	0,21	0,21
Zaltbommel	0,36	0,33	-0,02
<b>Gemiddeld</b>	<b>0,24</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>

Gemiddeld is het geluidvermogen van lichte motorvoertuigen bij alle meetlocaties met een kwart dB per jaar toegenomen. Over de meetperiode van zes jaar is dit een toename van 1,5 dB. Een dergelijk grote toename zien we niet terug bij middelzware en zware motorvoertuigen. Daar zijn de bronemissies ongeveer gelijk gebleven.



Mogelijk is de conditie van de deklaag in die periode achteruitgegaan. Dit is met name van invloed op licht verkeer.

De bronemissies halverwege de periode (2020) zijn bepaald door een lineaire regressie van de bronemissies door alle jaren. Deze zijn weergegeven in Figuur 5. Daarbij zijn ook de bronvermogensniveaus opgenomen zoals die onder de Omgevingswet gaan gelden.



Figuur 5 A-gewogen equivalente bronvermogensniveaus in 2020 voor de vijf locaties; het gemiddelde hiervan; en de bronvermogens onder de Omgevingswet (OW).

Figuur 5 laat een spreiding van circa 2 dB zien tussen de gemeten bronvermogensniveaus (met name bij licht verkeer is dit verschil zichtbaar). Deze in de steekproef gemeten bronvermogensniveaus zijn gemiddeld iets hoger dan de bronvermogensniveaus die zijn opgenomen in de omgevingsregeling. De bronvermogens uit de omgevingsregeling zijn op basis van (andere) metingen uit 2020 bepaald, waardoor het peiljaar voor de waarden uit de figuur hetzelfde is.

### 3.3

#### Discussie

Uit de metingen blijkt dat de afgelopen jaren geen afname van emissie is geconstateerd op de locaties van de steekproef. Eén van de aspecten op grond waarvan er wellicht wel een afname te verwachten zou zijn geweest volgt uit een eerdere studie [MAA2016] naar de innovatie in rolgeluid bij banden. Daarin zijn twee mogelijke scenario's doorberekend. Het meest optimistische scenario verwacht dat rond 2030 de geluidemissie met gemiddeld 1,5 dB(A) (lichte motorvoertuigen) en 3 dB(A) (zware motorvoertuigen) is afgenomen. De conclusies uit dit onderzoek naar rolgeluid zouden kunnen verklaren waarom er in het algemeen een afname is te zien in geluidemissie bij zware motorvoertuigen. Daarentegen is een afname in de geluidemissie bij lichte motorvoertuigen in onderzoek niet gevonden. Er lijkt zelfs een tegengestelde beweging zichtbaar. Recent is een studie gedaan waarin is gekeken of de auto in de afgelopen 40 jaar stiller is geworden. Hieruit blijkt dat de personenauto, behalve bij de laagste snelheden, meer

geluid is gaan produceren. De verklaring hiervan moet worden gevonden in de toename van het bandengeluid. Het Nederlandse wagenpark is in de afgelopen jaren namelijk zwaarder en krachtiger geworden. Om die massa veilig over de weg te begeleiden, zijn de banden steeds breder geworden. Hierdoor treedt per definitie een toename van het bandengeluid op [Baker2022].

De hier gemeten bronvermogensniveaus lijken wat hoger te zijn dan de bronvermogensniveaus die in de Omgevingsregeling staan. Voor de meetlocaties geldt dat niet bekend is of het DAB zich in representatieve kwaliteit bevindt. Bij de metingen waren de meetafstanden tot de weg en de hoogtes van de microfoon iets anders dan bij de bepaling van de emissiekentallen. Hierdoor kan een systematische afwijking in de empirische correctie zijn ontstaan. In het onderzoek is de indeling in voertuigcategorie gebaseerd op lengte in plaats van op gewicht, waardoor het mogelijk is dat voertuigen in een verkeerde categorie worden geplaatst. Deze metingen hebben dan ook vooral een signaalfunctie.

### **3.4 Conclusie**

In de afgelopen jaren zijn de gemeten bronvermogensniveaus voor met name lichte motorvoertuigen gestegen. Voor middelzware en zware motorvoertuigen zijn de bronvermogensniveaus redelijk gelijk gebleven. De metingen geven geen aanwijzingen dat bronbeleid (stillere banden) leidt tot een gemiddeld lagere bronvermogensniveaus van motorvoertuigen.

Verder blijkt dat de op deze locaties gemeten bronvermogensniveaus gemiddeld iets hoger zijn dan de recent voor de Omgevingsregeling bepaalde bronvermogensniveaus. Dit kan aan het wegdek ter plaatse van de meetlocatie liggen, of aan de iets ander geometrie van de meetlocaties vergeleken met de standaard-geometrie die bij metingen wordt gehanteerd om emissiekentallen vast te stellen.

## 4 Monitoring van de akoestische kwaliteit van deklagen

Het doel van deze metingen is om de akoestische kwaliteit van deklagen te bepalen. De akoestische kwaliteit wordt uitgedrukt in geluidreductie. Hoe meer geluidreductie, hoe beter de akoestische kwaliteit. De akoestische kwaliteit is afhankelijk van het type en de leeftijd van het wegdek. Een pas aangelegde deklaag geeft meer geluidreductie dan een deklaag die intensief is bereden.

### 4.1 Methoden

#### 4.1.1 *Bepaling geluidreductie uit wegdekmetingen*

De bezoeken van de meetlocaties van het Trendmeetnet Geluid worden gebruikt voor wegdekmetingen. Hierbij wordt het geluidniveau onder het chassis gemeten. De microfoon bevindt zich in de velg van het reservewiel, dat tussen de achterwielen aan het chassis is bevestigd. Doordat de microfoon in het reservewiel zit, vangt deze zo min mogelijk wind. Hierdoor kan het contactgeluid van de band met het wegdek direct worden geregistreerd, zonder de invloed van stoorgeluid zoals passerend verkeer. De geluidmeter meet per seconde het gemiddelde geluidniveau (1-seconden samples in dB(A), ofwel  $Leq_{1s}$ ). De meetwaarden worden gecorrigeerd naar een geluidniveau bij een referentiesnelheid van 100 km/uur en een referentietemperatuur van 20 °C volgens:

$$LEQ100 = Leq_{1s} - 25 \cdot \lg\left(\frac{v}{100}\right) + C_{temp} \cdot (T - 20)$$

Met  $v$  de snelheid in km/uur;  $C_{temp}=0,05$  (overeenkomstig de waarde voor lichte motorvoertuigen) en  $T$  de temperatuur in graden Celsius.

Voor het bepalen van de geluidreductie wordt een DAB-wegdek als referentie aangehouden. De geluidreductie is dan het verschil tussen de LEQ100 van een DAB-wegdek en de gemeten LEQ100. Onze wegdekmetingen leveren een LEQ100 van  $100 \pm 1$  dB(A) bij een DAB-wegdek. Dit is onze referentiewaarde. Dat betekent dat voor onze metingen de gemeten geluidreductie gelijk is aan  $100 - LEQ100$ .

Tijdens de bezoeken van de meetlocaties van het Trendmeetnet Geluid wordt gelijktijdig ook de positie van het voertuig gemeten, zodat de metingen aan locaties kunnen worden gekoppeld.

#### 4.1.2 *Geluidreductie bij Trendmeetnetlocaties*

Voor dit onderzoek kijken we naar de Trendmeetlocaties met een grote afwijking tussen meten en rekenen voor het jaar 2020. In 2020 was het gemiddelde verschil tussen meten en rekenen over alle meetlocaties 2,8 dB. Daarbij week voor zeven meetlocaties het verschil tussen meten en rekenen meer dan 3 dB af van dit gemiddelde verschil van 2,8 dB. Het gaat dan dus om die locaties waarbij het verschil tussen meten en rekenen minder dan -0,2 dB of meer dan 5,8 dB bedroeg. Dit zijn de meetlocaties Beesd, Zevenaar, Benningbroek, Delft, Hoorn, Maassluis en Oud Gastel. Zie Tabel 5 voor een overzicht van de waarden.

Tabel 5 Gemeten (GPM) en berekende (GPR) jaargemiddelde geluidproductie ter hoogte van het referentiepunt voor het jaar 2020, en het verschil  $\Delta$  tussen GPM en GPR voor die meetlocaties waarbij het verschil tussen meten en rekenen ( $\Delta$ ) meer dan 3 dB afwijkt van het gemiddelde verschil over alle meetlocaties voor het jaar 2020 (2,8 dB). Waarden in dB.

Meetlocatie	GPM	GPR	$\Delta$	$\Delta - 2,8$ dB
<b>Beesd (A2)</b>	71,5	64,4	7,1	4,3
<b>Zevenaar (A12)</b>	75,7	69,0	6,7	3,9
<b>Benningbroek (A7)</b>	64,3	64,9	-0,6	-3,4
<b>Delft (A4)</b>	61,7	62,0	-0,3	-3,1
<b>Hoorn (A7)</b>	67,2	67,8	-0,6	-3,4
<b>Maassluis (A20)</b>	67,0	68,4	-1,4	-4,2
<b>Oud Gastel (A17)</b>	64,1	64,8	-0,7	-3,5

Bij de meetlocaties uit Tabel 5 ligt een wegdek van ZOAB of tweelaags ZOAB fijn (ZOABTF). De wegdekcorrectiefactoren  $C_{\text{wegdek}}$  zijn 1,7 voor ZOAB en 6,4 voor ZOABTF [InfoMil]. Dit betekent dus dat in de berekening van de jaargemiddelde geluidproductie een reductie van 1,7 dB (ZOAB) of 6,4 dB (ZOABTF) mag worden meegenomen.

Door nu te kijken naar het verschil tussen de gemeten geluidreductie en de  $C_{\text{wegdek}}$  uit de berekeningen, en dit te vergelijken met de afwijking van het verschil tussen meten en rekenen ( $\Delta$ ) en het gemiddelde verschil over alle meetlocaties (2,8 dB), kunnen we een uitspraak doen over de vraag of de gevonden afwijking kan worden verklaard door de akoestische kwaliteit van de deklaag ter plaatse. Wanneer deze waarden dicht bij elkaar liggen, is de akoestische kwaliteit van de deklaag ter plaatse waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak voor de gevonden afwijking.

Voor de bepaling van de geluidreductie bij Trendmeetnetlocaties zijn de gemeten LEQ100-waarden binnen 100 meter van een Trendmeetnetlocatie gemiddeld. Hierbij zijn de metingen van 2019 en 2020 gebruikt. Er is gefilterd op rijsnelheden tussen 90 km/u en 110 km/u.

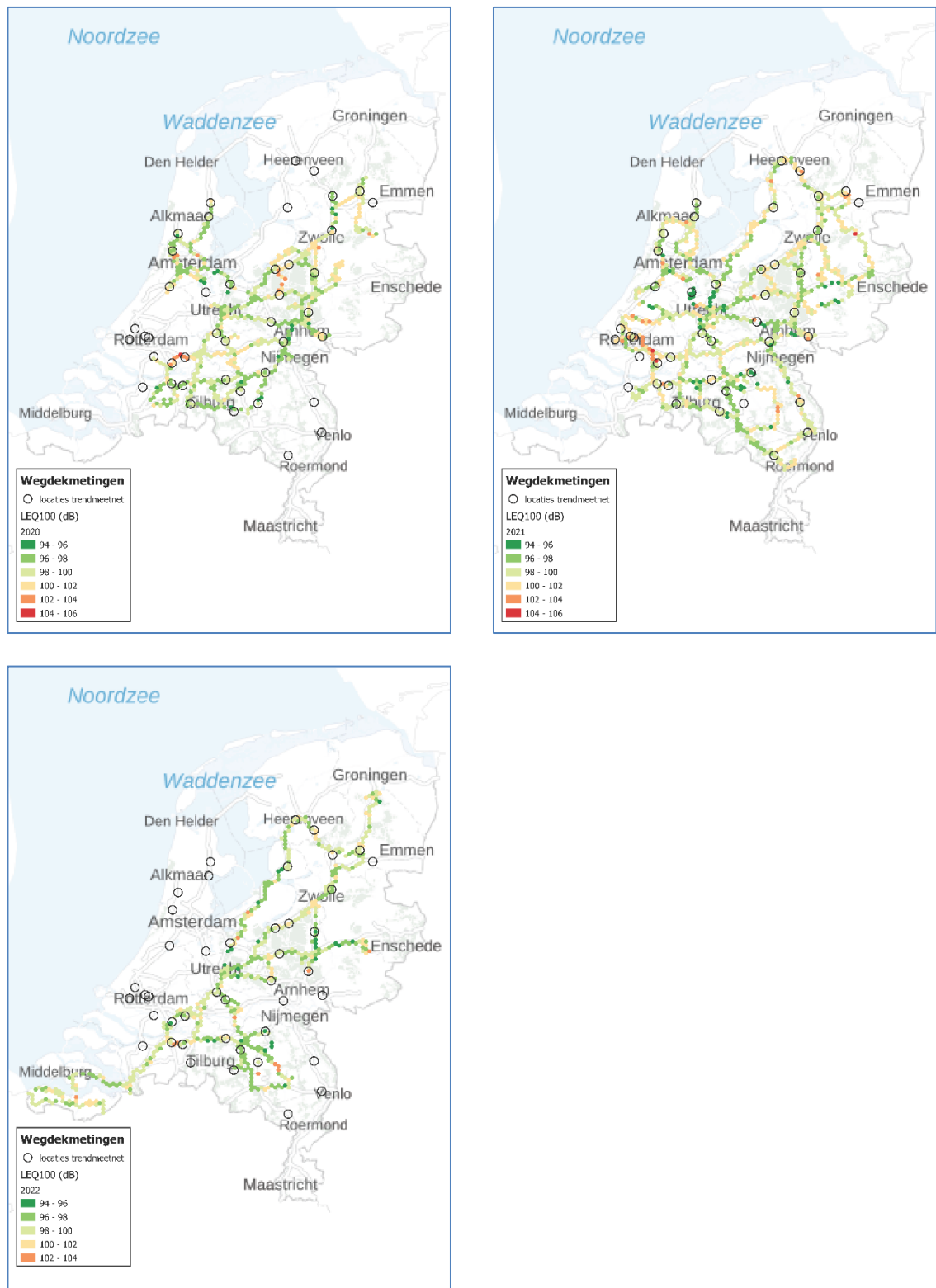
#### 4.1.3 *Vergelijking gemeten geluidreductie met geluidreductie uit berekeningen*

In de berekeningen wordt uitgegaan van de gemiddelde geluidreductie over de technische levensduur van de weg ( $C_{\text{wegdek}}$ ). Om de gemeten geluidreductie te vergelijken met de geluidreductie uit de berekeningen is het daarom belangrijk om voor elke meting type en leeftijd van het wegdek te weten. Dit doen we door deze via de hectometrering uit het Nationaal Wegenbestand te koppelen aan het overzichtsbestand wegdekonderhoud. Voor deze koppeling gaan we uit van de rechter rijstrook. In werkelijkheid is niet altijd op de rechter rijstrook gereden. Voor de wegdekmetingen zijn de metingen van 2019 en 2020 gebruikt. Hierbij is gefilterd op rijsnelheden tussen 90 km/u en 110 km/u. Voor het overzichtsbestand wegdekonderhoud is het bestand met peildatum januari 2021 gebruikt, zoals dat van Rijkswaterstaat is ontvangen. Voor  $C_{\text{wegdek}}$  hanteren we de wegdekcorrecties uit de Omgevingsregeling [IPLO2023].

## **4.2 Resultaten**

### **4.2.1** *Landelijk beeld emissie wegdekken*

In Figuur 6 presenteren we het landelijk beeld emissie wegdekken voor de jaren 2020, 2021 en 2022. Waarden zijn gemiddelden voor dat jaar. We zien waarden tussen 94dB en 106dB. Dit betekent dat de gemeten geluidreducties variëren tussen +6dB en -6dB.



Figuur 6 Gemiddelde LEQ100-waarden voor de jaren 2020, 2021 en 2022. De cirkels geven de Trendmeetnetlocaties aan.

4.2.2 *Geluidreductie van wegdekken bij Trendmeetlocaties met grote afwijking*  
Tabel 6 geeft voor de meetlocaties uit Tabel 5 de eigenschappen van de weg (wegdektype en bijbehorende wegdekcorrectiefactor  $C_{\text{wegdek}}$ ), de gemeten LEQ100 en de daaruit volgende gemeten geluidreductie ( $=100 - \text{LEQ100}$ ), het verschil tussen de wegdekcorrectiefactor  $C_{\text{wegdek}}$  en de gemeten geluidreductie, en de afwijking van het verschil tussen meten en rekenen ( $\Delta$ ) met het gemiddelde verschil over alle meetlocaties (2,8 dB). Een vergelijking van de laatste twee geeft een indicatie of de akoestische kwaliteit van het wegdek een verklaring kan zijn voor de gevonden afwijking.

Tabel 6 Wegdektype6, wegdekcorrectiefactor  $C_{\text{wegdek}}$ , LEQ100, gemeten geluidreductie ( $=100-\text{LEQ100}$ ), verschil tussen wegdekcorrectiefactor  $C_{\text{wegdek}}$  en de gemeten geluidreductie, de afwijking van verschil tussen meten en rekenen ( $\Delta$ ) met het gemiddelde verschil (2,8dB), en het aanlegjaar van het wegdek (indien meerdere jaren zijn vermeld, dan betreft dit verschillende rijstroken) voor de Trendmeetnetlocaties met een grote afwijking (2020). De kolommen met dikgedrukte cijfers zijn de kolommen die met elkaar worden vergeleken. Waarden in dB.

Meetlocatie	Wegdektype	$C_{\text{wegdek}}$	LEQ100	Geluidreductie 100-LEQ100	$C_{\text{wegdek}}$ - geluidreductie	Afwijking $\Delta - 2,8$ dB	aanlegjaar
<b>Beesd (A2)</b>	ZOABTF	6,4	96,4	3,6	<b>3,8<sup>7</sup></b>	<b>4,3</b>	2010
<b>Zevenaar (A12)</b>	ZOAB	1,7	102,4	-2,4	<b>4,1</b>	<b>3,9</b>	2010/2005
<b>Benningbroek (A7)</b>	ZOAB	1,7	97,3	2,7	<b>-1,0</b>	<b>-3,4</b>	2019/2010
<b>Delft (A4)</b>	ZOABTF	6,4	-	-	-	<b>-3,1</b>	2019/2020
<b>Hoorn (A7)</b>	ZOAB	1,7	96,7	3,3	<b>-1,6</b>	<b>-3,4</b>	2013/2016
<b>Maassluis<sup>8</sup> (A20)</b>	ZOAB	1,7	94,4	5,6	<b>-3,9</b>	<b>-4,2</b>	2018/2019
<b>Oud Gastel (A17)</b>	ZOAB	1,7	100,3	-0,3	<b>2,0</b>	<b>-3,5</b>	2004/2006/2017

<sup>6</sup> ZOAB = Zeer Open Asfalt Beton; ZOABTF = tweelaags ZOAB fijn.

<sup>7</sup> In de gemiddelde afwijking van 2,8 dB uit de geluidmonitor zit een 'stille bandenaftrek' verwerkt van gemiddeld ongeveer 1dB. In berekeningen voor tweelaags ZOAB fijn wordt een 'stille bandenaftrek' van 2dB gehanteerd. Daarom is voor deze locatie een extra aftrek van 1 dB opgenomen.

<sup>8</sup> Bij Maassluis is alleen wegdekmeetdata aanwezig voor de Zuidbaan.



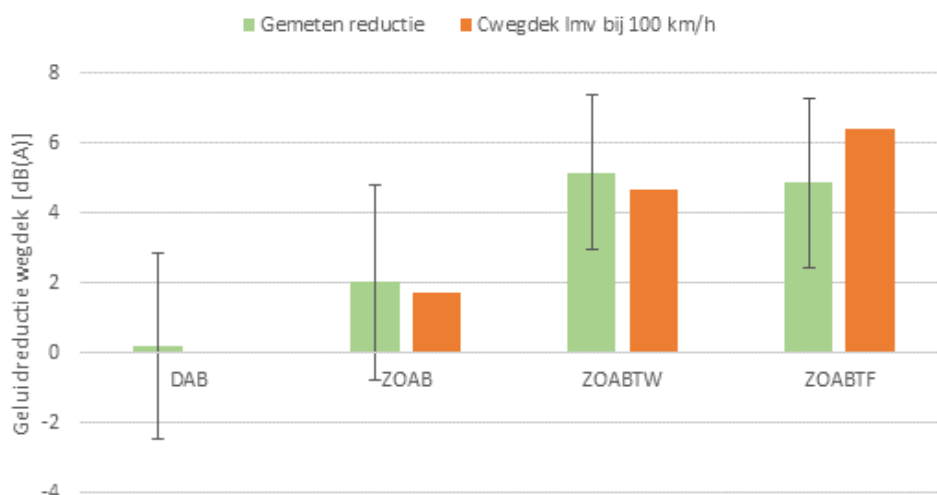
Voor bijna alle locaties liggen de waarden van het verschil tussen  $C_{\text{wegdek}}$  en de gemeten geluidreductie dicht bij elkaar, net als de afwijking van verschil tussen meten en rekenen ( $\Delta$ ) met het gemiddelde verschil (2,8dB). De akoestische kwaliteit van de deklaag lijkt daarmee voor deze locaties de voornaamste oorzaak van het afwijkende verschil tussen gemeten en berekende geluidproductie. Alleen de meetlocatie Oud Gastel laat een ander beeld zien. De gemeten geluidemissie van het wegdek is hier hoog, terwijl de gemeten geluidproductie lager is dan de berekende geluidproductie. De meetwaarde van het wegdek zelf is wel consistent met de leeftijd van de deklaag (2004/2006/2017). Hierbij geldt dat de rechterrijstrook in 2017 is voorzien van een nieuwe ZOAB-deklaag. Bij de metingen is slechts één rijstrook gemeten, naar alle waarschijnlijkheid de linkerrijstrook met aanlegdatum 2004. Het vernieuwen van één rijstrook in 2017 verklaart de relatief grote afwijking met het gemiddelde en de meetwaarde echter niet volledig.

Bij de meetlocatie Delft zijn in 2020 en 2021 geen wegdekmetingen gedaan. Hierdoor ontbreekt de gemeten geluidemissie van het wegdek (LEQ100). De deklaag bij de meetlocatie Delft is tweelaags ZOAB fijn met aanlegjaar 2019/2020, en daarmee jong. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de relatief lage waarde voor de gemeten geluidproductie.

#### 4.2.3

##### *Gemiddelde akoestische kwaliteit wegdekken in NL*

Figuur 7 toont de reductie (gemiddelde LEQ100 per wegdektype ten opzichte van de 100 dB(A) referentiewaarden) en de  $C_{\text{wegdek}}$  voor lichte motorvoertuigen bij 100 km/u. De standaarddeviaties zijn weergegeven met foutbalken.



*Figuur 7 Gemiddelde LEQ100 per wegdektype ten opzichte van de 100 dB(A) referentiewaarde voor DAB-wegdekken (groene staven) en de  $C_{\text{wegdek}}$  voor lichte motorvoertuigen bij 100 km/u (oranje staven). De standaarddeviaties zijn aangegeven met de foutbalken.*

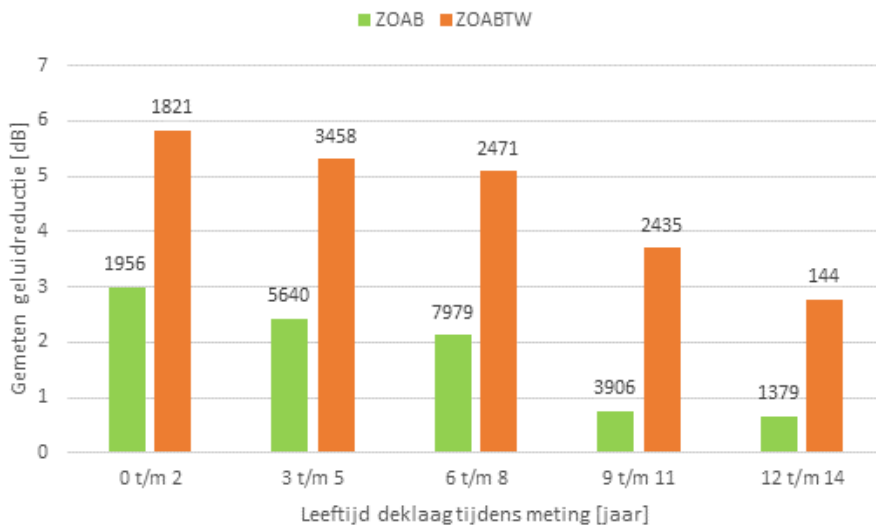
Te zien is dat de gemiddeld gemeten wegdekcorrectie goed overeenkomt met de wegdekcorrectieterm uit het rekenvoorschrift. Een uitzondering is ZOABTF. Daar is een vergelijkbare reductie gemeten als op normaal tweelaags ZOAB (ZOABTW). Er is echter nog relatief weinig

ZOABTF gemeten. Daarbij was circa 60% van het gemeten ZOABTF ongeveer 10 jaar geleden aangelegd. Wanneer naar recent aangelegd ZOABTF wordt gekeken, blijkt de gemeten geluidreductie gelijk te zijn aan 7,2dB.

#### 4.2.1

##### *Effect van veroudering op de akoestische kwaliteit van wegdekken*

In de gekoppelde dataset is ook de aanlegdatum van de rechterrijstrook bekend. Hiermee kan de geluidreductie als functie van leeftijd van de deklaag worden uitgezet. Dit is te zien in Figuur 8.



*Figuur 8 Gemiddelde gemeten geluidreductie (hoeveel lager is de LEQ100 ten opzichte van de 100 dB(A) referentiewaarde voor DAB-wegdekken). De getallen geven het aantal gemeten LEQ100 waarden aan.*

Hoewel de koppeling tussen aanlegdatum en meting niet overal correct zal zijn als niet op de rechterrijstrook is gereden, geeft bovenstaande toch een beeld van de akoestische veroudering van wegdekken. Voor zowel ZOAB als ZOABTW is de afname minimaal 0,2 dB per jaar. De onjuiste koppeling in sommige gevallen geeft een random ruis op de leeftijd van de deklaag. Om die reden is de waarde van 0,2 dB afname per jaar een ondergrens.

#### 4.3

##### **Conclusie**

Uit de wegdekmetingen blijkt dat de akoestische kwaliteit van de deklagen voor een groot deel afwijkingen in het verschil tussen meten en rekenen verklaart. Ook blijkt dat de gemiddelde geluidreductie van de deklagen landelijk gezien goed overeenkomt met de wegdekcorrectiefactoren in het reken- en meetvoorschrift. Er is gemiddeld geen ander verschil tussen meten en rekenen voor de ene deklaag of de andere.

Er kan worden geconcludeerd dat de wegdekken voldoen aan de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg (art 11.33 lid c Wm). Uit de wegdekmetingen blijkt verder dat geluidtoename door veroudering van ZOAB en tweelaags ZOAB minimaal 0,2 dB per jaar bedraagt.

## 5 Metingen aan individuele passages van treinen

Het doel van dit onderzoek is om nader te kijken naar gevonden verschillen tussen meten en rekenen. Dit is belangrijk omdat daarmee kan worden bepaald of gevonden afwijkingen zijn te verklaren uit het ingezette materieel en de conditie van het spoor. Dit is weer belangrijk om vast te stellen of het reken- en meetvoorschrift [RMG2012] nog steeds voldoet of dat er verbeteringen mogelijk zijn. Afwijkingen die hier niet mee kunnen worden verklaard, zijn interessant voor verder onderzoek, om zo beter te begrijpen waardoor verschillen kunnen ontstaan.

### 5.1 Methoden

De geluidproductie van hoofdspoorwegen is afhankelijk van het ingezette materieel, de intensiteit en de snelheid van het treinverkeer, de conditie van het spoor, en meteorologische condities. De verschillende typen treinen zijn ingedeeld in categorieën. Elke treincategorie heeft eigen correctiefactoren in het rekenvoorschrift [RMG2012]. Voor dit onderzoek koppelen we geluidmetingen aan gegevens over treintype, snelheid en baangebruik.

#### 5.1.1 *Identificatie treinpassages in Trendmeetnet-metingen*

Treinpassages filteren we uit de Trendmeetnet-metingen, door voor elke mogelijke piekmeting de meetreeks van zeven metingen voor tot en met zeven metingen na de mogelijk piekmeting te beschouwen. De tijdsresolutie van de Trendmeetnet-metingen langs spoor is 2 minuten. We beschouwen dus een meetreeks van  $2 \cdot (7+1+7) = 30$  minuten. Wanneer de mogelijke piekmeting meer dan 10 dB hoger is dan het laagst gemeten niveau binnen de beschouwde meetreeks, gaan we uit van een treinpassage. Voor elke treinpassage wordt de *Sound Exposure Level*<sup>9</sup> (SEL) bepaald:

$$SEL = L_{Aeq} + 10 \log(7200)$$

Een treinpassage kan bestaan uit meerdere aaneengesloten piekmetingen. Deze worden samengevoegd voor het bepalen van de SEL. Voor dit onderzoek zijn Trendmeetnet-metingen uit 2020 en 2021 gebruikt.

#### 5.1.2 *Koppeling met QuoVadis-data*

Informatie over treintype, rijnsnelheid, rijrichting en baangebruik halen we uit de QuoVadis-data van ProRail die voor dit onderzoek aan ons ter beschikking werden gesteld. Dit doen we alleen als de afstand tussen de Trendmeetnetlocatie en de QuoVadis-meetlocatie minder dan 5 km is, én er geen grote veranderingen in de treinpassages is te verwachten. Dit betekent geen nabijgelegen stations, bochten of grote snelheidsveranderingen. Om de gegevens te koppelen, bepalen we het verwachte passagetijdstip aan de hand van de snelheid uit de

<sup>9</sup> Een Sound Exposure Level is een maat voor geluid van een gebeurtenis. Alle geluidenergie van die gebeurtenis (zoals een treinpassage) wordt opgeteld en gemiddeld over 1 seconde. In dit geval met een meetwaarde per seconde worden alle achtereenvolgende meetwaarden behorende bij een gebeurtenis bij elkaar opgeteld om de SEL te bepalen.

QuoVadis-data en de afstand tussen beide meetlocaties. De passages worden gekoppeld als het verwachte passagetijdstip overeenkomt met het tijdstip van de uit de Trendmeetnet-metingen geïdentificeerde treinpassage.

Voor dit onderzoek zijn we geïnteresseerd in individuele passages. Dit betekent dat we alleen passages meenemen waarbij er in een periode van vijf minuten voor tot en met vijf minuten na de passage geen andere passage is.

Met de gegevens over treinsamenstelling uit de QuoVadis-data corrigeren we de SEL van iedere individuele treinpassage naar de SEL per rekeenheid, zoals gedefinieerd in het reken- en meetvoorschrift [RMG2012].

## 5.2 Resultaten

We hebben gekeken naar locaties met opvallende resultaten. Dit zijn de locaties Westervoort, Staphorst en Deurne.

### 5.2.1 Locatie Westervoort

Op deze Trendmeetnetlocatie is de gemeten  $L_{den}^{10}$  voor 2021 ongeveer 2 dB hoger dan de  $L_{den}$  voor 2020. Dit is een opvallend verschil waar we nader naar willen kijken.

De locatie Westervoort ligt ten zuiden van het spoor Arnhem-Zevenaar. Op de noordelijke baan rijden de treinen richting Arnhem, op de zuidelijke baan rijden de treinen richting Zevenaar. De meetlocatie bevindt zich op ongeveer zeventien meter ten zuidwesten van het hart van de buitenste spoorbaan. Op dit traject hebben we individuele passages van de treintypen FLIRT<sup>11</sup>, GTW<sup>12</sup> en Goederen gemeten.

Tabel 7 geeft een overzicht van de resultaten. We zien voor de drie treintypen - onderscheiden naar spoorbaan en jaartal - de gemeten SEL energetisch gemiddeld, en de toename in 2021 ten opzichte van 2020. Aanvullend geven we het aantal individuele passages dat is gebruikt voor de analyse, de gemiddelde rijnsnelheid, en de vergelijking met de berekende waarde voor de verschillende treincategorieën. De FLIRT valt in treincategorie 12. Voor de EMU/DMU-GTW rekenen we zowel met categorie 8 als categorie 12. (DMU valt in categorie 8; EMU valt in categorie 12; QuoVadis rapport EMU/DMU GTW 2/6 of EMU/DMU GTW 2/8, waardoor het onderscheid op basis van deze data niet eenduidig is te maken.) Voor Goederen rekenen we met zowel categorie 4 als categorie 11 (stille goederen).

<sup>10</sup>  $L_{den}$  is een dosismaat voor geluid, waarbij den staat voor day-evening-night. In deze dosismaat telt geluid in de avonden (19.00-23.00) zwaarder mee dan geluid in de daguren, en geluid in de nachturen (23.00-07.00) nog zwaarder. Dit conform bijlage I, onderdeel 1, van richtlijn nr. 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 25 juni 2002.

<sup>11</sup> FLIRT: Flinker Leichter Innovativer Regionaltriebzug

<sup>12</sup> GTW: Gelenktriebwagen, uitgevoerd met Electric Multiple Unit (EMU), of Diesel Multiple Unit (DMU).

Tabel 7: Gemeten SEL-waarden energetisch gemiddeld en de berekende waarden voor de betreffende treincategorie voor de jaren 2020 en 2021, de toename  $\Delta$  in 2021 ten opzichte van 2020, en het verschil meten-rekenen voor de jaren 2020 en 2021, voor de treincategorieën FLIRT, GTW en Goederen voor de spoorbanen Arnhem-Zevenaar en Zevenaar-Arnhem. Aanvullend het aantal individuele passages en de gemiddelde rijsnelheid zoals gebruikt in de analyse.

**FLIRT**

	Arnhem – Zevenaar			Zevenaar - Arnhem		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
Aantal individuele passages	504	364		1680	1001	
Gem. snelheid [km/uur]	128,9	128,3		107,7	115,3	
Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)	80,7	81,1	<b>0,4</b>	79,5	80,7	<b>1,2</b>
Rekenen Categorie 12	81,3	81,3	0,0	77,9	78,5	0,6
Verschil Meten-Rekenen	-0,6	-0,2		1,6	2,2	

**GTW**

	Arnhem – Zevenaar			Zevenaar - Arnhem		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
Aantal individuele passages	1042	896		550	719	
Gem. snelheid [km/uur]	116,0	112,4		102,5	101,7	
Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)	80,7	81,1	<b>0,4</b>	79,5	80,7	<b>1,2</b>
Rekenen Categorie 8	83,8	83,7	-0,1	81,8	81,8	0,0
Rekenen Categorie 12	80,6	80,4	-0,2	77,7	77,6	-0,1
Verschil Meten-Rekenen Cat. 8	-3,1	-2,6		-2,3	-1,1	
Verschil Meten-Rekenen Cat. 12	0,1	0,7		1,8	3,1	

**Goederen**

	Arnhem – Zevenaar			Zevenaar - Arnhem		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
Aantal individuele passages	53	93		36	88	
Gem. snelheid [km/uur]	93,3	91,6		97,0	94,1	
Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)	82,8	80,6	<b>-2,2</b>	82,3	81,2	<b>-1,1</b>
Rekenen Categorie 4	87,8	87,7	-0,1	86,4	86,1	-0,3
Rekenen Categorie 11	83,7	83,5	-0,2	82,2	82,0	-0,2
Verschil Meten-Rekenen Cat. 4	-5,0	-7,1		-4,1	-4,9	
Verschil Meten-Rekenen Cat. 11	-0,9	-2,9		0,1	-0,8	

De toename in gemeten  $L_{den}$  in 2021 voor locatie Westervoort is terug te zien in een toename in de gemeten SEL energetisch gemiddeld voor de FLIRT en de GTW. De individuele passages van deze treintypen op dit traject zijn dus luider geworden. De Goederentreinen zijn juist stiller geworden (afname in gemeten SEL energetisch gemiddeld).

Op basis van passagegegevens van QuoVadis-meetstations blijkt dat er gedurende de meetperiode (eerste helft 2020 en tweede helft 2021) gemiddeld per dag iets meer treinen (rekeneenheden) in 2021 hebben gereden dan in 2020. Met name in de nachtperiode zijn er in de tweede helft van 2021 ongeveer drie keer zoveel goederentreinen voorbij gekomen in vergelijking met de eerste helft van 2020. Uitgaande van

gelijkblijvende emissie leidt de hogere intensiteit passages tot een 2dB hogere waarde in  $L_{den}$ .

Er is een opvallend verschil in toename van de gemeten SEL tussen beide spoorbanen voor de treintypen FLIRT en GTW (0,4 voor het traject Arnhem-Zevenaar tegenover 1,2 voor het traject Zevenaar-Arnhem). Er is voor deze treintypen ook een duidelijk verschil in de gemiddelde snelheid. Dit komt doordat de FLIRT niet stopt op station Westervoort. Nu is de gemiddelde snelheid van invloed op de berekende waarde. We zien de verschillen in gemeten SEL echter niet terug in de berekende waarden. Hoewel de snelheid dus van invloed is op de SEL, is dit niet de verklaring voor de gevonden verschillen.

Wat we verder zien, is dat voor het traject Arnhem-Zevenaar meten en rekenen goed met elkaar overeenkomen wanneer gerekend wordt met categorie 12. Op het traject Zevenaar-Arnhem is het beeld diffuser. Voor goederentreinen zijn op beide trajecten de gemeten SEL-waarden lager dan de berekening met categorie 11 (stille goederen), waarbij de SEL-waarden in 2021 lager waren in 2020.

In Figuur 9 kijken we nog naar de individuele meetwaarden als functie van de individuele rijsnelheid. Links het traject Arnhem-Zevenaar, rechts het traject Zevenaar-Arnhem. Van boven naar beneden zien we de treintypen FLIRT en GTW. De meetjaren 2020 en 2021 zijn met kleur onderscheiden. Ook hier zien we direct terug dat op de baan Arnhem-Zevenaar met een hogere snelheid wordt gereden dan op de baan Zevenaar-Arnhem. De spreiding in snelheid is op het traject Zevenaar-Arnhem opvallend groot voor de FLIRT, met ook een duidelijk onderscheid tussen 2020 en 2021.



Figuur 9 SEL-geluidniveau per rekeneenheid voor de FLIRT (boven) en voor de GTW (onder) voor passages op het traject Arnhem-Zevenaar (links) en vv (rechts). De passages in 2020 zijn met oranje aangegeven, de passages in 2021 met blauw.

### 5.2.2 Locatie Staphorst

Op deze Trendmeetnetlocaties was de gemeten  $L_{den}$  in 2019 ruim 4 dB hoger dan in 2018. In 2020 hield dit hoge niveau aan. In 2021 was de  $L_{den}$  echter 3 dB lager dan in 2020. Deze grote verschillen willen we nader onderzoeken.

De locatie Staphorst ligt ten westen van het spoor Meppel-Zwolle. Op de westelijke baan rijden de treinen richting Zwolle, op de oostelijke baan richting Meppel. De Trendmeetnetlocatie ligt ongeveer achttien meter ten westen van het hart van de dichtstbijzijnde spoorbaan. De QuoVadis-meetlocatie ligt op enkele kilometers afstand. Er is een verschil in baanvaknelheid tussen de Trendmeetnetlocatie en de QuoVadis-meetlocatie. De baanvaknelheid bij de QuoVadis-meetlocatie is 140 km/uur, en bij de Trendmeetnetlocatie 120 km/uur. Dit houdt in dat treinen bij de QuoVadis-locatie maximaal 140 km/uur mogen rijden en bij het meetpunt maximaal 120 km/uur. Daarom veronderstellen we in de berekeningen een snelheid van 120 km/uur als de geregistreerde

snelheid bij het QuoVadis-punt meer dan 120 km/uur bedraagt. Op dit traject hebben we individuele passages van de treintypen DDZ<sup>13</sup>, ICM<sup>14</sup>, SNG<sup>15</sup> en VIRM<sup>16</sup> gemeten.

Tabel 8 geeft een overzicht van de resultaten.

*Tabel 8 Gemeten SEL-waarden energetisch gemiddeld voor de jaren 2020 en 2021, en de toename  $\Delta$  in 2021 ten opzichte van 2020, voor de treincategorieën DDZ, ICM, SNG, en VIRM voor de spoorbanen Meppel-Zwolle en Zwolle-Meppel.*

	Meppel-Zwolle			Zwolle-Meppel		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
	<b>Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)</b>					
<b>DDZ</b>	85,3	83,7	<b>-1,6</b>	86,1	81,0	<b>-5,1</b>
<b>ICM</b>	84,9	83,2	<b>-1,7</b>	86,8	80,5	<b>-6,2</b>
<b>SNG</b>	83,6	81,9	<b>-1,7</b>	84,1	78,6	<b>-5,4</b>
<b>VIRM</b>	82,4	82,1	<b>-0,3</b>	84,8	79,2	<b>-5,6</b>

De afname in gemeten  $L_{den}$  in 2021 voor locatie Staphorst is terug te zien in een afname in de gemeten SEL energetisch gemiddeld voor alle vier de treintypen, met een grote afname op de baan Zwolle-Meppel.

Navraag bij ProRail leert dat het spoor in november 2020 is geslepen. De Trendmeetnetmetingen bij de locatie Staphorst zijn uitgevoerd in de eerste helft van 2020 en de tweede helft van 2021. Het slijpen van het spoor heeft dus plaatsgevonden tussen beide meetseries in. Te zien is dat het slijpen voor een aanzienlijke geluidreductie heeft gezorgd. Opvallend is het verschil tussen de oostelijke en de westelijke baan. De oostelijke baan ligt verder van de Trendmeetnetlocatie en gaf desondanks voorafgaand aan het slijpen hogere SEL-waarden dan de westelijke baan. Na het slijpen zijn de SEL-waarden van de oostelijke baan lager dan die van de westelijke baan, wat gezien de locatie van het meetpunt logisch is. Het slijpen van het spoor heeft het meeste effect gehad op de oostelijke baan.

In Figuur 10 kijken we nog naar de histogrammen van de gemeten SEL-waarden. Ook hier zien we het effect van het slijpen van het spoor terug in de gemeten SEL-waarden, met een grote afname voor de spoorbaan Zwolle-Meppel.

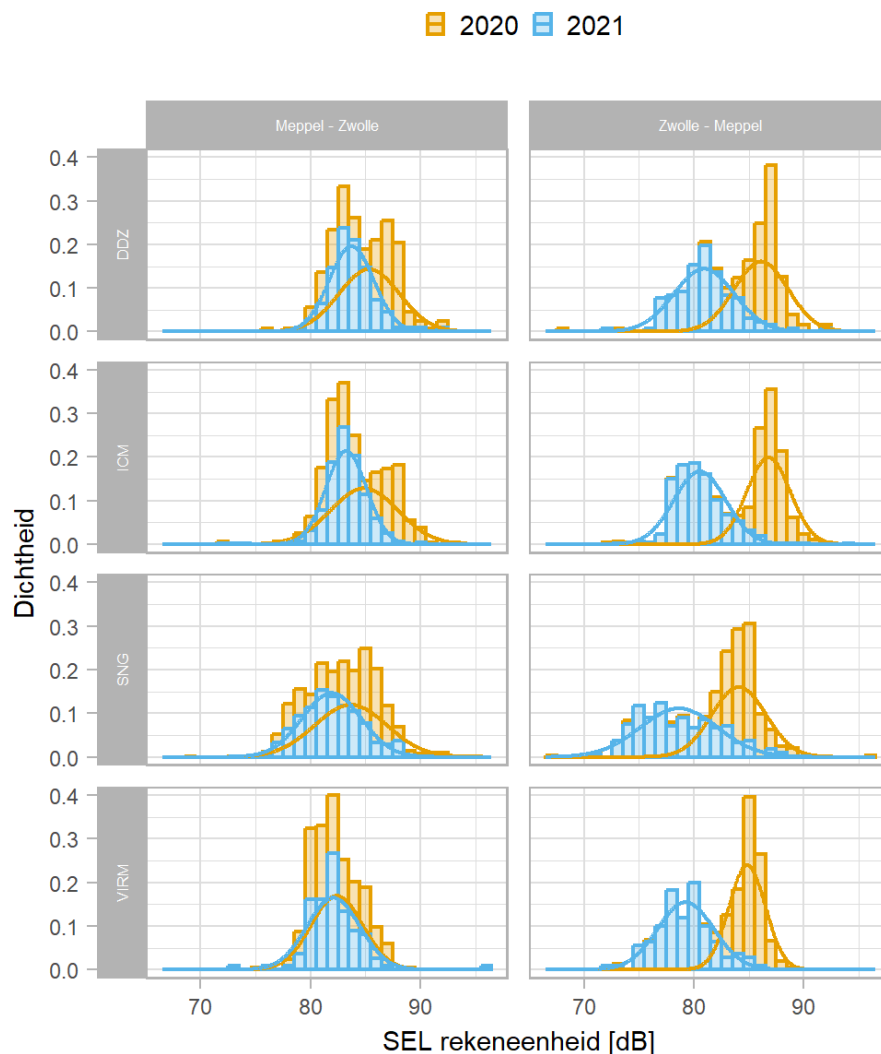
<sup>13</sup> DDZ: Dubbeldekker Zonering

<sup>14</sup> ICM: Intercitymaterieel

<sup>15</sup> SNG: Sprinter Nieuwe Generatie

<sup>16</sup> VIRM: Verlengd interregiomaterieel





Figuur 10 Histogrammen van de gemeten SEL-waarden voor de treintypen DDZ, ICM, SNG en VIRM voor de trajecten Meppel-Zwolle en Zwolle-Meppel. Data voor 2020 is met oranje aangegeven; data voor 2021 met blauw. De getekende lijnen geven een normaalverdeling met een gemiddelde en standaarddeviatie gelijk aan de dataverzameling.

### 5.2.3 Locatie Deurne

Op deze Trendmeetnetlocatie was in 2020 de gemeten  $L_{den}$  5 dB hoger dan de berekende waarde. Dit relatief grote verschil tussen meten en rekenen willen we nader onderzoeken.

De locatie Deurne ligt ten zuiden van het spoor Eindhoven-Venlo. Op de zuidelijke baan rijden de treinen richting Venlo, op de noordelijke baan rijden de treinen richting Eindhoven. De meetlocatie ligt op ongeveer vijftien meter uit het hart van de buitenste spoorbaan. Op dit traject hebben we individuele passages van de treintypen VIRM en Goederen gemeten.

Tabel 9 geeft een overzicht van de resultaten. We zien voor de treintypen VIRM en Goederen, onderscheiden naar spoorbaan en jaartal, de gemeten SEL energetisch gemiddeld, en de toename in 2021 ten opzichte van

2020. Aanvullend geven we het aantal individuele passages dat werd gebruikt voor de analyse, de gemiddelde rijnsnelheid, en de vergelijking met de berekende waarde voor de verschillende treincategorieën. De VIRM valt in treincategorie 8. Voor Goederen rekenen we met zowel categorie 4 als categorie 11 (stille goederen).

*Tabel 9 Gemeten SEL-waarden energetisch gemiddeld en de berekende waarden voor de betreffende treincategorie voor de jaren 2020 en 2021, de toename  $\Delta$  in 2021 ten opzichte van 2020, en het verschil meten-rekenen voor de jaren 2020 en 2021, voor de treincategorieën VIRM en Goederen voor de spoorbanen Eindhoven-Venlo en Venlo-Eindhoven. Aanvullend het aantal individuele passages en de gemiddelde rijnsnelheid, zoals gebruikt in de analyse. Voor de treincategorie Goederen is ook de gemeten SEL rekenkundig gemiddeld weergegeven.*

### VIRM

	Eindhoven – Venlo			Venlo - Eindhoven		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
Aantal individuele passages	3835	4069		3184	3589	
Gem. snelheid [km/uur]	125,3	127,0		134,0	134,3	
Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)	82,2	82,9	0,7	80,6	79,8	-0,8
Rekenen Categorie 8	80,9	81,0	0,1	81,1	79,8	-1,3
Verskil Meten-Rekenen	<b>1,4</b>	<b>2,0</b>		<b>-0,5</b>	<b>0,0</b>	

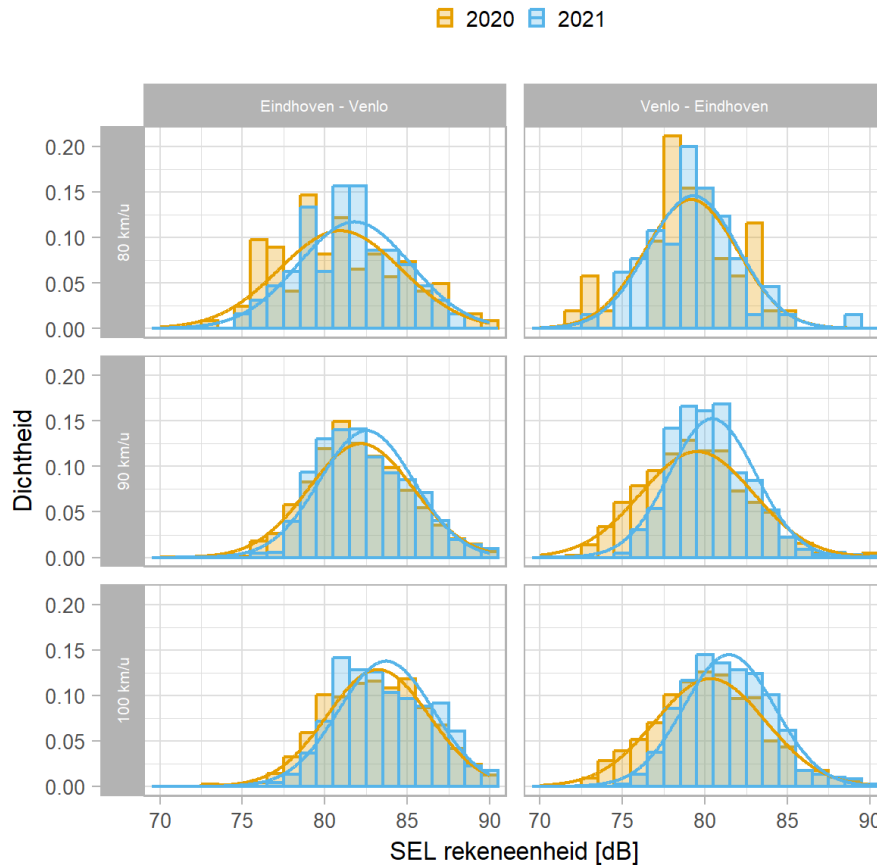
### Goederen

	Eindhoven – Venlo			Venlo - Eindhoven		
	2020	2021	$\Delta$	2020	2021	$\Delta$
Aantal individuele passages	1487	1649		1770	1977	
Gem. snelheid [km/uur]	93,7	93,3		94,8	94,2	
Gemeten SEL (energetisch gemiddeld)	83,8	84,2	0,4	81,3	81,8	0,6
Gemeten SEL (rekenkundig gemiddeld)	82,5	83,0	0,5	79,7	80,8	1,1
Rekenen Categorie 4	84,2	84,2	0,0	82,7	82,7	0,0
Rekenen Categorie 11	80,5	80,5	0,0	79,0	78,9	-0,1
Verskil Meten-Rekenen Cat. 4	<b>-0,4</b>	<b>0,0</b>		<b>-1,4</b>	<b>-0,9</b>	
Verskil Meten-Rekenen Cat. 11	<b>3,3</b>	<b>3,7</b>		<b>2,3</b>	<b>2,9</b>	

Voor de VIRM zien we een duidelijk verschil tussen beiden spoorbanen. Op het traject Venlo-Eindhoven komen de gemeten waarden goed overeen met de berekende waarden. Op het traject Eindhoven-Venlo zijn de gemeten waarden hoger dan de berekende waarden, met verder een duidelijke toename in 2021 ten opzichte van 2020.

Voor het treintype Goederen zien we dat de berekende waarden voor categorie 4 beter overeenkomen met de meetwaarden dan de berekeningen voor categorie 11. Wat we verder zien, is dat wanneer we de gemeten SEL waarden niet energetisch middelen, maar rekenkundig, het rekenkundig gemiddelde op het traject Venlo-Eindhoven sterker is toegenomen dan het energetisch gemiddelde. Dit betekent dat er in 2021 relatief minder stillere passages waren dan in 2020. Figuur 11 toont de histogrammen voor de gemeten SEL-waarden. Links voor de spoorbaan Eindhoven-Venlo, rechts voor de spoorbaan Venlo-

Eindhoven. Ook hier is duidelijk het toegenomen aantal luidere passages op het traject Venlo-Eindhoven in 2021 ten opzichte van 2020 te zien.



Figuur 11 Histogram van SEL waarden voor goederentreinen met een snelheid van 80 (boven), 90 (midden) en 100 km/u (onder) voor de trajecten Eindhoven-Venlo en Venlo-Eindhoven. Data voor 2020 is met oranje aangegeven; data voor 2021 met blauw. De getekende lijnen geven een normaalverdeling met een gemiddelde en standaarddeviatie gelijk aan de dataverzameling.

### 5.3 Conclusie

In dit Nader onderzoek hebben we gekeken naar locaties met opvallende resultaten. In alle onderzochte gevallen waren de afwijkende  $L_{den}$ -waarden uit de Geluidmonitor een gevolg van luidere of juist stillere passages. In sommige gevallen was dit toe te schrijven aan het ingezette materieel. In andere gevallen was dit toe te schrijven aan de conditie van het spoor, of aan een combinatie van beide. Bij de meetlocatie Staphorst was dit terug te voeren op het slijpen van het spoor. De metingen op deze locatie laten een afname van 3 dB zien.

Over het algemeen komen de berekende geluidniveaus voor de verschillende treincategorieën goed overeen met de gemeten geluidniveaus. Bij de meetlocatie Westervoort worden lagere waarden gemeten dan berekend voor categorie 11. Het zou kunnen dat het emissiekental voor categorie 11 conservatief is vastgesteld.



## 6 Conclusies

Het Nader onderzoek naar emissies van motorvoertuigen laat zien dat de gemeten emissies van lichte motorvoertuigen in de afgelopen jaren zijn gestegen. De aanpassing van geluidemissienormen van banden (stille bandenaftrek) is niet terug te zien in de metingen.

Verder zien we dat de gemeten emissies van motorvoertuigen gemiddeld iets hoger zijn dan de recent voor de Omgevingsregeling vastgestelde emissiekentallen. Dit kan worden veroorzaakt door de conditie van het wegdek en de geometrie ter plaatse, die zullen afwijken van de standaard die wordt gebruikt voor het vaststellen van de emissiekentallen.

Het Nader onderzoek naar de akoestische kwaliteit van deklagen laat zien dat de gemiddelde geluidreductie van de deklagen goed overeenkomt met de wegdekcorrectiefactoren in het reken- en meetvoorschrift. Er is gemiddeld geen ander verschil tussen meten en rekenen voor de ene deklaag of de andere. Lokale verschillen tussen meten en rekenen zijn toe te schrijven aan de akoestische kwaliteit van de deklaag ter plaatse. We concluderen dat de wegdekken voldoen aan de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg (art 11.33 lid c Wm).

Verder zien we dat de veroudering van ZOAB en tweelaags ZOAB voor een geluidtoename van minimaal 0,2 dB per jaar zorgt.

Het Nader onderzoek naar individuele passages van treinen laat zien dat de berekende geluidniveaus voor de verschillende treincategorieën over het algemeen goed overeen komen met de gemeten geluidniveaus. Lokale verschillen tussen meten en rekenen zijn toe te schrijven aan luidere of juist stillere passages. In sommige gevallen was dit toe te schrijven aan het ingezette materieel. In andere gevallen was dit toe te schrijven aan de conditie van het spoor, of een combinatie van beiden. Bij de meetlocatie Staphorst was dit terug te voeren op het slijpen van het spoor. De metingen op deze locatie laten een afname van 3 dB zien.

Verder zien we bij meetlocatie Westervoort lagere meetwaarden dan berekend voor categorie 11 (stille goederen). Het zou kunnen dat het emissiekental voor categorie 11 conservatief is vastgesteld.



## Referenties

- [Baker2022] Bakermans, M. Is de auto stiller geworden?, Geluid nummer 4, december 2022
- [IEC2002] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672-1, Electroacoustics –Sound level meters Part 1: Specifications
- [InfoMil] [Cwegdek - Kenniscentrum InfoMil](#) (3 nov 2023)
- [IPLO2023] IPLO, geconsolideerde teksten Omgevingsregeling, 10-03-2023
- [ISO2017] ISO 1996-2:2017 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels
- [MAA2016] Maagøe, V.: Final Report – Review study on the regulation (EC) No 1222/2009 on the labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters, ENER/C3/2012-418-Lot 2, March 2016
- [RIVM2023] RIVM, Geluidmonitor 2022, Briefrapport nr. 2023-0427
- [RMG2012] Staatscourant Nr. 11810, Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 12 juni 2012, nr. IENM/BSK-2012/37333, houdende vaststelling van regels voor het berekenen en meten van de geluidsbelasting en de geluidproductie ingevolge de Wet geluidhinder en de Wet milieubeheer (Reken- en meetvoorschrift geluid 2012)
- [TNO2022] TNO, Emissiekentallen voor geluid van wegverkeer op basis van metingen in 2020, TNO 2022 R10839





## Bijlage 1 Overzicht bronvermogens voertuigpassages

Voor de drie voertuigcategorieën (li, mz, zw) zijn het A gewogen equivalente bronvermogen ( $\alpha$ ), de standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) per locatie weergegeven. Daarnaast zijn de datum en het aantal passages ( $n$ ) weergegeven.

Locatie	Datum	Type	n	$\alpha$	SD	BI
Beusichem	nov-17	li	2335	106,0	2,4	0,1
Beusichem	apr-18	li	1933	106,7	2,2	0,1
Beusichem	okt-18	li	2107	105,1	2,1	0,09
Beusichem	apr-19	li	1922	105,0	2,0	0,09
Beusichem	okt-19	li	1710	105,7	2,2	0,1
Beusichem	apr-20	li	2940	105,4	2,1	0,08
Beusichem	okt-20	li	1864	105,9	2,2	0,1
Beusichem	apr-21	li	1825	105,9	2,1	0,09
Beusichem	mei-22	li	2240	106,6	2,3	0,09
Elburg	mrt-16	li	1282	107,4	2,5	0,14
Elburg	okt-16	li	2508	107,1	2,4	0,09
Elburg	mrt-17	li	3027	106,6	2,4	0,09
Elburg	sep-17	li	2690	107,8	2,4	0,09
Elburg	apr-18	li	2397	108,0	2,5	0,1
Elburg	okt-18	li	2259	107,7	2,5	0,1
Elburg	apr-19	li	2233	107,9	2,4	0,1
Elburg	okt-19	li	1655	107,5	2,5	0,12
Elburg	apr-20	li	2760	108,2	2,7	0,1
Elburg	okt-20	li	2241	107,6	2,5	0,11
Elburg	apr-21	li	1897	108,2	2,6	0,11
Elburg	mei-22	li	2294	109,2	2,5	0,1
Nijkerk	nov-17	li	1414	108,3	3,2	0,17
Nijkerk	apr-18	li	1406	108,1	3,2	0,17
Nijkerk	okt-18	li	1585	106,9	3,1	0,15
Nijkerk	apr-19	li	1279	107,7	3,1	0,17
Nijkerk	okt-19	li	1093	108,4	3,1	0,18
Nijkerk	apr-20	li	1824	107,3	3,1	0,14
Nijkerk	apr-21	li	1631	107,7	3,0	0,15
Nijkerk	mei-22	li	1480	109,3	3,0	0,15
Otterlo	okt-17	li	2308	106,8	2,3	0,1
Otterlo	apr-18	li	3471	106,2	2,3	0,08
Otterlo	okt-18	li	2773	106,4	2,2	0,08
Otterlo	apr-19	li	2504	106,4	2,3	0,09
Otterlo	apr-20	li	3730	106,5	2,3	0,07
Otterlo	okt-20	li	1914	108,0	2,4	0,11
Otterlo	apr-21	li	2488	107,1	2,3	0,09
Otterlo	mei-22	li	2570	108,0	2,3	0,09
Zaltbommel	aug-17	li	2419	105,0	2,5	0,1
Zaltbommel	apr-18	li	2316	105,2	2,6	0,1
Zaltbommel	okt-18	li	2294	104,7	2,6	0,11
Zaltbommel	apr-19	li	1955	105,1	2,5	0,11
Zaltbommel	okt-19	li	1611	105,1	2,5	0,12
Zaltbommel	apr-20	li	3197	105,0	2,5	0,08

Locatie	Datum	Type	n	$\alpha$	SD	BI
Zaltbommel	okt-20	li	1898	106,3	2,5	0,11
Zaltbommel	apr-21	li	2004	105,6	2,4	0,11
Zaltbommel	mei-22	li	1858	106,8	2,3	0,11
Beusichem	nov-17	mz	150	110,4	2,8	0,45
Beusichem	apr-18	mz	111	110,2	2,3	0,44
Beusichem	okt-18	mz	140	109,0	2,7	0,45
Beusichem	apr-19	mz	130	108,5	2,4	0,4
Beusichem	okt-19	mz	94	110,5	2,3	0,46
Beusichem	apr-20	mz	198	108,5	2,7	0,37
Beusichem	okt-20	mz	128	108,9	2,5	0,43
Beusichem	apr-21	mz	143	110,2	2,2	0,36
Beusichem	mei-22	mz	136	109,3	2,2	0,36
Elburg	mrt-16	mz	63	110,5	2,6	0,65
Elburg	okt-16	mz	152	109,0	2,7	0,43
Elburg	mrt-17	mz	173	108,9	2,6	0,39
Elburg	sep-17	mz	176	109,9	2,8	0,41
Elburg	apr-18	mz	138	110,3	2,5	0,41
Elburg	okt-18	mz	111	109,9	2,5	0,47
Elburg	apr-19	mz	130	110,0	2,3	0,4
Elburg	okt-19	mz	90	109,5	2,8	0,57
Elburg	apr-20	mz	149	110,0	2,5	0,4
Elburg	okt-20	mz	161	109,3	2,3	0,36
Elburg	apr-21	mz	159	110,3	2,3	0,36
Elburg	mei-22	mz	140	109,9	2,9	0,48
Nijkerk	nov-17	mz	141	110,7	3,5	0,57
Nijkerk	apr-18	mz	151	110,4	3,0	0,48
Nijkerk	okt-18	mz	139	109,4	3,5	0,58
Nijkerk	apr-19	mz	277	111,8	3,0	0,36
Nijkerk	okt-19	mz	88	110,9	2,9	0,6
Nijkerk	apr-20	mz	130	110,0	3,2	0,55
Nijkerk	apr-21	mz	180	110,1	3,1	0,45
Nijkerk	mei-22	mz	113	110,5	3,7	0,68
Otterlo	okt-17	mz	187	108,4	3,0	0,42
Otterlo	apr-18	mz	320	109,5	2,6	0,29
Otterlo	okt-18	mz	266	108,6	2,6	0,31
Otterlo	apr-19	mz	200	108,3	2,5	0,34
Otterlo	apr-20	mz	405	108,5	2,5	0,24
Otterlo	okt-20	mz	153	109,9	2,4	0,38
Otterlo	apr-21	mz	279	109,3	2,8	0,33
Otterlo	mei-22	mz	208	109,6	2,6	0,36
Zaltbommel	aug-17	mz	198	107,6	3,6	0,51
Zaltbommel	apr-18	mz	152	107,2	3,3	0,53
Zaltbommel	okt-18	mz	184	107,4	3,2	0,47
Zaltbommel	apr-19	mz	158	108,1	3,2	0,49
Zaltbommel	okt-19	mz	144	107,6	3,1	0,5
Zaltbommel	apr-20	mz	226	107,7	3,0	0,39
Zaltbommel	okt-20	mz	151	109,2	2,9	0,46
Zaltbommel	apr-21	mz	191	108,6	2,9	0,4
Zaltbommel	mei-22	mz	172	108,6	3,1	0,46
Beusichem	nov-17	zw	99	112,0	2,4	0,55
Beusichem	apr-18	zw	105	112,8	2,4	0,45

Locatie	Datum	Type	n	$\alpha$	SD	BI
Beusichem	okt-18	zw	102	111,5	2,0	0,52
Beusichem	apr-19	zw	99	111,5	2,1	0,46
Beusichem	okt-19	zw	82	112,3	2,2	0,49
Beusichem	apr-20	zw	108	111,4	2,4	0,5
Beusichem	okt-20	zw	78	111,9	2,2	0,55
Beusichem	apr-21	zw	58	111,7	2,0	0,57
Beusichem	mei-22	zw	63	112,2	2,0	0,53
Elburg	mrt-16	zw	56	113,0	2,1	0,69
Elburg	okt-16	zw	74	112,8	1,8	0,61
Elburg	mrt-17	zw	204	112,5	1,9	0,35
Elburg	sep-17	zw	123	113,6	2,2	0,49
Elburg	apr-18	zw	128	113,3	2,0	0,42
Elburg	okt-18	zw	50	113,2	2,3	0,7
Elburg	apr-19	zw	154	113,4	1,7	0,36
Elburg	okt-19	zw	43	113,2	2,1	0,83
Elburg	apr-20	zw	100	113,8	2,4	0,49
Elburg	okt-20	zw	67	112,5	2,0	0,56
Elburg	apr-21	zw	80	112,6	2,7	0,5
Elburg	mei-22	zw	54	113,8	2,0	0,78
Nijkerk	nov-17	zw	407	113,8	2,5	0,34
Nijkerk	apr-18	zw	355	113,5	2,5	0,31
Nijkerk	okt-18	zw	401	112,6	2,6	0,34
Nijkerk	apr-19	zw	431	113,2	2,2	0,29
Nijkerk	okt-19	zw	278	113,9	2,6	0,34
Nijkerk	apr-20	zw	421	113,0	2,4	0,3
Nijkerk	apr-21	zw	520	113,2	2,8	0,26
Nijkerk	mei-22	zw	317	114,1	2,9	0,41
Otterlo	okt-17	zw	128	113,4	1,9	0,51
Otterlo	apr-18	zw	182	112,6	1,9	0,38
Otterlo	okt-18	zw	166	112,3	1,8	0,4
Otterlo	apr-19	zw	147	111,6	2,1	0,4
Otterlo	apr-20	zw	203	112,5	1,5	0,34
Otterlo	okt-20	zw	102	114,7	2,2	0,47
Otterlo	apr-21	zw	163	113,8	2,4	0,43
Otterlo	mei-22	zw	109	113,0	2,4	0,49
Zaltbommel	aug-17	zw	287	113,3	2,9	0,42
Zaltbommel	apr-18	zw	310	112,5	2,4	0,37
Zaltbommel	okt-18	zw	396	112,2	2,9	0,32
Zaltbommel	apr-19	zw	272	112,6	2,3	0,38
Zaltbommel	okt-19	zw	251	111,4	2,7	0,38
Zaltbommel	apr-20	zw	307	112,5	2,3	0,33
Zaltbommel	okt-20	zw	315	113,3	2,5	0,32
Zaltbommel	apr-21	zw	357	112,0	2,3	0,3
Zaltbommel	mei-22	zw	280	112,8	2,3	0,36

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

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

december 2023

De zorg voor morgen  
begint vandaag