



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

## **Geluidmonitor 2018 – Nader Onderzoek**

Individuele bronemissies van weg-  
en spoorverkeer

RIVM-rapport 2019-0226  
E. Joosten et al.





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

**Geluidmonitor 2018 – Nader Onderzoek**  
Individuele bronemissies van weg- en spoorverkeer

RIVM-rapport 2019-0226  
E. Joosten et al.

## Colofon

© RIVM 2020

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-2019-0226

E. Joosten (auteur), RIVM  
N. Mabjaia (auteur), RIVM  
M. Haaima (auteur), RIVM  
H. den Hollander (auteur), RIVM

Contact:

Eefje Joosten

M&V\Milieukwaliteit\Luchtkwaliteit, Klimaat & Geluid  
eef.joosten@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van het Expertisecentrum 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 2018 – Nader Onderzoek**

Individuele bronemissies van weg- en spoorverkeer

Rijkswaterstaat en ProRail berekenen, als beheerders van de rijkswegen en spoorwegen, elk jaar hoeveel geluid het verkeer op de weg en het spoor maakt. Het RIVM toetst de resultaten met metingen in de Geluidmonitor. Belangrijk aandachtspunt hierbij is hoe aannames in de rekenmethode over de gemiddelde hoeveelheid geluid van voertuigen en treinen zich verhouden tot de praktijk. De afgelopen jaren bedroegen de verschillen tussen meten en rekenen gemiddeld 2 decibel bij het wegverkeer en 0 decibel bij het spoorverkeer.

Om de oorzaken van de verschillen te vinden, heeft het RIVM de belangrijkste factoren onder de loep genomen die invloed hebben op geluid. Hierbij is gekeken naar de effecten van banden en naar de kwaliteit van het wegdek. Daarnaast is onderzocht hoeveel geluid afzonderlijke voertuig- en treintypen produceren.

### **Voertuigtypen**

In de rekenmethode wordt een correctie gemaakt voor stille banden. Sinds 2016 mogen geen banden meer worden verkocht die niet voldoen aan de Europese bandenrichtlijn. Dit geldt zowel voor personenauto's als voor vrachtauto's. Het rekenmodel loopt vooruit op de situatie van 2022, waarin naar verwachting alle (vracht)auto's door deze maatregel 1 tot 2 decibel stiller zijn. De metingen laten zien dat vrachtauto's de afgelopen drie jaar 1,5 decibel minder geluid zijn gaan maken. Voor personenauto's is het geluid echter hetzelfde gebleven.

### **Invloed wegdek**

Een andere correctie in de rekenmethode is het type wegdek. Deze correctie gaat uit van een gemiddelde levensduur van het wegdek, ongeacht de conditie van het wegdek. Verschillen tussen de gemeten en berekende hoeveelheid geluid in de Geluidmonitor blijken echter voor een groot deel te verklaren door de staat van het wegdek. Het RIVM gaat daarom met Rijkswaterstaat het verband tussen de geluidproductie en de conditie van het wegdek nog verder onderzoeken.

### **Treintypen**

Voor het treinverkeer is het type trein van invloed op de geluidproductie. In het rekenmodel zijn de verschillende treintypen, zoals de sprinter, opgenomen in afzonderlijke categorieën. De moderne sprinter blijkt echter, volgens de metingen, 3 tot 4 decibel minder geluid te maken dan de waarden die in de rekenmethode aan deze categorie wordt gegeven.

Kernwoorden: geluid, metingen, bronemissies, rekenmethode



## Synopsis

### **2018 Noise Monitor - Additional Research**

Individual source emissions of road traffic and railway traffic

Each year, Rijkswaterstaat (Directorate-General for Public Works and Water Management) and ProRail, in their role as road and railway managing authorities, calculate how much noise is produced by road traffic and railway traffic. RIVM checks the results via measurements in the Noise Monitor. An important element of the study was to evaluate to what degree assumptions made in the model calculations regarding the average quantity of noise produced by vehicles and trains actually reflected reality. In previous years, the difference between the value calculated by the model and the measured value was 2 decibels for road traffic and 0 decibels for railway traffic.

In order to determine the causes of the differences, RIVM analysed the most important factors that have an effect on the noise level. In doing so, the effects of tyres and the quality of the road surface were analysed. In addition, the study analysed how much noise specific types of vehicles and trains produced.

#### **Vehicle types**

In the model calculations, a correction is made for quiet tyres. Since 2016, all tyres sold must meet the European tyre guideline. This applies to passenger cars as well as lorries. The calculation model anticipates the situation that will exist in 2022, when all cars/lorries will be 1 to 2 decibels quieter as a result of the above standard. The measurements show that the noise level produced by lorries has decreased by 1.5 decibels over the last three years. However, the noise produced by passenger cars has remained the same.

#### **Influence of road surface**

Another correction made in the model calculations concerns the type of road surface. This correction assumes an average lifespan for the road surface, regardless of the condition of the road surface. However, as it turns out, differences between the measured and calculated quantity of noise in the Noise Monitor can, for the most part, be explained by the condition of the road surface. RIVM, in collaboration with Rijkswaterstaat, will therefore further investigate the relationship between the production of noise and the condition of the road surface.

#### **Train types**

For train traffic, the type of train influences the noise production. In the calculation model, the different types of trains, such as the sprinter, are assigned to separate categories. However, according to the measurements, the modern sprinter train produces 3 to 4 decibels less noise than the values assigned to this category by the model.

Keywords: noise, measurements, source emissions, calculation method





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Methoden — 13**

2.1 Methoden — 13

2.1.1 Methode I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage — 13

2.1.2 Methode II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen — 14

2.1.3 Methode III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage — 15

2.2 Meetnauwkeurigheid — 16

#### **3 Resultaten — 17**

3.1 Resultaten I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage — 17

3.2 Resultaten II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen — 19

3.3 Resultaten III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage — 22

#### **4 Conclusies — 25**

4.1 Conclusies I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage — 25

4.2 Conclusies II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen — 26

4.3 Conclusies III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage — 27

#### **5 Discussie — 29**

5.1 Discussie I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage — 29

5.2 Discussie II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen — 29

5.3 Discussie III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage — 30

5.4 Afsluitende discussie — 29

### **Referenties — 33**

Bijlage I: Overzicht gemiddelde geluidemissie voertuigpassages — 35

Bijlage II: Overzicht gemiddelde geluidemissie wegdekmetingen — 37

Bijlage III: Overzicht gemiddelde geluidemissie treinpassages — 39



## Samenvatting

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het RIVM de voorliggende rapportage **Geluidmonitor 2018 – Nader Onderzoek** opgesteld. Deze rapportage presenteert de resultaten van de onderzoeken naar de verschillen tussen meten en rekenen waarvoor in de **Geluidmonitor 2018** geen eenduidige verklaring is gevonden. Zo komen voor rijkswegen de metingen gemiddeld 2 dB hoger uit dan berekeningen. Bij de spoorwegen zijn op enkele locaties veranderingen ten opzichte van het voorgaande jaar geconstateerd. Zowel bij rijkswegen als spoorwegen kunnen deze verschillen niet verklaard worden door een toename in verkeersintensiteit, een wegdekvernieuwing of de spoorstaafrouwheid.

De voorliggende rapportage richt zich op:

- Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage (Onderzoek I)
- Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen (Onderzoek II)
- Monitoring van gemiddelde geluidemissie per treinpassage (Onderzoek III)

Het doel van deze rapportage is inzicht te geven in de oorzaken van verschillen tussen geluidmetingen- en berekeningen voor rijkswegen en spoorwegen. Het is van belang dat de rekenmethoden zo goed mogelijk de praktijk benaderen. Hoe verhouden aannames in rekenmethoden ten aanzien van de gemiddelde geluidemissie van voertuigen of treinen zich tot waarnemingen in de praktijk? De Geluidmonitor vervult daarmee een signaalfunctie om afwijkingen tussen de meet- en rekenresultaten te constateren en duiden.

### *Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage.*

Geluidberekeningen worden uitgevoerd volgens het Reken- en meetvoorschrift Geluid (hierna: RMG). Het RMG beschrijft twee correctietermen waarmee de invloed van het wegdek in de rekenuitkomst wordt meegenomen. Eén van deze correctietermen is de stille-banden-af trek en loopt vooruit op de verwachting dat banden stiller worden. Geluidemissies van het zwaar verkeer bij het meetpunt Elburg zijn in drie jaar tijd met ongeveer 1.5 dB(A) afgenomen. Voor het licht verkeer is geen afname waargenomen. Dit kan aanleiding zijn om de stille banden aftrek in de rekenmethode voor wegverkeer te heroverwegen. Vier andere meetopstellingen hebben vooralsnog te weinig data opgeleverd om geschikt te zijn voor een trendanalyse. Deze opstellingen zijn in 2017 ingericht met als doel om op termijn het effect van bronbeleid aan voertuigbanden te kunnen volgen.

### *Monitoring van de gemiddelde geluidemissie bij wegdekmetingen*

Een andere correctieterm uit het RMG is de correctie " $C_{\text{wegdek}}$ ". De verdeling voor alle typen deklagen op rijkswegen (DAB, ZOAB, tweelaags ZOAB(-fijn)) toont verschillen ten opzichte van het referentiewegdek variërend van -6 tot +6 dB(A). Verschillen (zowel positief als negatief) tussen de gemeten en berekende geluidproductie

uit de Geluidmonitor 2018 zijn voor een groot deel te verklaren door de staat van het wegdek. Naast het type deklaag is de wegdekgesteldheid (van nieuwe staat tot einde levensduur) een belangrijke factor die de geluidemissie en daarmee het geluidniveau in de omgeving bepaalt. De wegdekcorrectiefactoren in het RMG zijn gebaseerd op een constante, leeftijdsgemiddelde geluidreductie per wegdektype. In samenwerking met Rijkswaterstaat wordt een vervolgonderzoek gestart naar de relatie tussen de geluidemissie en de conditie van het wegdek.

*Monitoring van gemiddelde geluidemissie per treinpassage*

Het RMG houdt rekening met het aantal individuele treinpassages. Grote verschillen tussen meten en rekenen zijn daardoor niet te verklaren door afwijkende intensiteiten. Deze rapportage presenteert afwijkende geluidemissies per treintype. De berekende geluidemissie van moderne sprinters valt 3-4 dB(A) hoger uit dan de gemeten emissies wat aanleiding kan zijn tot het herindelen van deze categorie treinen in de rekenmethode voor spoorverkeer. Bij sommige losse locomotieven valt de rekenmethode juist lager uit dan de metingen. Omdat locomotieven doorgaans maar een klein deel uitmaken van het totale treinverkeer heeft dit geen effect op de jaargemiddelde geluidemissie van spoorwegen. Niet al het treinmaterieel is echter onderzocht. In 2020 wordt daarom het aantal meetopstellingen voor individuele treinpassages uitgebreid.

## 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 meetnet wordt het geluidniveau van weg- en spoorverkeer in Nederland gemeten. Ook worden in de Geluidmonitor de metingen gebruikt voor een steekproefsgewijze validatie van de berekende geluidemissie en onderliggende rekenmethodes. De Geluidmonitor 2018 is de meest actuele monitor [RIVM2019]. Voor meer informatie met betrekking tot de rekenmethodes wordt verwezen naar het Reken- en Meetvoorschrift Geluid (RMG) uit 2012 [RMG2012].

De Geluidmonitor richt zich op de signalering van afwijkingen tussen de meet- en rekenresultaten. Vaak is de oorzaak van de afwijking eenvoudig te verklaren, bijvoorbeeld door een vervanging van een wegdek of het slijpen van een spoor. Soms kan er echter geen eenduidige verklaring worden gegeven en is het noodzakelijk de afwijking nader te onderzoeken. De resultaten van deze afzonderlijke onderzoeken worden gepresenteerd door middel van De Geluidmonitor – Nader Onderzoek en heeft als doel inzicht te geven in de oorzaken van verschillen tussen meten en rekenen.

De voorliggende rapportage, Geluidmonitor 2018 – Nader Onderzoek richt zich op drie onderzoeken:

- Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage (Onderzoek I)
- Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen (Onderzoek II)
- Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage (Onderzoek III)

Onderzoek I en II behandelt de invloed van correctietermen in de rekenmethode. Het RMG beschrijft twee correctietermen, namelijk de stille-banden-af trek en de correctie " $C_{wegdek}$ ". Deze correcties zijn bedoeld om berekeningen beter bij de metingen te laten aansluiten. Beide correcties zijn echter afhankelijk van de staat van het wegdek. Onderzoek III focust op de invloed van verschuivingen in het treinmaterieel op de lokale geluidemissie.

### *Leeswijzer*

Deze rapportage begint met een beschrijving van de meetmethoden (Hoofdstuk 2). Vervolgens worden de resultaten (Hoofdstuk 3), de belangrijkste conclusies (Hoofdstuk 4) en discussies (Hoofdstuk 5) van de afzonderlijke onderzoeken beschreven. Hoofdstukken 2 t/m 5 zijn onderverdeeld in drie delen, corresponderend met Onderzoek I t/m III. Hoofdstuk 5 sluit af met een algemene discussie.

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



## 2 Methoden

### 2.1 Methoden

#### 2.1.1 *Algemeen*

Bij de metingen worden de richtlijnen uit de ISO 1996-2[ISO2017] aangehouden. In afwijking van ISO 1996-2 wordt voor de metingen gebruik gemaakt van klasse 2 geluidmeters. Deze meters worden gekalibreerd met een kalibratieapparaat (Casella Cel 120, 94 dB, 1 kHz). Geluidniveaus die zijn gemeten bij te harde wind (een windsterkte van meer dan 5m/sec), worden niet meegenomen in de analyses.

#### 2.1.2 *Methode I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage*

Het doel van de voertuigmetingen is om het geluidniveau van licht en zwaar verkeer in kaart te brengen. In samenwerking met de provincie Gelderland zijn op vijf locaties gelijktijdig geluidmetingen en verkeerstellingen verricht. De verkeerstellingen zijn uitgevoerd door middel van de tellus-registratie.

De meetlocaties zijn gekozen op wegen waar het referentiewegdek, namelijk DAB-wegdek, aanwezig is in redelijke onderhoudstoestand en er tevens verkeersinformatie beschikbaar is. Omdat het gemeten geluidniveau van het referentiewegdek ook varieert, zijn metingen op meerdere locaties noodzakelijk om tot een goed onderbouwd gemiddelde te komen. Ook wordt er regelmatig gekalibreerd om stabiliteit van de metingen op lange termijn te kunnen garanderen.

De vijf voertuigmonitorlocaties bevinden zich langs de:

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

Op deze 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

De lussen bij de meetlocaties registreren het tijdstip, de snelheid en lengte van passende voertuigen. Op deze manier is het mogelijk om te categoriseren naar licht ( $< 5.6$  m) en zwaar ( $> 5.6$  m &  $< 12$  m) verkeer en individuele voertuigemissies afzonderlijk te meten. Vanwege het kleine aantal waarnemingen, zijn voertuigen langer dan 12 m bij dit onderzoek niet meegenomen. Passage-metingen zijn uitgevoerd bij droog weer en genormeerd op  $20^{\circ}\text{C}$ . De temperatuurnormering gebeurt middels  $0,05 \cdot (T-20)$  bij personenverkeer en  $0,03 \cdot (T-20)$  bij vrachtverkeer, waarbij T de actuele temperatuur in graden Celsius is op het moment van de meting.

De geluidmeters meten per seconde het gemiddelde geluidniveau (1-seconde samples in dB(A)). Metingen vinden tweemaal per jaar plaats en duren een week. Het A-gewogen bronvermogen ( $L_w(A)$ ) van de individuele passages wordt vervolgens bepaald via de som van het gemiddelde geluidniveau (SEL), de temperatuurnormering en  $10 \log(2 \cdot r \cdot v)$ , waarbij r de afstandscorrectie en v de snelheid (m/sec) is. Voor meer informatie over de rekenvoorschriften van bronemissies wordt verwezen naar het RMG.

### 2.1.3 *Methode II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen*

Wegdekmetingen hebben als doel om in een relatief korte tijd een indicatie van de wegdekgesteldheid te krijgen. De wegdekgesteldheid (geluidsabsorberend, open en dicht wegdek, ruw of vlak etc.) is een van de belangrijkste factoren die de geluidemissie per voertuig en daarmee het geluidniveau in de omgeving bepaalt. Bijlage III van het RMG beschrijft een correctieterm (de  $C_{\text{wegdek}}$ ) waarmee de invloed van het wegdek in de rekenuitkomst wordt meegenomen. Deze wegdekcorrectie



in de rekenmethode geeft een gemiddeld verschil ten opzichte van een standaard DAB-wegdek over de levensduur van het wegdek.

Als de aanwezige actuele akoestische eigenschappen van het wegdek afwijkt van de waarde die in het RMG wordt aangehouden, zal dit tot uiting komen in verschillen tussen de gemeten en berekende emissies. Om tot een indicatief beeld van de huidige akoestische eigenschappen van Nederlandse rijkswegen te komen zijn door het RIVM in 2017 en 2018 wegdekmetingen verricht.

Tijdens de bezoeken van de meetlocaties van het Trendmeetnet Geluid, zijn gelijktijdig de positie van het voertuig en het geluidniveau onder het chassis gemeten. De microfoon bevindt zich in de velg van het reservewiel die tussen de achterwielen aan het chassis bevestigd is. Doordat de geluidmeter in het reservewiel zit, vangt deze zo min mogelijk wind en kan het contact van de band met het wegdek direct zonder de invloed van stoorgeluid (bijvoorbeeld van passerend verkeer) geregistreerd worden. De geluidmeter meet per seconde het gemiddelde geluidniveau (1-seconden sampels in dB(A)).

Het voertuig is een Mercedes Vito met voorwielaandrijving. De banden zijn van Continental, type VancoFourSeason. De bandenhardheid is twee maal voor alle banden in kaart gebracht middels een Durometer. De bandenhardheid bedroeg  $69,7 \pm 1,4$  Shore (gemiddelde  $\pm$  standaarddeviatie). De metingen onder het voertuig zijn uitgevoerd bij droog weer en met een snelheid van 100 km/u. De temperatuur is genormeerd op 20°C.

Door de GPS-coördinaten aan het geluidniveau te koppelen, wordt een beeld geschetst van de aanwezige actuele akoestische eigenschappen van de (TL)ZOAB wegen ten opzichte van een DAB-wegdek. Het voertuiggeluidniveau dat op een DAB-wegdek wordt gemeten, is met een ijkmeting bepaald op  $100 \pm 1$  dB(A). Dit betekent dat op een weg waar bijvoorbeeld 98 dB(A) is gemeten, de emissie van voertuigen op dat wegdek circa  $2 \pm 1$  dB(A) lager zullen zijn dan een DAB-wegdek.

#### 2.1.4 *Methode III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage*

Het doel van de treinpassage-metingen is om tot een goede indicatie van de A-gewogen geluidemissie per treintype te komen. Van belang is hoe de emissies van verschillend materieel zich tot het RMG verhouden. Het doel is niet om tot een gedetailleerde actualisatie van de geluidemissie per octaafband te komen (zie het RMG voor meer informatie over de octaafbanden). De gebruikte apparatuur is hier niet toereikend voor.

De metingen zijn verricht nabij Quo-Vadis meetstations van de spoorbeheerder in Delft en Arnhem. De meetstations registreren onder andere de snelheid en het aantal assen van de individuele treinen. Daarbij wordt het aantal en materieeltype van afzonderlijke treinstellen geregistreerd. Op deze locaties is het dus mogelijk om per treinstel de geluidemissie uit te rekenen. Omdat treinen uit wisselende combinaties van treinstellen bestaan, is het op deze manier mogelijk om tot een

unieke berekening voor de totale treineenheid te komen. Deze kan dan vervolgens vergeleken worden met de gemeten emissies.

Bij de meetlocaties aan het spoor, registreren geluidmeters continue het geluidniveau. Iedere 10 seconden wordt het gemiddelde geluidniveau (LEQ) van de voorgaande 10 seconden vastgelegd (10-seconden samples). Bij het vergelijken van metingen en berekeningen worden beide waarden genormeerd naar 1 rekeneenheid (zoals gedefinieerd in bijlage IV van het RMG) per uur. Op iedere meetlocatie is ongeveer vier maanden gemeten.

## **2.2 Meetnauwkeurigheid**

De nauwkeurigheid van de gemeten geluidemissie is afhankelijk van verschillende factoren zoals het type meetapparatuur, de duur en locatie van de meetperiode en de invloed van stoorbronnen zoals windruis en andere omgevingsgeluiden. De internationale standaard [IEC2002] stelt tolerantiegrenzen van geluidmeters per frequentie. Bij 1000 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.

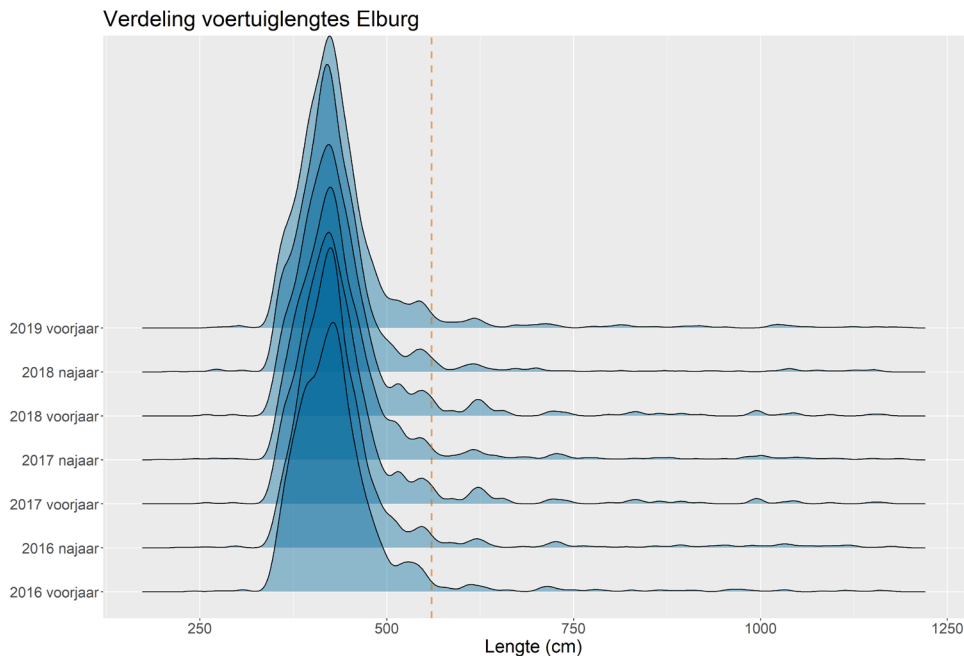
In deze rapportage wordt de betrouwbaarheid van de metingen weergegeven door 95%-betrouwbaarheidsintervallen. Met andere woorden, als een meting wordt herhaald, is er 95% kans dat het gemiddelde binnen dezelfde marges valt. In de tabellen (zie de bijlagen) worden naast de gemiddelden en betrouwbaarheidsintervallen ook de standaarddeviaties weergegeven. Deze geven een indicatie van de spreiding rondom het gemiddelde.

De rekenmethode uit het RMG gaat uit van droge wegdekken. Aangezien de wegdekgesteldheid daar niet het hele jaar aan voldoet, werkt een hoger geluidniveau bij een nat wegdek daarmee (licht) verhogend op het verschil tussen meten en rekenen. Het effect van neerslag varieert afhankelijk van het meetpunt. Behalve neerslag heeft ook de temperatuur invloed op de geluidemissie van het verkeer. Bij elkaar opgeteld komt het effect op circa 1 tot 1,5 dB(A) [RIVM2016].

## 3 Resultaten

### 3.1 Resultaten I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage

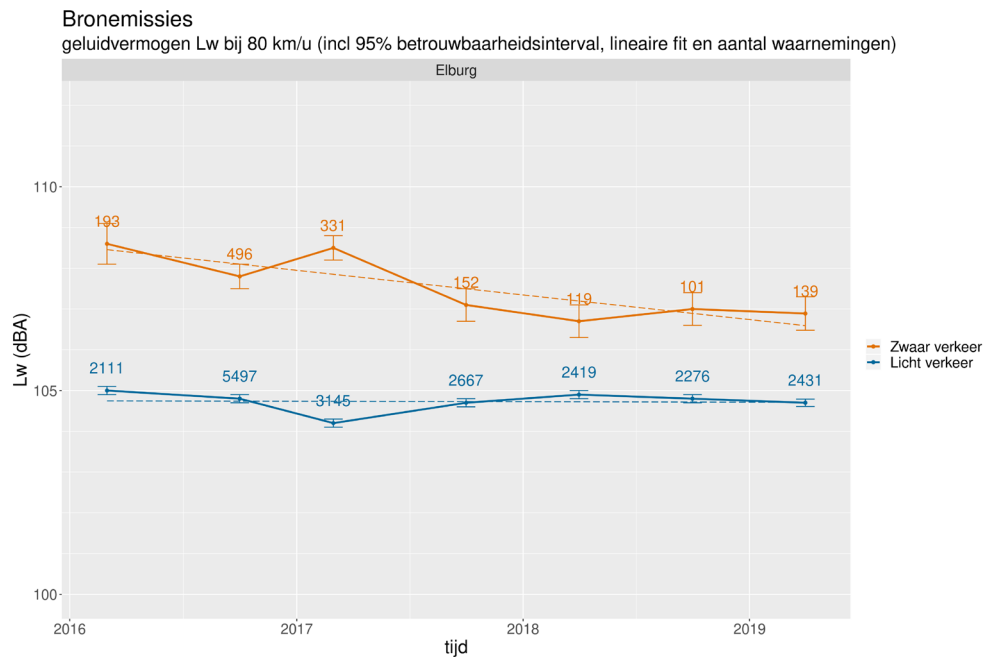
Figuur 2 geeft een relatieve verdeling van de lengtes van voertuigen die de meetopstelling aan de N309 in Elburg passeerden in de periode 2016-2019. De relatieve verdeling van licht en zwaar verkeer is in drie jaar tijd gelijk gebleven. De oranje stippellijn deelt de voertuigcategorieën op in licht (<5,60m) en zwaar verkeer (5,60-12m). Voor de absolute aantallen wordt verwezen naar Figuren 3 en 4 (en bijbehorende Tabellen 2 en 3 in Bijlage I).



*Figuur 2. Verdeling voertuiglengtes op de N309 bij Elburg in de periode 2016-2019.*

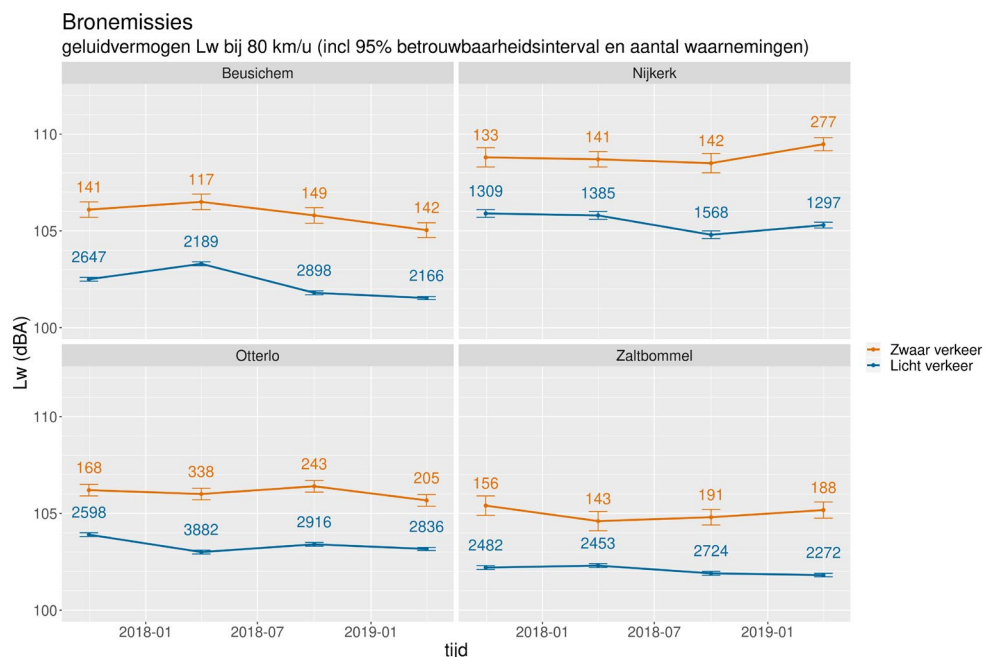
Figuur 3 laat de resultaten zien van de meetopstelling aan de N309 bij Elburg. Per voertuigcategorie zijn de emissies weergegeven over de periode 2016-2019. Deze emissies zijn energetisch gemiddeld. Het geluidvermogen is genormaliseerd tot 80 km/uur. In de figuur zijn eveneens de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weergegeven. Trends zijn gevisualiseerd door het toepassen van een lineaire fit (zie stippellijnen). Het aantal waarnemingen is boven de meetpunten genoteerd. Voor de exacte waarden van de gemiddelden, bijbehorende standaarddeviaties en betrouwbaarheidsintervallen wordt verwezen naar Tabel 2 (licht verkeer) en 3 (zwaar verkeer) in Bijlage I.

Geluidemissies van het zwaar verkeer zijn in drie jaar tijd met ongeveer 1,5 dB(A) afgenomen. Voor het licht verkeer is geen afname waargenomen. Het aantal voertuigen dat in de categorie licht verkeer valt is ongeveer 15 keer zo groot dan het aantal voertuigen in de categorie zwaar verkeer.



Figuur 3. Jaargemiddelde geluidemissies, gemeten per voertuigtype op de N309 bij Elburg over de periode 2016-2019

Vier andere meetopstellingen zijn in 2017 ingericht. Deze meetopstellingen hebben tot op heden te kort gemeten om een trendanalyse te kunnen maken. De resultaten (Figuur 4) zijn daardoor weergegeven zonder de stippelijnen. De exacte waarden van de gemiddelden en bijbehorende standaarddeviaties zijn opgenomen in Tabel 2 (licht verkeer) en 3 (zwaar verkeer) in Bijlage I (Overzicht gemiddelde geluidemissie voertuigpassages).

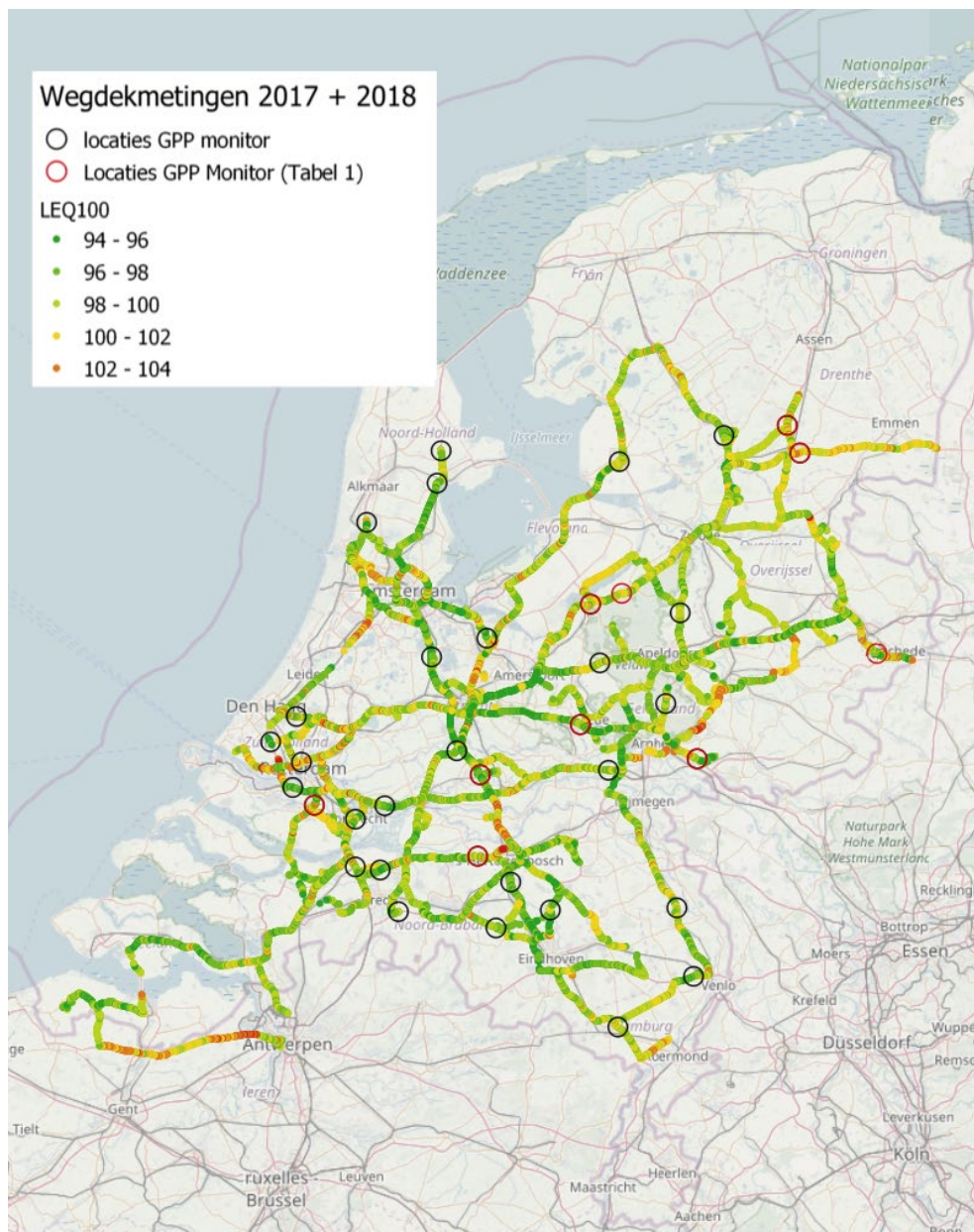


Figuur 4. Jaargemiddelde geluidemissies, gemeten per voertuigtype over de periode 2017-2019

### **3.2 Resultaten II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen**

Figuur 5 toont het gemiddelde geluidniveau onder het voertuig (LEQ). LEQ-waarden zijn genormeerd op een snelheid van 100 km/uur (zie legenda). De cirkels verwijzen naar vaste RIVM meetstations gelegen langs de rijkswegen (zie het Trendmeetnet Geluid). De ritten zijn in 2017 en 2018 gemaakt tijdens bezoeken aan de vaste meetstations. Voor de aangegeven (gekleurde) wegen geldt dat er minstens één rit is gemaakt. Voor het exacte aantal ritten, de gemiddelden, de standaarddeviatie en betrouwbaarheidsintervallen per locatie wordt verwezen naar Tabel 4 in Bijlage II (Overzicht emissies wegdekmetingen). Verschillen (zowel positief als negatief) tussen de gemeten en berekende geluidemissie uit de Geluidmonitor 2018 zijn eveneens opgenomen in deze tabel.

Op de Nederlandse rijkswegen is ZOAB het meest toegepaste soort asfalt. Dit onderzoek houdt echter geen rekening met de exacte verdeling van andere wegdektypen ten opzichte van ZOAB. Figuur 5 toont daarom verschillen, ten opzichte van de 100 dB(A) referentiewaarde, variërend van -6 tot +6 dB(A). Om dieper in te kunnen gaan op de exacte relatie tussen emissie en type deklaag is nader onderzoek noodzakelijk. Dit onderzoek dient minimaal een exacte verdeling van de verschillende deklagen op het hoofdwegennet als onderzoeksvariabele mee te nemen.



*Figuur 5. Resultaat wegdekmetingen 2017-2018. Het voertuiggeluidniveau (LEQ) is gemeten onder het testvoertuig bij 100 km/u in eenheden van 0.1dB(A). Metingen zijn uitgevoerd bij droog weer en genormeerd op 20°C. De cirkels verwijzen naar vaste RIVM meetstations waarvan de rode cirkels naar meetstations met de grootste verschillen tussen meten en rekenen in de Geluidmonitor 2018 verwijzen (zie Tabel 1.).*

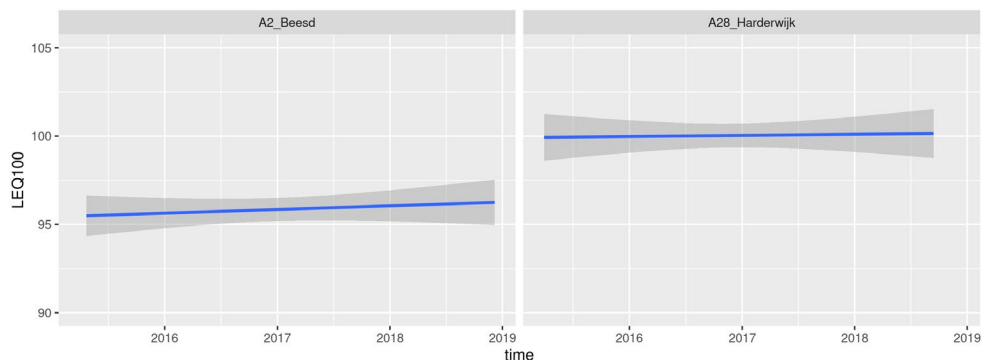
Tabel 1 geeft de resultaten weer van de locaties met de grootste verschillen tussen de gemeten geluidproductie (GGP) en de berekende geluidproductie (BGP) in de Geluidmonitor 2018 (weergegeven met rode cirkels in Figuur 5). De LEQ100 waarden liggen, met uitzondering van de locaties Beesd en Enschede, rond de 100 dB(A); er zijn dus op deze locaties dezelfde waarden gemeten als de waarden die gelden voor het DAB-wegdek. Van Nunspeet is bijvoorbeeld bekend dat er een enkel-laags ZOAB wegdek ligt waar 101 dB(A) gemeten is maar waar 98 dB(A)

verwacht werd. Van het verschil tussen meten en rekenen, valt 3 dB(A) te verklaren door de conditie van het wegdek. De wegdekmetingen laten over het algemeen zien dat het wegdek op deze locaties minder goed het geluid reduceert dan wordt aangenomen in de rekenmethode en is daarmee een oorzaak van het grote verschil tussen meet- en rekenresultaten.

Tabel 1: Per meetpunt (rode cirkels in Figuur 5) zijn de gemeten geluidproductie (GGP) en de berekende geluidproductie (BGP) weergegeven. Daarnaast is ook het verschil ( $\Delta$ ) tussen de GGP en BGP weergegeven. In de vierde kolom staan de gemiddelde LEQ100 waarden (2017-2018) die corresponderen met de waarden in Figuur 5.

Meetpunt	GGP	BGP	$\Delta$	LEQ100
A2_Beesd	71,7	65,4	6,3	96
A12_Ede	71,2	66,8	4,4	99
A35_Enschede	69,3	64,1	5,2	95
A29_Heinenoord	75,0	68,9	6,1	100
A28_Harderwijk	70,4	66,3	4,1	100
A37_Hollandscheveld	70,5	65,4	5,1	100
A59_Nieuwkuijk	73,9	67,3	6,6	101
A28_Nunspeet	72,6	68,1	4,5	101
A28_Pesse	71,5	66,3	5,2	100
A12_Zevenaar	75,5	69,9	5,6	100

Op de locaties Beesd en Enschede is het verschil tussen GGP en BGP minder goed te verklaren door een wegdek met weinig geluidreductie. Van het wegdek in Beesd is bekend dat hier FTLZOAB ligt (zie RIVM2014). Figuur 6 zoomt daarom in op het verschil tussen een locatie met FTLZOAB (Beesd) en een locatie met een enkel-laags ZOAB (Harderwijk) over de periode 2015-2018. Een lineaire fit (solide lijnen) is toegepast op de meetpunten. Met schaduw zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen weergegeven. De legenda verwijst naar de richting van de rijbanen. Het verschil in type deklaag zorgt voor een verschil van ongeveer 4 dB(A) in emissie tussen beide locaties.



Figuur 6. Wegdekmetingen 2015 t/m 2018 in Beesd en Harderwijk

Dit verschil van 4 dB(A) weerspiegelt de te verwachten reductie ten opzichte van de  $C_{\text{wegdek}}$  en is deels terug te zien in de BGP- en LEQ100-waarden van Beesd in Tabel 1. Aangezien Enschede ongeveer gelijke waarden kent, is het mogelijk dat er in Enschede een soortgelijk wegdek

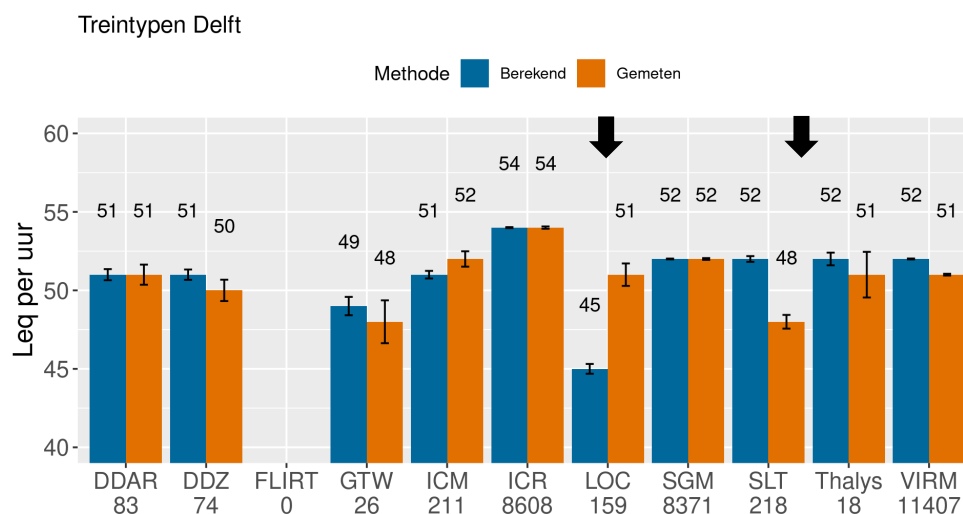


aanwezig is. Het is echter onduidelijk waarom de relatief goede akoestische eigenschappen van het wegdek in Beesd en Enschede niet terug te zien is in de GGP. In zowel Beesd als Enschede is nader onderzoek nodig om te achterhalen waarom het verschil tussen meten en rekenen minder goed verklaard kan worden door een wegdek met weinig geluidreductie.

### 3.3 Resultaten III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage

Per treintype zijn gemeten emissie waarden vergeleken met berekende emissies volgens het RMG. Dit is gebaseerd op de metingen langs het spoor uit 2017. Emissiemetingen zijn gedaan bij Delft (Figuur 7) en Arnhem (Figuur 8). De gemiddelde berekende (blauw) en gemeten (oranje) emissies zijn weergegeven voor de verschillende treintypen. Zwarte pijlen verwijzen naar de treintypen met waargenomen verschillen tussen rekenen en meten die groter zijn dan de meetonzekerheid ( $\pm 2$  dB(A) bij klasse 2 meters). De foutbalken geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weer. Onder de namen van treintypen is het aantal observaties weergegeven. Observaties met een aantal van minder dan 10 ( $n < 10$ ) zijn niet meegenomen in de analyses. De resultaten zijn ook in tabelvorm opgenomen in de bijlagen (Tabel 5 en 6 in Bijlage III).

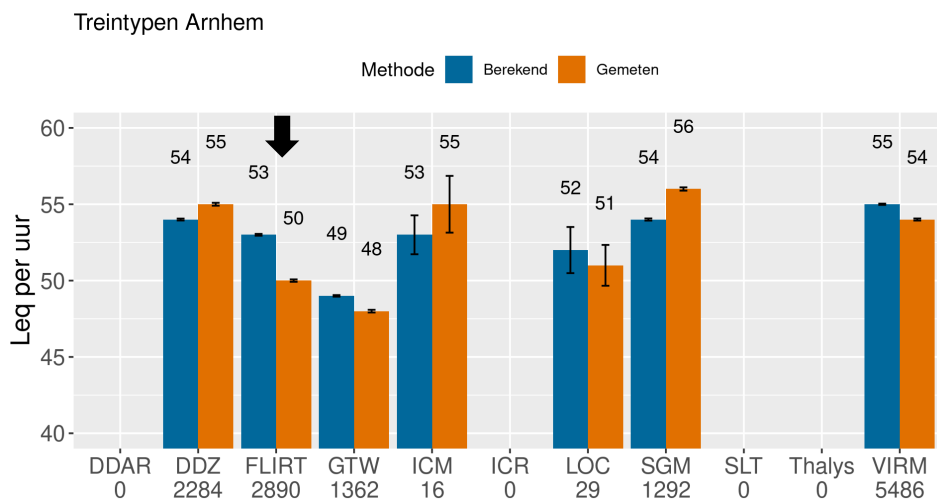
De figuren laten zien dat in Delft ander treinmaterieel rijdt dan in Arnhem. Flinker Lichter Innovativer Regionaltriebzug (FLIRT) wordt in Nederland ingezet als Sprinter en komt niet voor op het traject in Delft. De FLIRT rijdt wel in Arnhem. Vice versa, rijden het Dubbeldeksagglorégiomaterieel (DDAR), de Intercityrijtuigen (ICR) gecombineerd met Traxx locomotieven, het Sprinter Light Train materieel (SLT) en de Thalys op het traject in Delft maar niet in Arnhem.



Figuur 7. Berekende en gemeten geluidemissies van alle passerende treintypen in Delft in de periode februari t/m juni 2017.

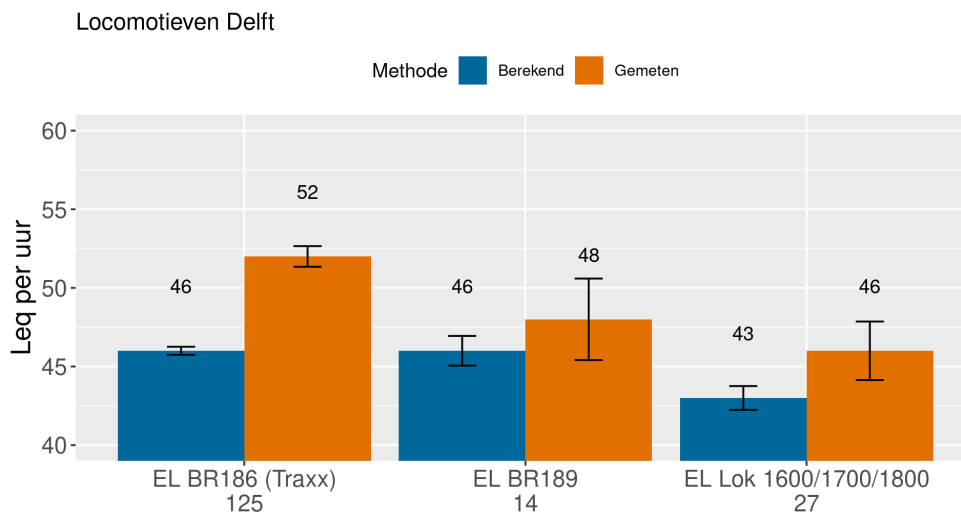


Figuur 7 geeft een overzicht van het treinmaterieel in Delft in de periode februari t/m juni 2017. Voor de meeste treintypen op dit traject zijn er geen wezenlijke verschillen waargenomen tussen de berekende en gemeten waarden. Echter, de berekende waarden van het SLT vallen 4 dB(A) hoger uit dan de gemeten waarden. Voor afzonderlijke locomotieven (LOC) is de gemeten waarde gemiddeld 6 dB(A) hoger dan de berekende waarde.



Figuur 8. Geluidemissies van alle passerende treintypen in Arnhem in de periode september t/m december 2017.

Figuur 9 geeft een overzicht van het treinmaterieel in Arnhem in de periode september t/m december 2017. Berekende emissies van FLIRT vallen met de huidige rekenmethode 3 dB(A) hoger uit dan de gemeten emissies. Voor afzonderlijke locomotieven zijn in Arnhem geen verschillen gevonden. Om inzicht te verkrijgen waar het verschil voor locomotieven in Delft vandaan komt, is gekeken naar de individuele passages van de locomotieven (Figuur 9).



Figuur 9. Berekende en gemeten geluidemissies van alle passerende locomotieven in Delft in de periode februari t/m juni 2017.

Het waargenomen verschil tussen meten en rekenen bij de locomotieven in Delft, kan voor een groot deel verklaard worden door de Traxx. Deze locomotief wordt in Nederland met name ingezet om ICR en goederenwagons te trekken. Verder is de Traxx niet waargenomen op het traject in Arnhem, wat ook verklaart waarom in Arnhem geen verschillen zijn waargenomen bij afzonderlijke locomotieven. De andere twee typen locomotief die zonder rijtuigen het meetstation in Delft passeren, laten eveneens (lichtelijk) hoger gemeten dan berekende waarden zien. De steekproefgrote van deze andere twee type locomotieven is echter klein waardoor de gemiddelden minder betrouwbaar zijn dan die van de Traxx.

De EL Lok's laten een lagere berekende waarde zien dan de overige twee typen locomotieven. Dit valt te verklaren doordat dit type locomotieven gemiddeld een lagere snelheid ( $92 \pm 20$  km/u) liet zien dan de overige typen ( $122 \pm 20$  km/u voor de Traxx en  $115 \pm 20$  km/u voor EL BR189). Opvallend is wel dat de combinatie van Traxx met ICR rijtuigen geen verschil tussen meten en rekenen laten zien. Voor de exacte waarden in Figuur 9 wordt verwezen naar Tabel 7 in Bijlage III.

## 4 Conclusies

De validatie van berekeningen door steekproefsgewijze metingen zoals beschreven in de Geluidmonitor 2018 [RIVM2019] kan signalerend zijn; verschillen tussen meet- en rekenwaarden kunnen aanleiding geven tot vervolgonderzoeken met eventuele aanpassingen in het RMG tot gevolg.

Naar aanleiding van de Geluidmonitor 2018, zijn drie onderzoeken uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met individuele voertuig- en treinpassages. In 2016 is gestart met metingen van de geluidemissies van lichte en zware voertuigen. In 2017 zijn daar vier locaties aan toegevoegd. In 2017 zijn op twee spoorlocaties metingen verricht van geluidemissies van individuele treinpassages. Tijdens bezoeken aan de RIVM meetstations worden eveneens wegdekmetingen verricht.

De achtergrond van de Geluidmonitor is het beoordelen van de actualiteit van de geluidemissies uit de rekenmethode en het monitoren van de effectiviteit van het bronbeleid over meerdere jaren. Waar de Geluidmonitor zich richt op een globale monitoring van de geluidemissie van weg- en spoorverkeer, richt de Geluidmonitor – Nader onderzoek zich op monitoring aan de bron.

### 4.1 Conclusies I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage

De correctie op de  $C_{\text{wegdek}}$  zoals opgenomen in artikel 3.5 en 5.11 uit het RMG loopt vooruit op de verwachting dat auto's op rijkswegen rond 2022 1 à 2 dB(A) stiller zullen zijn door de aanscherping van Europese bandenrichtlijn, namelijk de EU verordening 661/2009 [TNO2011]. Op ZOAB en TLZOAB bedraagt de correctie 1 dB(A) en op FTLZOAB en andere wegdekken 2 dB(A). Deze correctie is van toepassing op wegen vanaf 70 km/u.

Praktijkmetingen uit 2014 konden de effecten van dit bronbeleid niet duidelijk aantonen [RIVM2015]. Deze metingen zijn gehouden van 2005 tot en met 2013 op de meetlocatie aan de N256 bij Colijnsplaat. De aanscherping van de Europese bandenrichtlijn is echter gefaseerd ingevoerd tussen 2012 en 2016. Vanaf 2016 is deze nieuwe richtlijn van toepassing op alle verkochte banden.

Volgens een ander onderzoek lagen echter de geluidswaarden van meer dan de helft van alle typen banden die eind 2005 op de markt waren, tussen de 3 dB(A) en 8 dB(A) onder de Europese limietwaarden die op dat moment van toepassing waren [FEHRL, 2006]. Het is dus mogelijk dat ook in 2016 een groot deel van de beschikbare banden reeds voldeed aan de aangescherpte waarden. Als dat zo is, zouden geluidberekeningen structureel met 1 à 2 dB(A) onderschat worden.

In 2014 is bij Colijnsplaat het oorspronkelijke DAB-wegdek vervangen, waardoor deze locatie niet langer als referentiewegdek kon fungeren. Daaropvolgend is de meetlocatie Elburg ingericht. Metingen bij Elburg laten wel een geluidafname zien voor het zwaar verkeer, maar niet voor

licht verkeer. Aangezien het hier slechts één meetlocatie betreft, kunnen hierover geen harde conclusies getrokken worden. De overige meetlocaties bevatten nog te weinig observaties om een trendanalyse op toe te passen. Volgend jaar zal moeten worden bekeken of er genoeg meetgegevens beschikbaar zijn om een trendanalyse op toe te passen. Mogelijk kan het effect van de stille banden op alle locaties dan beter in kaart gebracht worden.

#### **4.2 Conclusies II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen**

Validatie van wegdekcorrectiefactoren gebeurt door metingen met een logger onder een auto waarbij GPS-coördinaten direct gekoppeld worden aan de gemeten geluidniveaus. Deze methode toont overeenkomsten met CPX-metingen, maar wijkt er wel van af en is daar mee niet gecertificeerd. De metingen bieden een indicatie van de aanwezige akoestische eigenschappen van de (D)ZOAB wegen ten opzichte van de referentie, een DAB-wegdek. De gemeten akoestische eigenschappen zeggen dus iets over de staat van het wegdek.

De wegdekgesteldheid (open of dicht wegdek) is een van de belangrijkste factoren die de geluidemissie per voertuig en daarmee het niveau in de omgeving bepaalt. Bijlage III van het RMG beschrijft een correctieterm (de  $C_{\text{wegdek}}$ ) waarmee de invloed van het wegdek in de rekenuitkomst wordt meegenomen. Daarmee is de geluidafname van een wegdek binnen de rekenmethode constant en niet afhankelijk van leeftijd of conditie van de deklaag.

De geluidreductie van poreuze wegdekken (ZOAB en (F)TLZOAB) laat een tijdsverloop zien met aanvankelijk een hoge en daarna geleidelijk afnemende geluidreductie. Hierdoor kan er bij een meting verschil zijn tussen de werkelijk aanwezige geluidafname van het wegdek en de gemiddelde waarde over de levensduur volgens het RMG. Normaliter is een geluidtoename van circa 2-4 dB(A) over de (technische) levensduur te verwachten. Indien het ZOAB sterk vervuild raakt ('dichtslib') kan de geluidtoename hoger zijn, maar er zijn ook enkele wegvakken waarop na circa 10 jaar nauwelijks geluidtoename heeft plaatsgevonden [GROEN2008].

De verschillen tussen de gemeten en berekende geluidemissie op de meetpunten langs de weg (zoals gepresenteerd in de Geluidmonitor 2018) hangen samen met de spreiding die Figuur 5 laat zien. De verdeling voor ZOAB, dat op het grootste deel van de rijkswegen ligt, heeft een standaarddeviatie van 2 dB(A) en toont verschillen ten opzichte van de 100 dB(A) referentiewaarde variërend van -6 tot +6 dB(A). Wegdekcorrectiefactoren zijn echter gebaseerd op een constante, gemiddelde waarde per wegdektype.

Dit onderzoek houdt geen rekening met de exacte verdeling van andere wegdektypen ten opzichte van ZOAB. In samenwerking met RWS wordt daarom een onderzoek opgezet dat niet alleen de verdeling van wegdektypen maar ook de staat van het wegdek meeneemt. Dit onderzoek heeft als doel om verschillen (zowel positief als negatief)

tussen de gemeten en berekende geluidemissie uit de voorgaande Geluidmonitor te verklaren door de staat van het wegdek.

### **4.3 Conclusies III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage**

In de Geluidmonitor 2018 werden bij twee meetpunten, Delft en Arnhem, veranderingen in geluidemissie ten opzichte van het voorgaande jaar geobserveerd. Bij meetpunt Delft was in 2016 een verschil tussen meten en rekenen van 4 dB(A) geconstateerd. Dit verschil werd echter in 2017 niet meer waargenomen. In de geluidmonitor 2018 werden op deze locaties geen veranderingen in spoorstaafrouwheid gerapporteerd.

Op beide meetpunten bleken verschuivingen in het spoormaterieel te hebben plaatsgevonden. In de Geluidmonitors 2013-2018 verschilden de jaargemiddelde berekende en gemeten waarden 0 dB(A). Deze jaargemiddelden houden echter geen rekening met individuele treinpassages. Verschillen van 3 dB(A) of meer hebben veelal als oorzaak afwijkende geluidemissies per treintype [zie ook RIVM2016].

Onderzoek III richt zich daarom op de verschillen tussen de berekende en gemeten geluidemissie van individuele treintypen.

Voor de meeste treintypen komen de berekende waarden goed overeen met de gemeten geluidemissies. Enkele sprinters, zoals SLT en FLIRT wijken af in die zin dat de gemiddeld gemeten emissie lager is dan de geluidemissie die wordt toegekend aan categorie 8 waarin dit treintype is ingedeeld volgens het rekenvoorschrift.

De SLT metingen komen overeen met metingen die door het RIVM in 2015 zijn verricht [RIVM2016]. Uit een overzicht van de spoorwegbeheerder blijkt dat in 2017 een groot deel van het SLT materieel in Delft vervangen is door ICR materieel. Dit verklaart het verschil tussen meten en rekenen voor meetlocatie Delft in 2017, dat ten opzichte van 2016 verdwenen is zoals beschreven in de Geluidmonitor 2018.

Wanneer locomotieven zonder geledingen over het spoor rijden, zijn hogere gemeten dan berekende geluidniveaus waargenomen. Dit verschil was het grootst bij de Traxx.



## 5 Discussie

“Geluidmonitor 2018 – Nader Onderzoek” richt zich op monitoring aan de bron. Met drie verschillende onderzoeken is de geluidemissie van individuele voertuig- en treinpassages onderzocht. Bij wegverkeer is eveneens bekeken wat de invloed van het wegdek is op de resultaten zoals deze gepresenteerd zijn in Geluidmonitor 2018.

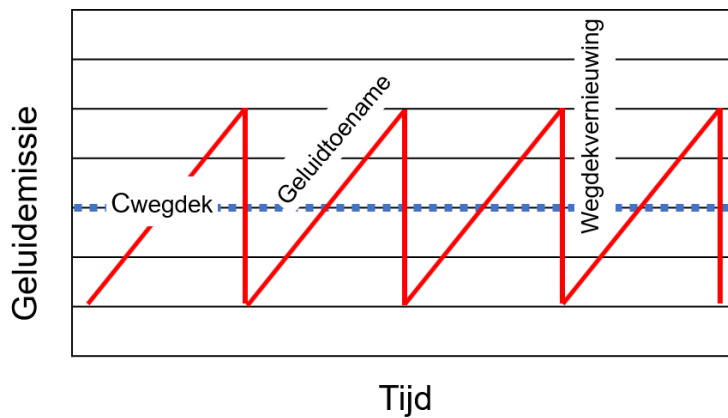
### 5.1 **Discussie I: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per voertuigpassage**

De monitoring van de gemiddelde voertuigemissies richt zich op individuele voertuigpassages op een DAB-wegdek. Of de conditie van het wegdek van invloed is op de stille-banden-af trek is met dit rapport niet onderzocht. Daarnaast is de aanscherping van de Europese bandenrichtlijn gefaseerd ingevoerd tussen 2012 en 2016. Vanaf 2016 is deze nieuwe richtlijn van toepassing op de verkochte banden. Ervan uitgaande dat de gemiddelde levensduur van banden ongeveer vijf jaar is, kan dus pas op zijn vroegst vanaf 2021 iets over de effecten van stille banden gezegd worden.

Een recente studie naar de innovatie in rolgeluid bij banden heeft twee mogelijke scenario's doorberekend. De meest optimistische van de twee scenario's verwacht dat rond 2030 de geluidemissie met gemiddeld 1,5 dB(A) (licht verkeer) en 3 dB(A) (zwaar verkeer) is afgenomen [MAA2016]. Dit zou kunnen verklaren waarom een geluidafname in Elburg voor zwaar verkeer beter waarneembaar is dan voor licht verkeer. De breedte van de band per categorie (licht en zwaar verkeer) is zowel in deze rapportage als in de studie naar innovatie in rolgeluid niet meegenomen als onderzoeksvariabele. Het voornemen is om met de volgende Geluidmonitor – Nader Onderzoek te bekijken of er zich verschuivingen hebben voorgedaan in de breedte van verkochte banden over de afgelopen jaren. Als immers blijkt dat de verkochte banden steeds breder worden, zal dit een averechts effect hebben op de geluidemissie van banden voor, met name, licht verkeer.

### 5.2 **Discussie II: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen**

Bij geluidberekeningen wordt uitgegaan van een wegdek in een gemiddelde staat. Normaliter is een geluidtoename van circa 2 dB(A) over de (technische) levensduur te verwachten. Indien het ZOAB sterk vervuild raakt kan de geluidtoename hoger zijn [GROEN2008]. Met andere woorden, het RMG zal de werkelijke geluidemissie overschatten als het wegdek net vernieuwd is en onderschatten als het een wegdek aan het einde van de levensduur betreft. Hierdoor ontstaat een soort zig-zag patroon met betrekking tot de positieve en negatieve verschillen tussen meten en rekenen (zie Figuur 10).



Figuur 10. Schematische weergave van de geluidemissie na een wegdekvernieuwing en de geleidelijke geluidtoename over de technische levensduur van een wegdek. De  $C_{\text{wegdek}}$  (blauwe stippellijn) gaat uit van een wegdek dat halverwege de levensduur is.

Wanneer er sprake is van een wegdekvernieuwing, wordt de berekende geluidemissie dus met ongeveer 2 dB(A) overschat. In het geval van een onderschatte geluidemissie is het echter niet duidelijk met hoeveel dB(A) dit gebeurt. De  $C_{\text{wegdek}}$  is voor ZOAB-, TLZOAB- en FTLZOAB-wegdekken bij een snelheid van 100 km/uur, respectievelijk 2, 4,8 en 6,5 dB(A). Als het wegdek aan het eind van de levensduur is, kan het dus voorkomen dat het effect van de correctie gedeeltelijk of zelfs volledig teniet wordt gedaan.

Het is bekend dat poreuze wegdekken een beperkte akoestische levensduur hebben [RWS2007]. Het is echter onbekend in welke mate factoren als schade of slijtage, de akoestische levensduur van poreuze wegdekken verkorten. Het vervolgonderzoek, dat in samenwerking met RWS wordt opgestart, gaat zich dan ook richten op de relatie tussen de geluidemissie en de conditie van de verschillende typen wegdek.

### 5.3 Discussie III: Monitoring van de gemiddelde geluidemissie per treinpassage

Voor de spoorwegen geldt dat voor enkele treintypen berekeningen hoger uitvallen dan de metingen. Met name voor moderne sprinters valt de geluidemissie met 3-4 dB(A) lager uit dan wat de berekende waarden voorspellen. Niet al het treinmaterieel is echter onderzocht. In samenwerking met ProRail wordt daarom nu naar geschikte locaties gezocht om de steekproef uit te breiden en op meerdere trajecten de QuoVadis-data aan de RIVM meetgegevens te kunnen koppelen. Interessant hierbij is de vraag hoe het materieel wordt aangedreven (elektrisch of diesel) en afgeremd (gietijzeren remmen, blokremmen of een alternatief remsysteem). Op deze wijze kan de werkelijke geluidemissie van het overige treinmaterieel, waaronder de verschillende typen goederentreinen, onderzocht worden.

### 5.4 Afsluitende discussie

Wanneer er sprake is van een wegdekvernieuwing, neemt de geluidemissie abrupt af en bouwt dit langzaam weer op naarmate het



wegdek verouderd. Hetzelfde effect ontstaat wanneer een spoor geslepen wordt. Dit zijn relatief eenvoudige verklaringen voor situaties waarbij metingen lager uitvallen dan de berekeningen. De Geluidmonitor richt zich op deze eenvoudige verklaringen.

De Geluidmonitor – Nader Onderzoek richt zich op de minder voor de hand liggende verklaringen. Bij berekeningen voor wegverkeer past het RMG correcties toe die gerelateerd zijn aan de kwaliteit van de banden en het wegdek. Zo is bij zwaar verkeer een afname in de geluidemissie van banden waargenomen. Voor lichtverkeer is dit echter niet het geval.

Het doel van de wegdekcorrectie is om het effect van een geluidreducerend wegdek mee te nemen bij het berekenen van de geluidbelasting langs de weg. Een consequentie van de keuze in de methode " $C_{\text{wegdek}}$ " voor een gemiddelde waarde over de technische levensduur, is dat de berekening een overschatting van het geluid oplevert in het geval van nieuwe deklagen en een onderschatting wanneer het gaat om oude deklagen.

Omdat ZOAB op het grootste deel van de Nederlandse rijkswegen ligt, leidt de som van beide correcties op veel plaatsen tot een onderschatting van de werkelijke geluidemissie. Dit verschil komt voor ZOAB uit op 3 dB(A) en komt overeen met het gemiddelde verschil tussen meten en rekenen bij wegverkeer in de Geluidmonitor 2018. Als het een FTLZOAB-wegdek betreft wat tevens aan het eind van zijn levensduur is, kan de som van beide correcties theoretisch tot een verschil van 8,5 dB(A) leiden. Of dit in de praktijk ook daadwerkelijk voorkomt, zal moeten blijken uit het vervolgonderzoek.

De Geluidmonitor – Nader Onderzoek toont aan dat moderne sprinters minder geluid produceren dan de waarden die toebedeeld zijn aan deze categorie treinmaterieel en biedt daarmee een verklaring voor locaties waar het spoor niet is geslepen, maar waar metingen toch lager uitvallen dan de berekeningen. Dat metingen consistent hoger uitvallen dan de berekeningen komt bij het spoorverkeer nauwelijks voor. Enkele locomotieven die zonder geleidingen over het spoor rijden vormen hierop een uitzondering.

Voor zowel rijkswegen als spoorwegen is het van belang dat de rekenmethoden zo dicht mogelijk de praktijk benaderen. Dit is niet alleen van belang om de verschillen tussen meten en rekenen te verkleinen, maar ook om goed zicht te hebben op de gezondheidseffecten en de kwaliteit van de leefomgeving. Daarnaast is het van belang om de verschillen in te perken als er besluiten gebaseerd worden op berekeningen volgens het RMG.



## Referenties

- [EG2009] VERORDENING (EG) Nr. 661/2009 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN DE EUROPESE UNIE, van 13 juli 2009, betreffende typegoedkeuringsvoorschriften voor de algemene veiligheid van motorvoertuigen, aanhangwagens daarvan en daarvoor bestemde systemen, onderdelen en technische eenheden
- [FEHRL2006] Forum of European National Highway Research Laboratories (FEHRL), Study SI2 408 210 Tyre/road noise
- [IEC2002] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672-1 Electroacoustics –Sound level meters Part 1: Specifications
- [ISO2017] ISO 1996-2:2017 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels
- [GROEN2008] Groenendijk, J., Loon, R.C.L van, Eijbersen, M. Stille wegdekken. Proceedings: Infradagen CROW, Delft, 2008.
- [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
- [RIVM2014] Geluidmonitor 2013 – Meetwaarden op referentiepunten uit SWUNG-1, Briefrapport 2015-0021
- [RIVM2015] Geluidmonitor 2014 – Meetwaarden op referentiepunten uit SWUNG-1, Briefrapport 2015-0146
- [RIVM2016] RIVM, Geluidmonitor 2015, Briefrapport nr. 2016-0122
- [RIVM2019] RIVM, Geluidmonitor 2018, Briefrapport nr. 2019-0080
- [RWS2007] Rijkswaterstaat-DVS, De akoestische kwaliteit van wegdekken op het hoofdwegennet, rapport DVS-2007-048, 14 december 2007
- [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)
- [TNO2011] De Roo, F.: Prognose geluidemissie wegverkeer-versie 2, TNO-MEM-2011-00869



## Bijlage I. Overzicht gemiddelde geluidemissie voertuigpassages

*Tabel 2. Voor de lichte voertuig-passages (I) in Gelderland, is het gemiddelde bronvermogen (Lw(A)), de standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) per locatie weergegeven. Daarnaast is de datum en het aantal passages (n) weergegeven.*

<b>Locatie</b>	<b>Datum</b>	<b>Type</b>	<b>n</b>	<b>Lw(A)</b>	<b>SD</b>	<b>BI</b>
Beusichem	10/2017	I	2647	102,5	2,9	0,1
Beusichem	4/2018	I	2189	103,3	2,8	0,1
Beusichem	10/2018	I	2898	101,8	2,9	0,1
Beusichem	4/2019	I	2166	101,5	2,1	0,1
Beusichem	10/2019	I	2170	102,0	2,3	0,1
Elburg	3/2016	I	2111	105,0	2,6	0,1
Elburg	10/2016	I	5497	104,8	2,4	0,1
Elburg	3/2017	I	3145	104,2	2,1	0,1
Elburg	10/2017	I	2667	104,7	3,0	0,1
Elburg	4/2018	I	2419	104,9	2,9	0,1
Elburg	10/2018	I	2276	104,8	3,0	0,1
Elburg	4/2019	I	2431	104,7	2,2	0,1
Elburg	10/2019	I	1775	104,4	2,2	0,1
Nijkerk	10/2017	I	1309	105,9	3,7	0,2
Nijkerk	4/2018	I	1385	105,8	3,7	0,2
Nijkerk	10/2018	I	1568	104,8	4,0	0,2
Nijkerk	4/2019	I	1297	105,3	2,7	0,2
Nijkerk	10/2019	I	1277	106,1	2,8	0,2
Otterlo	10/2017	I	2598	103,9	3,0	0,1
Otterlo	4/2018	I	3882	103,0	3,3	0,1
Otterlo	10/2018	I	2916	103,4	3,1	0,1
Otterlo	4/2019	I	2836	103,2	2,2	0,1
Zaltbommel	10/2017	I	2482	102,2	3,4	0,1
Zaltbommel	4/2018	I	2453	102,3	3,1	0,1
Zaltbommel	10/2018	I	2724	101,9	3,6	0,1
Zaltbommel	4/2019	I	2272	101,8	2,3	0,1
Zaltbommel	10/2019	I	1964	101,9	2,3	0,1

Tabel 3. Voor de zware voertuig-passages (z) in Gelderland, is het gemiddelde bronvermogen (Lw(A)), de standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) per locatie weergegeven. Daarnaast is de datum en het aantal passages (n) weergegeven.

Locatie	Datum	Type	n	Lw(A)	SD	BI
Beusichem	10/2017	z	141	106,1	2,7	0,4
Beusichem	4/2018	z	117	106,5	2,1	0,4
Beusichem	10/2018	z	149	105,8	2,4	0,4
Beusichem	4/2019	z	142	105,0	2,3	0,4
Beusichem	10/2019	z	116	106,2	2,3	0,4
Elburg	3/2016	z	193	108,6	3,4	0,5
Elburg	10/2016	z	496	107,8	3,0	0,3
Elburg	3/2017	z	331	108,5	2,7	0,3
Elburg	10/2017	z	152	107,1	2,4	0,4
Elburg	4/2018	z	119	106,7	2,4	0,4
Elburg	10/2018	z	101	107,0	2,1	0,4
Elburg	4/2019	z	139	106,9	2,5	0,4
Elburg	10/2019	z	99	106,6	2,3	0,5
Nijkerk	10/2017	z	133	108,8	2,9	0,5
Nijkerk	4/2018	z	141	108,7	2,5	0,4
Nijkerk	10/2018	z	142	108,5	3,1	0,5
Nijkerk	4/2019	z	277	109,5	2,9	0,3
Nijkerk	10/2019	z	101	108,8	2,6	0,5
Otterlo	10/2017	z	168	106,2	2,4	0,3
Otterlo	4/2018	z	338	106,0	2,4	0,3
Otterlo	10/2018	z	243	106,4	2,4	0,3
Otterlo	4/2019	z	205	105,7	2,2	0,3
Zaltbommel	10/2017	z	156	105,4	3,3	0,5
Zaltbommel	4/2018	z	143	104,6	2,9	0,5
Zaltbommel	10/2018	z	191	104,8	2,8	0,4
Zaltbommel	4/2019	z	188	105,2	3,0	0,4
Zaltbommel	10/2019	z	163	104,4	3,0	0,5

## Bijlage II. Overzicht gemiddelde geluidemissie van wegdekmetingen

Tabel 4. Gemiddelde emissies van wegdekmetingen (LEQ100) en de standaarddeviaties (SD) zijn weergegeven voor locaties die onderdeel uitmaken van het Trendmeetnet Geluid. Het betreft hier locaties waarbij op minimaal 1 rijbaan is gemeten (aangeduid met n). In de laatste kolom staan de verschillen ( $\Delta$ ) tussen de gemeten en berekende geluidemissie zoals deze gepubliceerd zijn in de Geluidmonitor 2018. Positieve cijfers aan dat de metingen hoger uitvielen dan de berekende waarden. Bij negatieve waarden waren de berekeningen hoger dan de metingen.

Locatie	n	LEQ100	SD	$\Delta$
Andelst (A15)	3	98	1,7	1,9
Bathmen (A1)	8	99,9	3,1	2,3
Bavel (A58)	2	97,5	2,1	2,4
Beesd (A2)	14	95,7	1,7	6,3
Benningbroek (A7)	4	99,5	2,4	-0,9
Boxtel (A2)	7	96,4	1	3,2
Breda (A16)	5	98,8	1,5	1,7
Breukelen (A2)	7	95	1	2
Darp (A32)	9	98,3	1,4	1,9
Delft (A4)	2	93,5	0,7	3,4
Dordrecht (N3)	8	100,1	1,8	1,6
Ede (A12)	2	99	1,4	4,4
Emmeloord (A6)	2	101	0	2,5
Emst (A50)	1	101		3,2
Enschede (A35)	4	98,5	0,6	5,2
Harderwijk (A28)	12	99,9	1,3	4,1
Heinenoord (A29)	4	99,5	1,9	6,1
Hollandscheveld (A37)	1	100		5,1
Hoorn (A7)	4	98,2	2,1	-1,2
Laren (A1)	2	96,5	2,1	1,5
Loenen (A50)	1	100		3,1
Nederweert (A2)	2	100	1,4	3,2
Nieuwkuijk (A59)	2	101	1,4	6,6
Nunspeet (A28)	8	100,6	1,1	4,5
Oirschot (A58)	1	97		2,3
Overschie (A13)	3	102	1	1,1
Pesse (A28)	6	100,5	1	5,2
Rotterdam (A20)	1	101		2
Sint-Oedenrode (A50)	4	98,2	1	2,2
Sliedrecht (A15)	10	99,5	1,5	1,6

<b>Locatie</b>	<b>n</b>	<b>LEQ100</b>	<b>SD</b>	<b><math>\Delta</math></b>
Stroe (A1)	13	99,5	1,7	1
Uitgeest (A9)	2	100	2,8	0,1
Venlo (A67)	1	98		1,3
Venray (A73)	1	100		1,4
Vianen (A27)	15	98,1	1,5	-1,5
Wagenberg (A59)	4	97,2	2,5	0
Zevenaar (A12)	1	100		5,6
Zoetermeer (A12)	4	98,2	1,9	0,5



### Bijlage III. Overzicht gemiddelde geluidemissie treinpassages

Tabel 5. Van trein-passages in Delft, is per treintype het aantal waarnemingen (*n*), de gemiddelde berekende (BGP) en gemeten geluidproductie (GGP) weergegeven. Het verschil tussen BGP en GGP is met delta ( $\Delta$ ) aangeduid. De standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) voor zowel BGP en GGP zijn ook opgenomen in de tabel

Type	n	BGP	GGP	$\Delta$	SD BGP	SD GGP	BI BGP	BI GGP
DDAR	83	50,6	50,8	-0,2	2,0	3,5	0,4	0,6
DDZ	74	50,6	50,3	0,3	1,7	3,6	0,3	0,7
FLIRT								
GTW	26	49,0	48,2	0,7	1,8	4,2	0,6	1,4
ICM	211	50,8	51,8	-0,9	2,1	4,3	0,2	0,5
ICR	8608	54,2	53,7	0,5	1,7	4,1	0,0	0,1
LOC	159	45,3	51,1	-5,8	2,4	5,5	0,3	0,7
SGM	8371	51,8	52,3	-0,5	1,4	3,2	0,0	0,1
SLT	218	52,0	48,0	4,0	1,6	3,9	0,2	0,4
Thalys	18	52,0	50,8	1,3	1,0	3,8	0,4	1,5
VIRM	11407	51,8	51,2	0,7	2,0	3,7	0,0	0,1

Tabel 6. Van trein-passages in Arnhem, is per treintype het aantal waarnemingen (*n*), de gemiddelde berekende (BGP) en gemeten geluidproductie (GGP) weergegeven. Het verschil tussen BGP en GGP is met delta ( $\Delta$ ) aangeduid. De standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) voor zowel BGP en GGP zijn ook opgenomen in de tabel.

Type	n	BGP	GGP	$\Delta$	SD BGP	SD GGP	BI BGP	BI GGP
DDAR								
DDZ	2284	54,1	54,9	-0,8	1,8	2,7	0,1	0,1
FLIRT	2890	53,1	50,4	2,7	1,9	2,6	0,1	0,1
GTW	1362	49,4	48,4	1,0	1,2	2,0	0,1	0,1
ICM	16	52,6	54,7	-2,1	3,1	4,5	1,3	1,9
ICR								
LOC	29	51,7	51,4	0,3	4,9	4,4	1,5	1,3
SGM	1292	54,1	56,3	-2,2	1,5	2,3	0,1	0,1
SLT								
Thalys								
VIRM	5486	54,6	54,4	0,2	1,9	3,0	0,0	0,1

Tabel 7. Van locomotief-passages in Delft is per treintype het aantal waarnemingen ( $n$ ), de gemiddelde berekende (BGP) en gemeten geluidproductie (GGP) weergegeven. Het verschil tussen BGP en GGP is met delta ( $\Delta$ ) aangeduid. De standaarddeviatie (SD) en de betrouwbaarheidsintervallen (BI) voor zowel BGP en GGP zijn ook opgenomen in de tabel.

Type	n	BGP	GGP	$\Delta$	SD BGP	SD GGP	BI BGP	BI GGP
EL BR186	125	45,6	52,4	-6,8	1,7	4,5	0,3	0,7
EL BR189	14	45,6	48,0	-2,4	2,2	5,9	0,9	2,6
EL Lok	27	43,2	45,6	-2,5	2,4	5,9	0,8	1,9



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*