



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

Geluidmonitor 2018

Meting en validatie van geluidproductie
door rijkswegen en spoorwegen

RIVM Briefrapport 2019-0080
D. Welkers et al.



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

Geluidmonitor 2018

Meting en validatie van geluidproductie
door rijkswegen en spoorwegen

RIVM Briefrapport 2019-0080
D. Welkers et al.

Colofon

© RIVM 2019

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-2019-0080

D. Welkers (auteur), RIVM
D. Bergmans (auteur), RIVM
E. Joosten (auteur), RIVM
H. den Hollander (auteur), RIVM

Contact:

Eef Joosten

Milieu en Veiligheid\Centrum Milieukwaliteit\Luchtkwaliteit, Klimaat en Geluid

eef.joosten@rivm.nl

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

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Geluidmonitor 2018

Meting en validatie van geluidproductie
door rijkswegen en spoorwegen

Gemeten en berekende geluidniveaus over 2017 zijn met elkaar vergeleken. De gemeten geluidniveaus langs rijkswegen lagen gemiddeld 2 decibel hoger dan de berekende waarden. Langs het spoor waren de gemeten en berekende geluidniveaus gemiddeld hetzelfde. Dit beeld komt overeen met de resultaten van de jaren 2013-2016. Zowel bij rijks- als spoorwegen varieert op sommige trajecten de mate waarin de berekende en gemeten geluidniveaus verschillen. Eind 2019 presenteert het RIVM een rapport waarbij de achtergrond van de bevindingen uit de Geluidmonitor 2018 is onderzocht.

De weg- en spoorbeheerder, Rijkswaterstaat en ProRail, berekenen elk jaar hoeveel geluid het verkeer op de weg en het spoor maakt. Het RIVM toetst elk jaar met metingen de resultaten van de berekeningen. Zowel deze validatie als de berekeningen zijn een verplichting vanwege de Wet milieubeheer. Deze monitor bevat de door het RIVM gemeten geluidniveaus in 2018. De weg- en spoorbeheerder maken de berekeningen over 2018 in de tweede helft van 2019 openbaar. Deze berekeningen worden in de Geluidmonitor 2019 vergeleken met de gemeten geluidniveaus in 2018. Deze monitor verschijnt in 2020.

Kernwoorden: geluid, metingen, geluidproductie, validatie

Synopsis

2018 Noise monitor

Measurement and validation of noise production by road traffic and railway traffic

Measured and calculated noise levels for 2017 are compared. Noise levels measured alongside motorways were 2 decibels higher than the calculated values. The measured and calculated noise levels alongside the railways were on average the same. This overall picture corresponds to the results for the years 2013-2016. However, the degree to which the calculated and measured noise levels differ from each other does vary on some motorways and railways. At the end of 2019, RIVM presents a report in which the background of the results from 2018 Noise Monitor is investigated.

Each year, the road and railway management authorities, Rijkswaterstaat (Directorate-General for Public Works and Water Management) and ProRail, calculate how much noise is produced by road traffic and railway traffic. RIVM compares measurements to the results of the calculations each year. This validation as well as the calculations are mandatory under the Environmental Management Act. This monitor contains the noise levels of road and railways measured by RIVM in 2018. The road and railway management authorities publicise the calculations over 2018 in the second half of 2019. In the 2019 Noise Monitor, these calculations are compared to the noise levels measured in 2018. This monitor will be published in 2020.

Keywords: noise, measurements, noise production, validation

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Validatie geluidproductie rijkswegen — 13

- 2.1 Meetresultaten 2018 — 13
 - 2.1.1 Bevindingen — 14
- 2.2 Vergelijking meetwaarden en nalevingswaarden 2017 — 14
 - 2.2.1 Bevindingen — 14
- 2.3 Duiding verschillen meten en rekenen rijkswegen — 18
 - 2.3.1 Aftrek art 5.11 — 18
 - 2.3.2 Effect neerslag en temperatuur — 18
 - 2.3.3 Wegdekgesteldheid — 18
 - 2.3.4 Overige invloedfactoren — 19
- 2.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie) — 19

3 Validatie geluidproductie hoofdspoorwegen — 21

- 3.1 Meetresultaten 2018 — 21
 - 3.1.1 Bevindingen — 22
- 3.2 Vergelijking meetwaarde en nalevingswaarden 2017 — 22
 - 3.2.1 Bevindingen — 22
- 3.3 Duiding verschillen meten en rekenen hoofdspoorwegen — 26
 - 3.3.1 Invloedfactoren — 26
- 3.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie) — 26

Referenties — 27

Bijlage 1: Tabel Rijkswegen 2017 — 29

Bijlage 2: Tabel Spoorwegen 2017 — 30

Bijlage 3: Kader — 31

Bijlage 4: Meet- en validatiemethode, onzekerheden — 34

Samenvatting

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het RIVM de voorliggende rapportage 'Geluidmonitor 2018' opgesteld. Deze rapportage vindt jaarlijks plaats. De rapportage bestaat uit de volgende onderdelen:

- De presentatie en bevindingen van meetresultaten over 2018. Deze resultaten zullen in de volgende monitorrapportage worden vergeleken met de door de weg- en spoorbeheerder nog te rapporteren geluidproductie over 2018.
- Vaststelling en interpretatie van verschillen tussen gemeten en berekende geluidproductie voor de weg en het spoor op de geluidproductieplafondreferentiepunten over 2017.

Het vaststellen van de geluidproductieplafonds en het opstellen van de bijbehorende rapportages gebeurt op grond van de Wet milieubeheer. RWS en ProRail rapporteren jaarlijks de geluidproductie en naleving van de vastgestelde geluidproductieplafonds langs rijkswegen en hoofdspoorwegen. De rapportages over 2018 wordt eind 2019 verwacht. In de voorliggende RIVM rapportage worden de resultaten uit 'Akoestisch onderzoek op referentiepunten, Naleving geluidproductieplafonds rijkswegen 2017' van RWS en het 'Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2017' van ProRail getoetst aan metingen.

In het najaar van 2019 geeft het RIVM in een separate rapportage de resultaten van de analyse van de in dit rapport geconstateerde verschillen. Dit valt buiten de scope van dit monitoringsrapport.

Rijkswegen

Op 38 meetpunten is de geluidproductie voor rijkswegen gemeten. In 2017 is de gemeten geluidproductie gemiddeld 2 dB hoger dan de rekenuitkomst uit de nalevingrapportage van RWS. Deze bevinding komt overeen met voorgaande monitoringsjaren (2013-2016). Bij twee meetpunten is de geluidproductie in de afgelopen jaren geleidelijk toegenomen. Bij drie meetpunten is de geluidproductie in de afgelopen jaren geleidelijk afgenomen.

In de periode 2013-2017 hebben zich bij vijf meetpunten verschillen tussen meten en rekenen van 3 dB of meer voorgedaan. Bij één meetpunt zijn in de periode 2013-2017 structureel hogere berekende dan gemeten waarden geobserveerd maar dit verschil is in de laatste drie jaar minder dan 2 dB geworden. Op een ander meetpunt zijn de laatste jaren eveneens hogere berekende dan gemeten waarden waargenomen, maar is er juist in 2017 sprake van een lagere berekende dan gemeten geluidproductie. Drie andere meetpunten laten sinds een aantal jaren een hogere gemeten dan berekende geluidproductie zien. Deze vijf locaties zijn interessant om nader te onderzoeken.

Spoorwegen

Op 36 meetpunten is de geluidproductie voor hoofdspoorwegen gemeten. Het gemiddelde verschil in 2017 tussen de gemeten en berekende geluidproductie is 0 dB. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit voorgaande monitoringsjaren (2013-2016). Bij twee meetpunten is de geluidproductie in de afgelopen jaren geleidelijk toegenomen. Bij drie meetpunten is de geluidproductie in de afgelopen jaren geleidelijk afgenomen.

Bij twee meetpunten zijn verschillen tussen meten en rekenen gevonden. Bij deze meetpunten hebben zich verschuivingen in het spoormaterieel voorgedaan. Nader onderzoek is gewenst om te achterhalen in welke mate wijzigingen in materieel effect hebben op de gemeten en berekende geluidproductie. In de geluidmonitor van 2017 was er een verschil tussen meten en rekenen gevonden bij één meetpunt. Na het slijpen van het spoor is de gemeten geluidproductie in 2017 verlaagd en is het verschil tussen meten en rekenen voor deze locatie kleiner geworden.

1 Inleiding

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het RIVM de voorliggende rapportage 'Geluidmonitor 2018' opgesteld. Deze rapportage vindt jaarlijks plaats. De rapportage bestaat uit de volgende onderdelen:

- De presentatie en bevindingen van de meetresultaten over 2018. Deze resultaten zullen in de volgende monitorrapportage worden vergeleken met de door de weg- en spoorbeheerder nog te rapporteren geluidproductie over 2018.
- Vaststelling en interpretatie van verschillen tussen gemeten en berekende geluidproductie voor de rijks- en spoorwegen op de geluidproductieplafondreferentiepunten over 2017.

Het vaststellen van de geluidproductieplafonds en het opstellen van de bijbehorende rapportages gebeurt op grond van de Wet milieubeheer. RWS en ProRail rapporteren jaarlijks over de naleving van de vastgestelde geluidproductieplafonds langs rijkswegen en hoofdspoorwegen. In de voorliggende rapportage worden de resultaten uit 'Akoestisch onderzoek op referentiepunten, Naleving geluidproductieplafonds rijkswegen 2017' van RWS en het 'Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2017' van ProRail gevalideerd met metingen.

Het RIVM geeft in een separate rapportage de resultaten van de onderzoeken naar de geconstateerde verschillen waarvoor in deze rapportage geen eenduidige verklaring is gegeven.

Leeswijzer

In hoofdstuk twee en drie van dit rapport worden de resultaten voor rijkswegen en hoofdspoorwegen weergegeven. Hierbij wordt ingegaan op de gevonden verschillen tussen meetresultaten en rekenuitkomsten over 2017 en worden meetresultaten over 2018 gepresenteerd. Beide hoofdstukken sluiten af met een conclusie ten behoeve van het nalevingsverslag van Rijkswaterstaat en ProRail.

Voor de meetresultaten 2013-2018 wordt verwezen naar de volgende twee websites:

- Rijkswegen: <https://geluid.rivm.nl/gpp/index.php?type=r>
- Spoorwegen: <https://geluid.rivm.nl/gpp/index.php?type=s>

Door een meetpunt aan te vinken op een kaart wordt interactief een jaaroverzicht verkregen van zowel de meetwaarden van het RIVM als de rekenuitkomsten van de beheerder.

In Bijlage 3 van dit rapport is een toelichting van het wettelijk kader opgenomen. In Bijlage 4 staat een toelichting van de onzekerheden en beperkingen van het meetnet.

2 Validatie geluidproductie rijkswegen

2.1 Meetresultaten 2018

Op locaties uit het meetnet voor geluidproductieplafonds bij rijkswegen wordt het geluid gemeten. De meetperiode varieert van vier maanden tot één jaar. Op basis van de verkregen meetresultaten wordt de geluidproductie bepaald. Uren waarbij het aannemelijk is dat verstoringen door windgeruis ontstaan, zijn geen onderdeel bij de bepaling van de gemeten geluidproductie. In Figuur 1 zijn - net zoals op de RIVM-website - de meetpunten (blauwe bolletjes) van het meetnet rijkswegen weergegeven.



Figuur 1: Meetpunten meetnet rijkswegen

2.1.1 *Bevindingen*

In 2018 is de geluidproductie op 38 meetpunten gemeten. Figuur 2 geeft per meetpunt de gemeten geluidproductie ter hoogte van het geluidproductieplafondreferentiepunt over de jaren 2013-2018. Deze resultaten zijn eveneens opgenomen in Tabel 1 (Bijlage 1). Indien in Figuur 2 een staafje ontbreekt, zijn voor dat betreffende jaar op die locatie geen of onvoldoende meetgegevens beschikbaar.

In Beesd en Emst is een geleidelijke toename over de laatste jaren waarneembaar. Ten opzichte van voorgaande jaren is de gemeten geluidproductie in 2018 voor meetpunten Heinenoord, Loenen en Venray afgenomen. In Heinenoord heeft in het voorjaar van 2018 een wegdekvernieuwing plaatsgevonden wat een plausibele verklaring biedt voor de afname in geluidproductie.

De onzekerheidsmarge van de individuele meetpunten (zie Tabel 1 in Bijlage 1) zijn bijna overal ruim 2 dB. Dit wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de betrouwbaarheid van klasse-2 geluidmeters (2 dB). Voor meer toelichting over de afleiding van deze marge wordt verwezen naar Bijlage 4.

2.2 **Vergelijking meetwaarden en nalevingswaarden 2017**

In Figuur 3 is een overzicht gegeven van de verschillen tussen de meetwaarden en de nalevingswaarden [RWS2018] op referentiepunten voor het jaar 2017. Aanvullend zijn in Figuur 3 ook de verschillen van 2013-2016 weergegeven om veranderingen over voorgaande monitoringsjaren te kunnen bestuderen. De verschillen zijn gesorteerd van klein naar groot voor de resultaten uit 2017. In Figuur 3 zijn ook de gemiddelde verschillen Weg (AVGW) opgenomen (zie het grijze kader in onderste deel van Figuur 3). Dit is geen meetpunt en betreft het gemiddelde numerieke verschil van de totale steekproef.

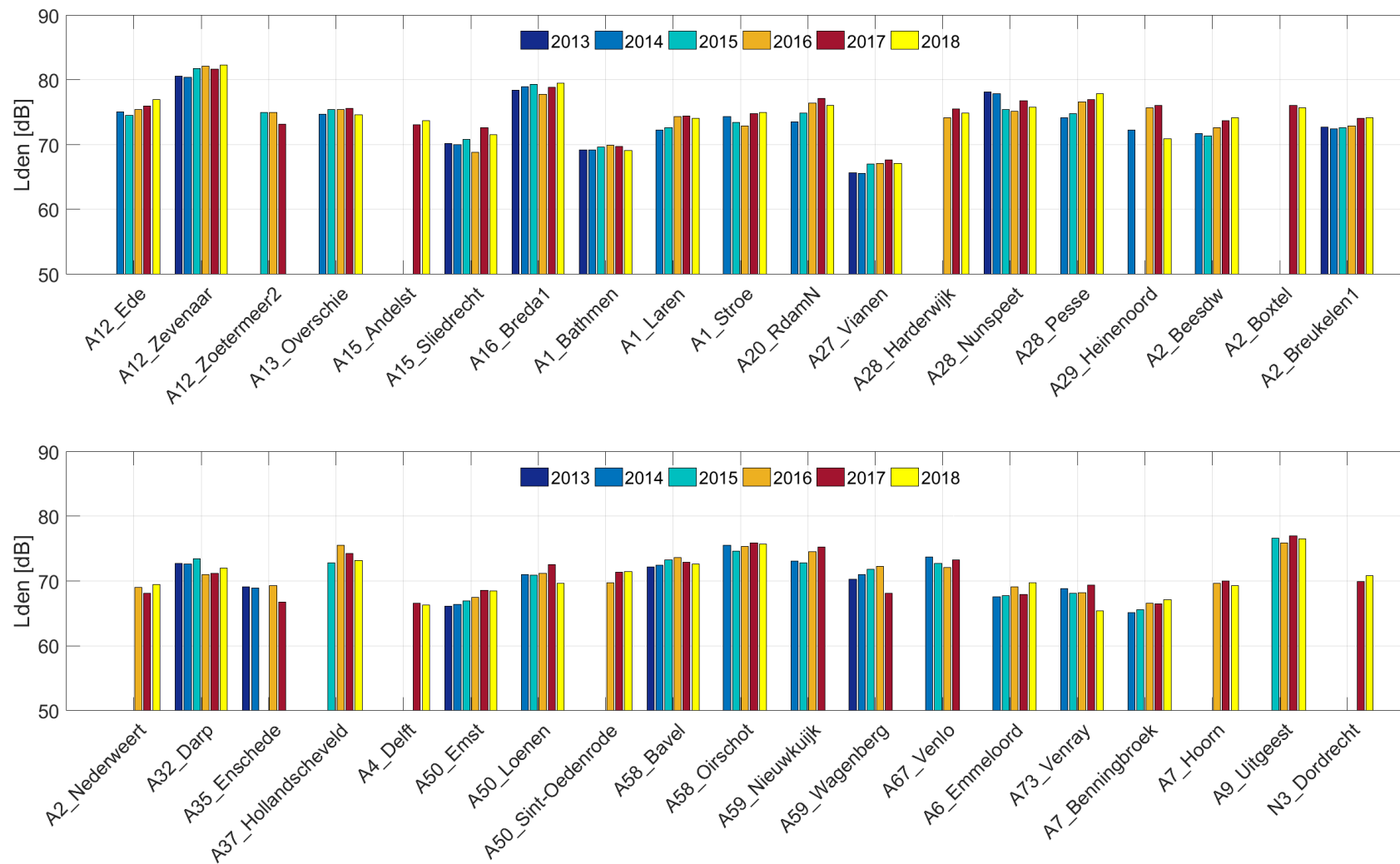
2.2.1 *Bevindingen*

De gemiddelde verschillen tussen meten en rekenen zijn, ten opzichte van voorgaande monitoringsjaren, gelijk gebleven. Het verschil schommelt over de jaren (2013-2017) consistent rond de 2 dB. Uit Figuur 3 is op te maken dat voor 2017 op enkele locaties veranderingen van 3 dB of meer zijn waargenomen ten opzichte van de voorgaande jaren. Een relatief grote verandering duidt op externe factoren die van invloed zijn op de metingen en waar het rekenmodel niet of in beperkte mate rekening mee houdt.

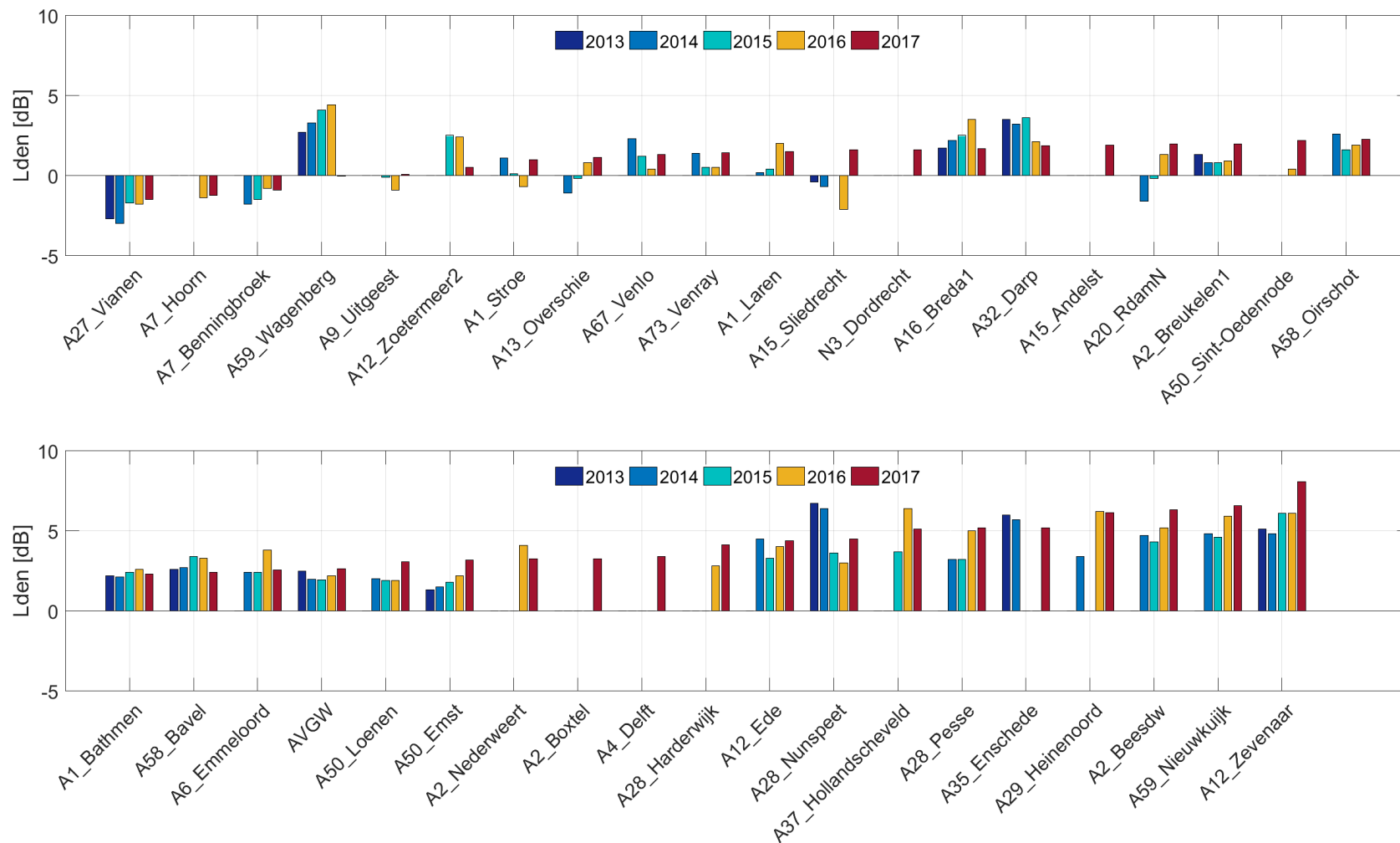
Bij meetpunt Wagenberg is het verschil tussen meten en rekenen in 2017, in tegenstelling tot de voorgaande jaren, verwaarloosbaar. Op deze locatie heeft in 2017 wegdekvernieuwing plaatsgevonden waardoor de berekende resultaten voor 2017 beter overeen komen dan voor de voorgaande jaren. In Sliedrecht werd in 2016 2 dB meer geluidproductie berekend dan gemeten, maar in 2017 werd juist 2 dB meer gemeten dan berekend. Voor deze omslag is geen eenduidige verklaring gevonden. Nader onderzoek is nodig om de oorzaak te achterhalen.

Meetpunten Beesd, Nieuwkuijk en Zevenaar laten een aantal jaren op een rij gemeten geluidproducties zien van consistent 4 dB hoger dan de

berekende waarden. Deze locaties zijn interessant om nader te bestuderen. Meetpunt Vianen liet de laatste jaren juist structureel lagere gemeten dan berekende waarden zien. Dit verschil is in de laatste drie jaar minder geworden dan 2 dB, maar kan nog steeds interessant zijn om op te nemen in een vervolg onderzoek.



Figuur 2: Gemeten geluidproductie in het geluidproductieplafond-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 en 2018



Figuur 3: Verschillen tussen de gemeten en berekende geluidproductie over 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017 op de steekproef van referentiepunten uit 2017.

2.3 Duiding verschillen meten en rekenen rijkswegen

Er zijn verschillende factoren aan te wijzen als oorzaak van verschillen tussen de meet- en rekenwaarden op de referentiepunten. De aftrek artikel 5.11 Reken- en meetvoorschrift geluid (RMG) en de invloed van neerslag en temperatuur op de geluidbron werden in de voorgaande monitorrapportages als belangrijke oorzaken genoemd. In de hier volgende paragrafen zijn deze oorzaken nader toegelicht.

2.3.1 *Aftrek art 5.11*

De aftrekregeling uit artikel 5.11 uit het RMG loopt vooruit op de verwachting dat auto's op rijkswegen na 2020 1 à 2 dB stiller zullen zijn door de aanscherping van Europese bandenrichtlijn [TNO2011]. Op ZOAB en 2-laags ZOAB (TLZOAB) bedraagt de aftrek 1 dB en op 2-laags ZOAB fijn (FTLZOAB) en andere wegtypen 2 dB. Praktijkmetingen waaronder de meetreeksen die het RIVM uitvoert, kunnen effecten van dit bronbeleid tot nu toe echter niet duidelijk aantonen [RIVM2015].

2.3.2 *Effect neerslag en temperatuur*

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. Zoals gerapporteerd bleek in 2014 de gemiddelde geluidproductie over alle uren (droog en nat wegdek) 0,6 dB hoger dan in uren met enkel een droog wegdek. In 2015 is een gemiddeld effect van 0,9 dB gevonden en het effect in 2016 bedroeg 0,7 dB [RIVM2016]. Behalve neerslag heeft ook de temperatuur invloed op de geluidemissie van het verkeer. Evenals de invloed van neerslag is dit is een relatief klein effect, maar beiden werken verhogend in het verschil tussen en meten en rekenen. Bij elkaar komt het effect op circa 1 tot 1,5 dB.

2.3.3 *Wegdekgesteldheid*

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 niveau in de omgeving bepaalt. Bijlage III van het RMG2012 beschrijft een correctieterm (de 'C_{wegdek}') waarmee de invloed van het wegdek in de rekenuitkomst wordt meegenomen. De wegdekcorrectie in de rekenmethode geeft een gemiddelde geluidreductie ten opzichte van een standaard dicht asfaltbeton¹ (DAB) over de levensduur van het wegdek. Daarmee is de geluidreductie van een wegdek binnen de rekenmethode constant en niet afhankelijk van leeftijd of conditie van de deklaag. Op de weg laat de geluidreductie van poreuze wegdekken (ZOAB, (F)TLZOAB) een tijdsverloop zien met aanvankelijk een hoge en daarna geleidelijk afnemende geluidreductie. Hierdoor kan er bij een meting verschil zijn tussen de werkelijk aanwezige geluidreductie van het wegdek en de gemiddelde waarde over de levensduur volgens het RMG. Het emissieverschil tussen een nieuw wegdek en halverwege de levensduur is circa 2 dB [RIVM2014].

¹ Dit is het 'referentiewegdek' uit het RMG

2.3.4 *Overige invloedfactoren*

De weg- en spoorbeheerder hebben aangegeven dat ook een akoestisch verharde (niet poreuze) ondergrond (bijvoorbeeld wegen of water) tussen de weg of het spoor en het meetpunt, invloed heeft op het verschil tussen de meet- en rekenwaarde. De geluidproductie-rekenmethode gaat per definitie uit van een onverharde bodem naast de rijksweg. Bij de keuze van de meetpunten wordt de invloed hiervan zo veel mogelijk beperkt, maar is niet altijd geheel te vermijden. Effecten vragen nog nader onderzoek, maar worden op de meeste weglocaties op minder dan 0,5 dB geschat. Ook deze effecten zijn klein, maar systematisch draagt het bij aan lichtelijk verhoogde meetresultaten.

Daarnaast kan de overdrachtscorrectie, waarmee de gemeten geluidniveaus op het meetpunt worden gecorrigeerd naar een meetwaarde op het meest nabij gelegen referentiepunt, afwijken van de werkelijke overdracht. In de praktijk blijkt de afwijking zeer beperkt en worden op maximaal 0.2 dB geschat [RIVM2014]. Ook de cumulatieve (gecombineerde) geluidbelasting, kan als een stoorbron functioneren. In veel gevallen is er altijd enig andersoortig geluid aanwezig, maar de meetpunten zijn zo gekozen dat de bijdrage van stoorbronnen ruim (10-15 dB) lager is dan de bijdrage van de rijksweg of het spoor.

2.4 **Verantwoording nalevingsverslag (conclusie)**

Volgens artikel 11.22 Wet milieubeheer moet de beheerder van de rijkswegen (RWS) in het nalevingsverslag een verantwoording van de validatie van de berekende waarden voor de referentiepunten opnemen. Op basis van de voorgaande bevindingen luidt die verantwoording:

“Het RIVM heeft ter uitvoering van artikel 11.22 Wm, vierde lid, onder c, geluidmetingen uit 2017 vergeleken met de door Rijkswaterstaat voor dat jaar berekende geluidproductie op referentiepunten langs rijkswegen. Met een steekproef van 38 meetpunten is de geluidproductie gemeten. De gemeten geluidproductie is gemiddeld 2 dB hoger dan de rekenuitkomst uit de nalevingrapportage. Er is geen toe- of afname van de gemiddelde verschillen tussen meten en rekenen vergeleken met voorgaande monitoringsjaren (2013-2016).

Bij vijf meetpunten hebben zich veranderingen van 3 dB of meer voorgedaan. Eén meetpunt vertoonde in de vorige monitoringsjaren een verschil tussen meten en rekenen. In 2017 is dit verschil niet meer geobserveerd wat verklaard kan worden door een wegdekvernieuwing. Bij één meetpunt zijn in de periode 2013-2017 structureel hogere berekende dan gemeten waarden geobserveerd maar dit verschil is in de laatste drie jaar kleiner geworden. Op een ander meetpunt zijn de laatste jaren eveneens hogere berekende dan gemeten waarden waargenomen, maar is er juist in 2017 sprake van een lagere berekende dan gemeten geluidproductie. Drie andere meetpunten laten sinds een aantal jaren een hogere gemeten dan berekende geluidproductie zien.”

3 Validatie geluidproductie hoofdspoorwegen

3.1 Meetresultaten 2018

Op meetpunten uit het geluidproductieplafond-meetnet bij hoofdspoorwegen wordt het geluid gemeten. De meetperiode varieert van vier maanden tot één jaar. Op basis van de verkregen meetresultaten wordt de geluidproductie van hoofdspoorwegen bepaald. Passages waarbij het aannemelijk is dat verstoringen door windgeruis kunnen ontstaan, zijn geen onderdeel bij de bepaling van de gemeten geluidproductie. In Figuur 5 zijn - net zoals op de RIVM-website - de meetpunten (oranje bolletjes) van het meetnet spoor weergegeven.



Figuur 5: Meetpunten meetnet hoofdspoor

Figuur 6 geeft per meetpunt de gemeten geluidproductie in het geluidproductieplafond-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 en 2018.

3.1.1 *Bevindingen*

In 2018 is de geluidproductie op 36 meetpunten gemeten. Ten opzichte van 2017 en 2016, is in 2018 de gemeten geluidproductie bij meetpunten Almelo, Beilen, Didam, Diepenveen, Oss, Oudewater, Staphorst en Westervoort afgenomen. In Geldermalsen is de gemeten geluidproductie de laatste drie jaar toegenomen. De onzekerheidsmarge van de individuele meetpunten (zie Tabel 2 in Bijlage 2) bedraagt ruim 2 dB. Dit wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de betrouwbaarheid van klasse-2 geluidmeters (2 dB). Voor meer toelichting over de afleiding van deze marge wordt verwezen naar Bijlage 4.

3.2 **Vergelijking meetwaarde en nalevingswaarden 2017**

In Figuur 7 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen de meetwaarden en de nalevingswaarden [ProRail2018] op referentiepunten uit de steekproef van 2017. Deze resultaten zijn ook opgenomen in Tabel 2 (Bijlage 2). Aanvullend zijn ook de verschillen van 2013-2016 weergegeven om veranderingen over voorgaande monitoringsjaren te kunnen bestuderen. De verschillen zijn gesorteerd van klein naar groot over 2017. In de steekproef is de gemeten geluidproductie in 2017 ongeveer net zo vaak hoger als lager dan de rekenuitkomst.

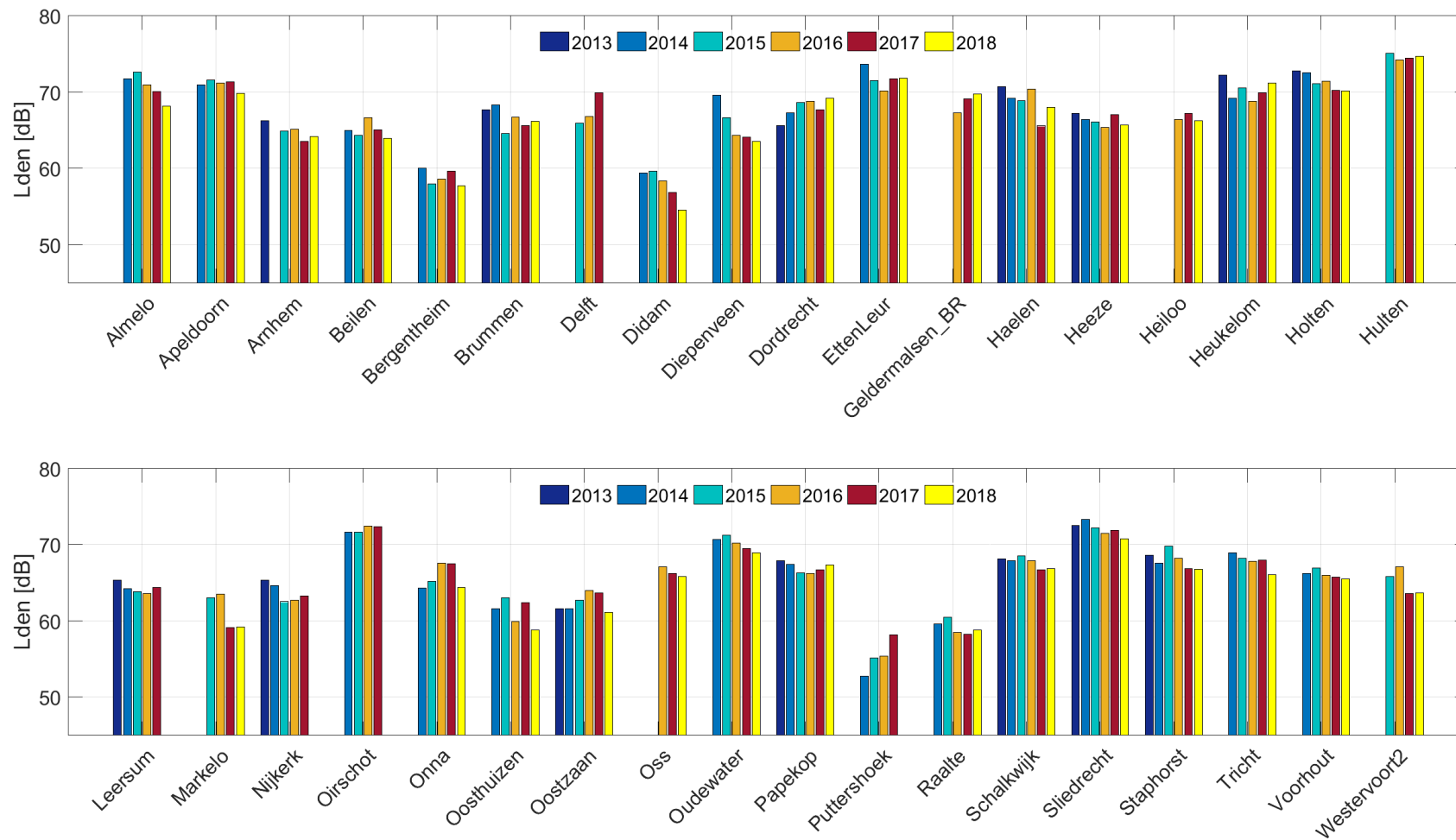
In de figuur zijn ook de gemiddelde verschillen Spoor (AVGS) opgenomen (zie het grijze kader in het bovenste deel van Figuur 7). Dit is geen echte meetpunt en betreft het gemiddelde numerieke verschil van de totale steekproef. Ten opzicht van voorgaande jaren neemt het gemiddelde verschil iets af in 2016 en 2017, maar blijft het afgerond 0 dB.

3.2.1 *Bevindingen*

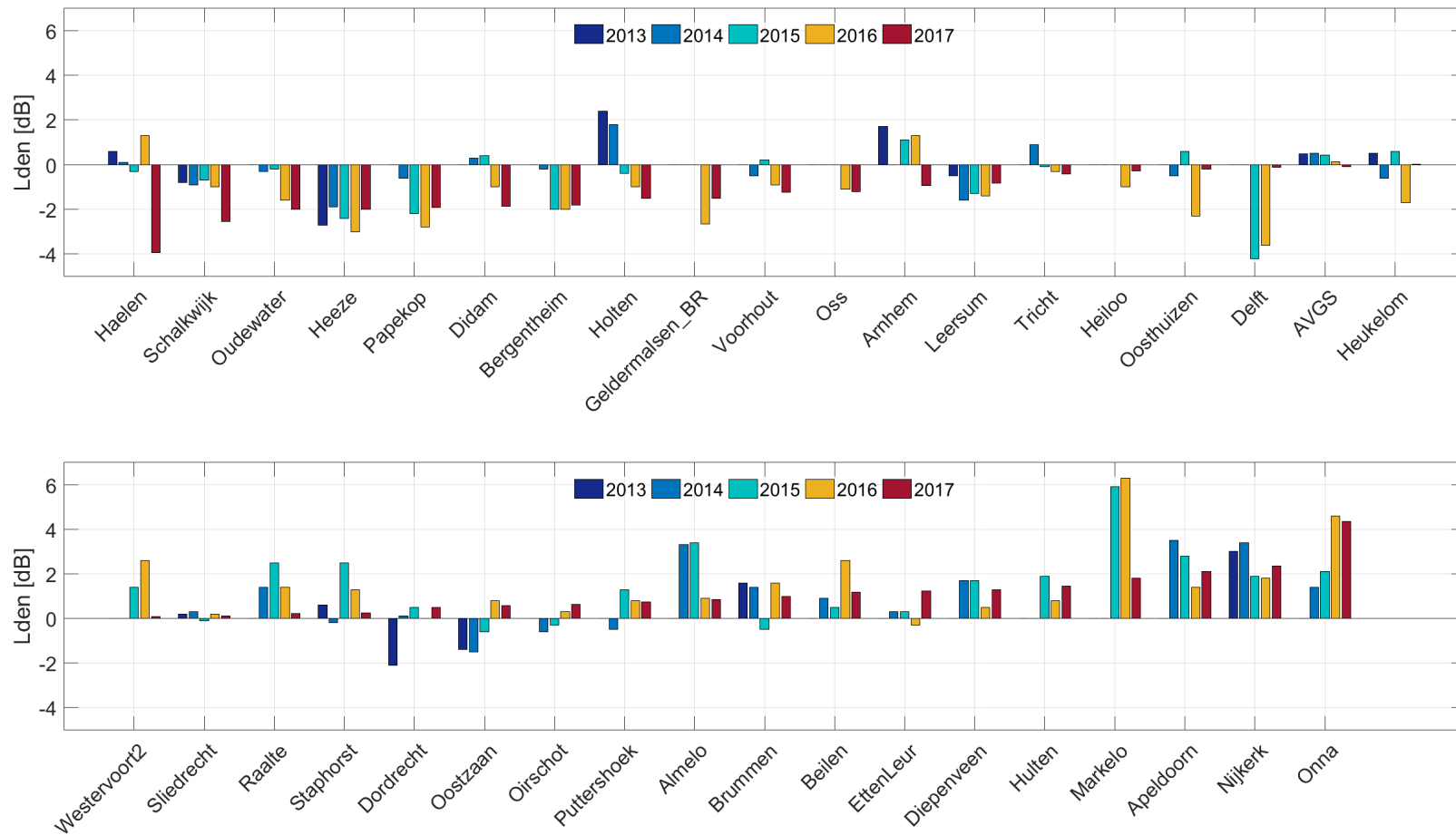
Over het algemeen komen meet- en rekenuitkomsten in 2017 met elkaar overeen. Het gemiddelde verschil tussen de gemeten en berekende geluidproductie bedraagt 0 dB. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit monitoringsjaren 2013-2016. Voor 2017 zijn op enkele locaties veranderingen van 3 dB of meer waargenomen in de verschilreeksen van individuele meetpunten in Figuur 7. Een relatief grote verandering duidt op externe factoren die van invloed zijn op de metingen, en waar het rekenmodel niet of in beperkte mate rekening mee houdt.

Bij meetpunt Haalen werd in 2016 1 dB hoger gemeten dan berekend. In 2017 is er 4 dB lager gemeten dan berekend; een verandering van 5 dB. Bij meetpunt Delft was in 2016 een verschil tussen meten en rekenen van 4 dB geconstateerd. Dit verschil is in 2017 niet meer geobserveerd. De spoorwegbeheerder geeft aan dat op beide trajecten verschuivingen hebben plaatsgevonden in het spoormaterieel. Nader onderzoek is nodig om de effecten van verschuivingen in spoormaterieel te achterhalen.

In 2016 werd bij meetpunt Markelo 6 dB hoger gemeten. In 2017 is dit verschil na het slijpen van het spoor gereduceerd tot 2 dB. In 2016 was bij meetpunt Onna het verschil tussen meten en rekenen opgelopen tot ruim 4 dB. Dit verschil is ook in 2017 geobserveerd. In Onna is een extra meetpost geïnstalleerd om beter zicht te krijgen op de gemeten resultaten. Voor de geluidmonitor 2019 zullen de resultaten van deze tweede meetpost nader bestudeerd worden.



Figuur 6: Gemeten geluidproductie in het GPP-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 en 2018



Figuur 7: Verschillen tussen de gemeten en berekende geluidproducties en over 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017 op de steekproef van referentiepunten uit 2017.

3.3 Duiding verschillen meten en rekenen hoofdspoorwegen

Er zijn verschillende factoren aan te wijzen als oorzaak van verschillen tussen de meet- en rekenwaarden op de referentiepunten. Net zoals bij rijkswegen geldt de invloed van de bodem en overdrachtscorrectie. Variatie van spoorstaafruwheid ten opzichte van het gemiddelde in het RMG is ook van invloed.

3.3.1 Invloedfactoren

Verschillen van 3 dB of meer zijn doorgaans niet te verklaren uit afwijkende treinintensiteiten, maar hebben veelal als oorzaak afwijkende geluidemissies per treineenheid. Deze hangen samen met de baangesteldheid, aanwezigheid van wissels, spoorstaafruwheid en daarbij veroorzaakte geluidemissie van het materieel [RIVM2016].

3.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie)

Ingevolge artikel 11.22 Wm moet de beheerder van de spoorwegen (ProRail) in het nalevingsverslag een verantwoording van de validatie opnemen. Op basis van de voorgaande bevindingen luidt die verantwoording:

“Het RIVM heeft ter uitvoering van artikel 11.22 Wm, vierde lid, onder c, geluidmetingen uit 2017 vergeleken met de door ProRail voor dat jaar berekende geluidproductie op referentiepunten langs hoofdspoorwegen. Op 36 meetpunten is de geluidproductie gemeten. Het gemiddelde verschil tussen de gemeten en berekende geluidproductie is 0 dB. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit voorgaande monitoringsjaren (2013-2016).

Bij twee meetpunten zijn verschillen tussen meten en rekenen gevonden. Bij deze meetpunten hebben zich verschuivingen in het spoormaterieel voorgedaan. Nader onderzoek is gewenst om te achterhalen in welke mate wijzigingen in materieel effect hebben op de gemeten en berekende geluidproductie. In 2016 was er een verschil tussen meten en rekenen gevonden bij één meetpunt. Na het slijpen van het spoor is de gemeten geluidproductie in 2017 verlaagd en is het verschil tussen meten en rekenen voor deze locatie kleiner geworden.”

Referenties

- [ProRail2018] Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2017, publicatie ProRail september 2018
- [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
- [RIVM2018] RIVM, Geluidmonitor 2017, Briefrapport nr. 2018-0125
- [RWS2018] Akoestisch onderzoek op referentiepunten, Naleving geluidproductieplafonds rijkswegen 2017, september 2018
- [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
- [IEC2002] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672-1 Electroacoustics –Sound level meters Part 1: Specifications
- [ISO2007] ISO 1996-2:2007 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels
- [ISO9613] ISO 9613-2: Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation
- [Probst2005] Wolfgang Probst, Uncertainties in the prediction of environmental noise and in noise mapping, Acoustiques & Technique no40, Centre d'information et de documentation sur le bruit, CIDB 2005

Bijlage 1: Tabel Rijkswegen 2017

Tabel 1: Per meetpunt zijn de gemeten geluidproductie (GGP) inclusief meetonzekerheden en de berekende geluidproductie (BGP) weergegeven. Daarnaast is ook het verschil tussen de GGP en BGP weergegeven.

Meetpunt	GGP	Onzekerheid	BGP	Vershil
A27_Vianen	68,2	2,1	69,7	-1,5
A12_Zevenaar	75,5	2,4	69,9	5,6
A58_Bavel	70,8	2,1	68,4	2,4
A1_Bathmen	67,5	2,1	65,2	2,3
A28_Nunspeet	72,6	2,4	68,1	4,5
A50_Emst	70,7	2,1	67,5	3,2
A32_Darp	66,5	2,2	64,6	1,9
A59_Wagenberg	67,2	2,1	67,2	0,0
A35_Enschede	69,3	2,1	64,1	5,2
A15_Sliedrecht	70,3	2,1	68,7	1,6
A2_Boxtel	69,5	2,2	66,3	3,2
A9_Uitgeest	69,4	2,6	69,3	0,1
A2_Beesdw	71,7	2,1	65,4	6,3
A13_Overschie	70,0	2,3	68,9	1,1
A20_RdamN	71,7	2,3	69,7	2,0
A2_Breukelen1	69,9	2,2	67,9	2,0
A16_Breda1	72,7	2,4	71,0	1,7
A12_Zoetermeer2	71,2	2,1	70,7	0,5
A37_Hollandscheveld	70,5	2,2	65,4	5,1
N3_Dordrecht	67,5	2,1	65,9	1,6
A4_Delft	67,6	2,0	64,2	3,4
A7_Benningbroek	64,5	2,1	65,4	-0,9
A28_Pesse	71,5	2,3	66,3	5,2
A6_Emmeloord	67,4	2,1	64,9	2,5
A29_Heinenoord	75,0	2,0	68,9	6,1
A58_Oirschot	70,5	2,3	68,2	2,3
A1_Laren	68,6	2,1	67,1	1,5
A59_Nieuwkuijk	73,9	2,0	67,3	6,6
A1_Stroe	70,3	2,2	69,3	1,0
A50_Loenen	72,1	2,0	69,0	3,1
A12_Ede	71,2	2,2	66,8	4,4
A15_Andelst	69,1	2,2	67,2	1,9
A73_Venray	67,1	2,1	65,7	1,4
A67_Venlo	68,8	2,2	67,5	1,3
A50_Sint-Oedenrode	67,8	2,1	65,6	2,2
A2_Nederweert	69,3	2,1	66,1	3,2
A28_Harderwijk	70,4	2,5	66,3	4,1
A7_Hoorn	67,3	2,2	68,5	-1,2

Bijlage 2: Tabel Spoorwegen 2017

Tabel 2: Per meetpunt zijn de gemeten geluidproductie (GGP) inclusief meetonzekerheden, berekende geluidproductie (BGP) en het verschil tussen de gemeten en berekende geluidproductie weergegeven.

Meetpunt	GGP	Onzekerheid	BGP	Vershil
Arnhem	61,9	2,1	62,8	-0,9
Staphorst	61,1	2,3	60,9	0,2
Papekop	63,8	2,1	65,7	-1,9
Heukelom	64,6	2,3	64,6	0,0
Brummen	58,4	2,5	57,4	1,0
Sliedrecht	65,9	2,4	65,8	0,1
Leersum	61,8	2,1	62,6	-0,8
Oostzaan	59,8	2,2	59,2	0,6
Dordrecht	63,0	2,3	62,5	0,5
Schalkwijk	62,6	2,2	65,1	-2,5
Haelen	56,4	2,8	60,3	-3,9
Heeze	59,4	2,6	61,4	-2,0
Nijkerk	61,2	2,1	58,8	2,4
Holten	61,2	2,7	62,7	-1,5
Delft	65,5	2,2	65,6	-0,1
Markelo	54,4	2,3	52,6	1,8
Hulten	68,9	2,4	67,4	1,5
Westervoort2	57,0	2,4	56,9	0,1
Oosthuizen	59,0	2,1	59,2	-0,2
Oudewater	63,3	2,4	65,3	-2,0
Voorhout	60,0	2,3	61,2	-1,2
Onna	60,7	2,4	56,4	4,3
EttenLeur	62,5	2,8	61,3	1,2
Bergentheim	56,0	2,2	57,8	-1,8
Raalte	52,0	2,4	51,8	0,2
Diepenveen	60,7	2,2	59,4	1,3
Didam	53,3	2,2	55,2	-1,9
Oirschot	66,0	2,5	65,4	0,6
Puttershoek	63,2	2,3	62,4	0,8
Beilen	59,2	2,4	58,0	1,2
Apeldoorn	63,0	2,7	60,9	2,1
Almelo	64,1	2,4	63,2	0,9
Tricht	63,6	2,2	64,0	-0,4
Geldermalsen_BR	65,5	2,3	67,0	-1,5
Heiloo	60,9	2,4	61,2	-0,3
Oss	59,5	2,5	60,7	-1,2

Bijlage 3: Kader

Algemeen

In de Wet milieubeheer zijn in juli 2012 geluidproductieplafonds ingevoerd op referentiepunten langs rijkswegen en spoorwegen. De referentiepunten zijn beoordelingspunten die overwegend op 50 meter afstand van de infrastructuur en op 100 m onderlinge afstand liggen. De geluidproductie, uitgedrukt in L_{den} dB op de referentiepunten, dient aan weerszijden van de weg of het spoor onder een wettelijk vastgelegde grenswaarde, het Geluid-Productie-Plafond (GPP), te blijven.

Rijkswaterstaat en ProRail hebben als beheerders de wettelijke taak de gemiddelde berekende geluidproductie langs rijkswegen en spoorwegen te monitoren en daarover jaarlijks aan de minister te rapporteren. De monitoring vindt rekenkundig plaats, waarbij na elk kalenderjaar de gerealiseerde verkeers- en infragegevens worden vastgesteld waarmee vervolgens de geluidproductie op de referentiepunten wordt berekend. Vóór oktober volgend op een kalenderjaar moet de berekende geluidproductie (in het vervolg GPR: Geluid-Productie-Realisatie) in een nalevingsverslag worden gerapporteerd aan de minister van Infrastructuur en Waterstaat.

Reikwijdte GPP-meetprogramma

De validatie die in dit kader door het RIVM wordt uitgevoerd, heeft een technisch-wetenschappelijk karakter en is geen handhavinginstrument in juridische zin. De systematiek van de GPP's is gebaseerd op een rekenkundige bepaling van de aan het plafond te toetsen geluidproductie en beperkt zich voor wat betreft meetactiviteiten tot een steekproefsgewijze validatie. De meetresultaten kunnen leiden tot voorstellen en adviezen om rekenmethoden aan te passen, maar de wettelijke toetsing aan de plafondwaarden vindt plaats op basis van de geluidproductie zoals die met het vigerend rekenvoorschrift door de weg- of spoorbeheerder is vastgesteld.

Het meetprogramma richt zich op de signalering van afwijkingen tussen rekenen en meten op de referentiepunten. Alle meetpunten zijn daarom zo gekozen dat op het meest nabij gelegen referentiepunt een gemeten geluidproductie kan worden vastgesteld die rechtstreeks kan worden vergeleken met de door de weg- of spoorbeheerder opgegeven berekende waarde, zoals bij de wet werd beoogd. Verschillen hebben, zoals hiervoor toegelicht, geen onmiddellijke juridische betekenis, maar vestigen wel de aandacht op locaties waar de verschillen ruim buiten de meetonzekerheid liggen. Onderzoek naar de oorzaken van deze verschillen kan onvolkomenheden in de wettelijke rekenmethoden of in de invoer daarvan aan het licht brengen. Doordat het meetprogramma voorziet in een periodieke steekproef zal na enige jaren een goed inzicht ontstaan of, los van individuele verschillen, de rekenresultaten gemiddeld in overeenstemming zijn met de werkelijke niveaus.

Validatieplicht

In de Wet milieubeheer is op verzoek van de Tweede Kamer een verplichte verantwoording van validatie opgenomen. De voorschriften

hiervoor zijn opgenomen in artikel 11.22 en 11.33 van de Wet milieubeheer:

- Artikel 11.22 stelt dat het nalevingsverslag van de beheerder, 'een verantwoording van de validatie van de berekende waarden voor de referentiepunten moet bevatten, waarbij de validatie in ieder geval plaatsvindt middels steekproefsgewijze metingen door een onafhankelijke partij'.
- Artikel 11.33 stelt dat de rekenmethoden van de minister meet-technisch gevalideerd moeten worden. 'Bij het berekenen van de geluidproductie, bedoeld in het vorige lid, wordt uitgegaan van de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg of spoorweg, welke zijn gevalideerd door metingen uitgevoerd door een onafhankelijke partij'.

Deze voorschriften hebben tot doel dat metingen de integriteit van het beheersysteem waarborgen. Voorkomen moet worden dat, als gevolg van verkeerde aannamen of fouten in rekenmethoden en/of invoergegevens, een verandering in geluidproductie niet of onvoldoende tot uiting komt in de berekende waarde op de referentiepunten.

Validatie voor de GPP-referentiepunten (art. 11.22)

Validatie dient plaats te vinden door middel van steekproefsgewijze metingen. Het doel hiervan is om de berekende geluidproductie op referentiepunten te vergelijken met een meting. De validatie dient een goed inzicht te geven in de orde en oorzaken van verschillen tussen rekenen en meten. Dit inzicht kan er toe leiden dat het RIVM, als beheerder van de rekenmethoden voor weg- en spoorgeluid (zie volgende paraaf), een advies aan de minister geeft tot verbetering van de rekensystematiek, waardoor rekenuitkomsten beter aansluiten bij de realiteit.

Advisering en beheer van de rekenmethoden (art.11.33)

Advisering en beheer van de rekenmethoden vindt plaats binnen een onderzoeksprogramma dat gestuurd wordt door het RIVM in samenwerking met een werkgroep, waarin diverse stakeholders vertegenwoordigd zijn. Het RIVM signaleert knelpunten en brengt advies uit aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat over gewenste actualisaties en verbeteringen. Resultaten vanuit het validatieprogramma op de GPP-referentiepunten kunnen een trigger zijn voor het onderzoeksprogramma en worden mede meegenomen in de aanbevelingen. Maar ook de uitkomsten van andere akoestische onderzoekprogramma's worden in het algemene beheer van de rekenmethoden geagendeerd. Doel is de rekenmethoden zo actueel mogelijk te houden, zodanig dat verschillen met praktijkmetingen in brede zin zo veel mogelijk beperkt blijven. De minister beslist aan de hand van het advies over te ondernemen acties, die vervolgens onder regie van het RIVM worden uitgevoerd. Deze acties kunnen uiteindelijk leiden tot concrete voorstellen om de wettelijke rekenmethoden op onderdelen aan te passen en bij goedkeuring van de minister, tot implementatie daarvan.

De validatie beperkt zich tot de signalering van afwijkingen tussen rekenen en meten, maar doet geen aanbevelingen of voorstellen ten aanzien van eventuele wijzigingen in rekenmethoden. Wel beoogt het onderzoek inzicht te geven in de mogelijke oorzaken van verschillen

tussen rekenen en meten en daarmee handvaten te bieden voor verbeteringen. Belangrijk daarbij is hoe aannames in rekenmethoden ten aanzien van de gemiddelde geluidemissie van voertuigen of treinen zich verhouden tot waarnemingen in de praktijk. Artikel 11.33 houdt in dat ook deze gegevens via metingen regelmatig gevalideerd dienen te worden. Voor het meetprogramma betekent dit dat er niet alleen metingen nodig zijn met als doel de geluidproductie op referentiepunten vast te stellen, maar dat ook metingen nodig zijn gericht op algemene modelvalidatie en onderliggende parameters zoals de geluidproductie van verschillende typen wegdekken voertuigen en treinen. Zonder een goed inzicht in deze aspecten kunnen immers geen goede adviezen worden opgesteld.

Bijlage 4: Meet- en validatiemethode, onzekerheden

Meetopzet bij validatie van Geluidproductie rijks- en spoorwegen

Het geluidmeetnet omvat circa 75 meetpunten langs rijkswegen en spoorwegen, waar de geluidproductie gedurende een voldoende ruime periode van het jaar werd bemonsterd. Het gaat om GPP-meetpunten, bedoeld ter validatie van de door de weg- en spoorbeheerder berekende geluidproductie op een nabij gelegen referentiepunt. De omgeving van elke GPP-meetpunt dient geschikt te zijn voor de toepassing van de rekensystematiek, omdat anders geen rechtstreekse vergelijking mogelijk is. Daarnaast dient het aantal meetpunten voldoende groot te zijn om een representatief beeld van verschillen tussen rekenen en meten te verkrijgen [RMG2012].

De strategie bij de keuze van de meetpunten is:

- Binnen beschikbare middelen, een geluidmeetnet van voldoende omvang en representativiteit, zowel langs de weg als het spoor
- Voldoende diversiteit in typen snelwegen en wegdekken, bovenbouwconstructies en spoormaterieel
- Voldoende ruimtelijke spreiding over Nederland, waarbij aandacht voor drukke rijkswegen en spoorwegen met relatief veel vracht/goederen verkeer naar Duitsland.
- De GPP-meetpunten zoveel mogelijk in lijn met de GPP-rekenmethode. Dat wil zeggen poldersituaties zonder invloed van gebouwen en verharde oppervlakken in de overdracht.
- Geen invloed van wegen die niet onder GPP-regelgeving vallen of bijdragen van andere typen omgevingsgeluid.
- Geen storende invloed van meteorfactoren, zoals te harde wind
- Daarnaast geldt voor alle GPP-locaties dat er vanuit het meetpunt, ingericht op 4 m hoogte ten opzichte van het maaiveld, een vrij akoestisch zicht op de (spoor)weg aanwezig moet zijn.

Meetonzekerheden

Uitkomsten van rekenmethoden roepen vaak discussie over de betrouwbaarheid op. Bij metingen is er eerder draagvlak voor de uitkomsten, omdat deze vrij zijn van aannamen ten aanzien van overdracht of verkeerssamenstelling. De uitkomsten van metingen bieden echter evenmin 100% betrouwbaarheid en de onzekerheden zullen bij een verkeerde meetopzet groter zijn dan bij een goed onderbouwd rekenmodel. De betrouwbaarheid van een meting is afhankelijk van verschillende factoren. Navolgend worden deze factoren nader omschreven en wordt toegelicht hoe deze doorwerken in de onzekerheid van het meetresultaat.

De onzekerheid in de gemeten geluidproductie voor een referentiepunt is afhankelijk van:

- a) het type meetapparatuur: klasse-1 of 2 (onzekerheid apparatuur)
- b) de duur van de meetperiode gedurende het jaar (statistische onzekerheid)
- c) het verschil in meetpunt ten opzichte van het referentiepunt (plaatsonzekerheid)

- d) Invloed van andere dan de te meten geluidbronnen (windruis, lokale gemeentelijke wegen, industrie etc.)

Ad a) Onzekerheid apparatuur

We onderscheiden meetapparatuur die voldoet aan de specificaties uit IEC 61672-1 voor klasse-1 en klasse-2 microfoons [IEC2002]. Deze internationale standaard stelt tolerantiegrenzen per frequentie. Bij 1000 Hz bedraagt toelaatbare tolerantie ± 0.7 dB voor klasse-1 en ± 1.5 dB voor klasse-2 apparatuur. In de praktijk komt dit voor breedbandig, A-gewogen geluidniveaus neer op een onzekerheid van maximaal ± 1 dB voor klasse-1 en maximaal ± 2 dB voor klasse-2 apparatuur. Bij de opbouw van het meetnet in 2013 is aanvankelijk gewerkt met een combinatie van klasse-1 en klasse-2 meetposten. Bij de uitbouw van het meetnet is er in 2014 voor gekozen om geheel over te gaan op klasse-2 geluidloggers. Deze hebben weliswaar een wat kleinere meetnauwkeurigheid, maar zijn zeer flexibel en snel inzetbaar. Dit maakt het mogelijk om meetpunten eenvoudig te rouleren en biedt tevens de mogelijkheid om tegen acceptabele kosten aanzienlijk meer meetpunten in te richten. Hierdoor kan een beter totaalbeeld worden verkregen dan met een beperkt aantal meetposten. Het huidige meetnet heeft een omvang van orde grootte 40 meetpunten langs de weg en 40 langs het spoor. De klasse-2 apparatuur is beschreven en gevalideerd in [RIVM2014]

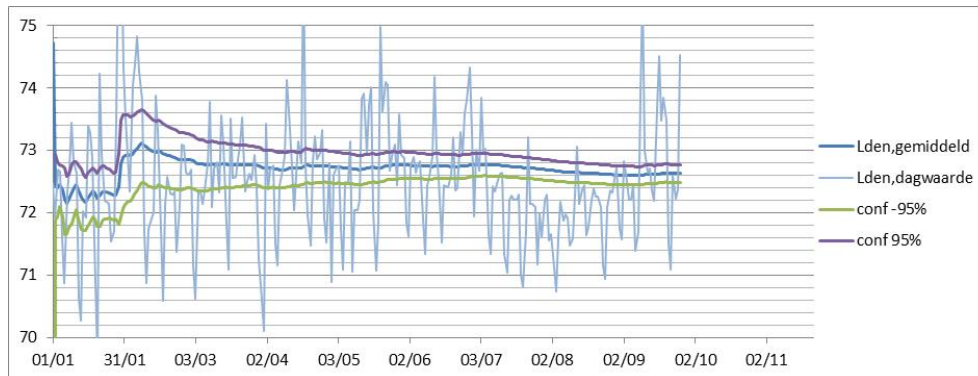
Ad b) Statistische onzekerheid

Naast de onnauwkeurigheid van de meetapparatuur neemt de onzekerheid toe wanneer er niet jaarrond wordt gemeten. De te valideren geluidsproductie (L_{den} in dB(A)) is een gewogen, jaargemiddelde waarde en wanneer bij validatie over een kortere periode wordt gemeten, ontstaat er een onzekerheid in hoeverre de gekozen meetperiode representatief is voor het jaargemiddelde. De onzekerheid neemt toe naarmate de meettijd gedurende het te beoordelen jaar afneemt en om deze zoveel mogelijk te beperken dient er dus zo lang mogelijk te worden gemeten. Er kan immers niet zonder meer vanuit worden gegaan dat een meetperiode van een dag of een maand zonder meer de correcte jaarwaarde oplevert. De geluidproductie van dag tot dag of van week tot week is onderhevig aan sterk wisselende invloeden. Te denken valt hierbij aan windrichting, temperatuur, neerslag en het verkeersaanbod en rijsnelheden.

In de praktijk blijkt het niet mogelijk om alle uren van het jaar continu te meten. Conform de richtlijnen uit de ISO 1996-2 [ISO2007] kunnen metingen niet worden verricht bij een windsterkte van meer dan 5 m/s. Bij alle uren is met behulp van KNMI-gegevens gecontroleerd of de metingen hieraan voldoen. Geluidniveaus die zijn gemeten bij te harde wind zijn uit de data gefilterd en niet meegenomen in de middeling. Verder kan apparatuur soms een periode uitvallen door stroomuitval.

Om de statische onzekerheid in het meetresultaat voor de L_{den} te schatten, wordt aangenomen dat de etmaalwaarde hiervan (L_{den} bepaald over 24 u) een normale verdeling volgt. Een meetpunt levert dan een steekproef (gelijk aan het aantal geldige meetdagen) uit deze verdeling, waaruit vervolgens met de gebruikelijke onzekerheidsstatistiek een 95% betrouwbaarheidsinterval voor de jaargemiddelde L_{den} kan worden

afgeleid. Figuur 8 illustreert dit voor de RIVM meetpunt langs de A2 bij Breukelen en toont de spreiding in dagwaarden en onzekerheidsmarges voor het steekproefgemiddelde als schatter voor de jaargemiddelde L_{den} . De statistische onzekerheid over de gehele periode van januari tot oktober bedraagt circa $\pm 0,2$ dB.



Figuur 8: Dagwaarden, spreiding en onzekerheidsmarges L_{den} gemeten langs de A2 bij Breukelen, periode januari – oktober 2013.

Om een betrouwbare meting te doen van de jaargemiddelde-geluidproductie langs rijkswegen en spoorwegen is het niet nodig een jaar lang continu te meten. Na een aantal maanden blijkt de statistische onzekerheid in de gemeten geluidproductie klein ten opzichte van de apparatuur- en plaatsonzekerheid. Dit betekent dat het voordelig is om een tweede meetreeks op een andere locatie op te bouwen, zodat met eenzelfde meetinspanning een groter aantal referentiepunten kan worden gevalideerd. Om tot een meetwaarde van L_{den} te komen wordt meerdere maanden in het jaar continu gemeten waarbij een zomer en winterperiode wordt meegenomen.

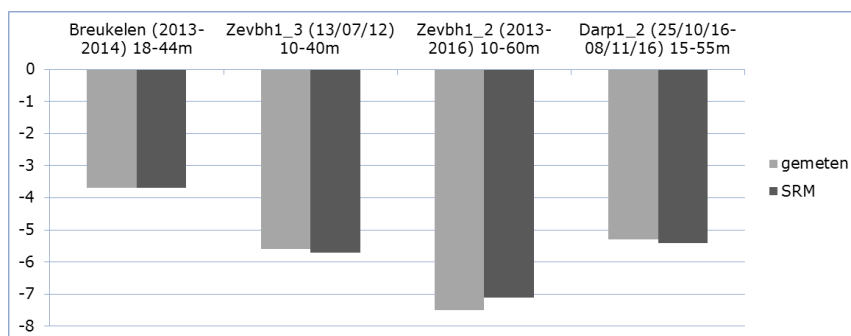
Ad c) Plaatsonzekerheid

Een derde bron van onzekerheid is in welke mate een meetuitkomst afwijkt van de te valideren geluidproductie op een GPP-locatie (referentiepunt), wanneer het meetpunt niet samenvalt met het referentiepunt. Het is in de praktijk meestal niet mogelijk om een meetpunt exact op een GPP-referentiepunt in te richten. In veel gevallen is het vanuit praktische omstandigheden nodig om een positie te kiezen die hier enigszins van afwijkt. Om de gemeten geluidniveaus bij afwijkende meetpositie te kunnen relateren aan een berekende geluidproductie op een GPP-referentiepunt wordt de meting daarom gecorrigeerd voor het verschil in afstand tot de bron met behulp van de overdracht die in de standaardmethode zoals die ook voor de berekening van de GPP waarden wordt toegepast [RMG2012]. Dit brengt een kleine extra onzekerheid met zich mee die wordt meegenomen in de betrouwbaarheidsmarge rondom de gemeten geluidproductie op het referentiepunt. De onzekerheid neemt toe naarmate de benodigde correctie groter is en hangt af van de afstand van het meetpunt tot de verbindinglijn door de referentiepunten op 50 meter afstand van de weg of het spoor. De onzekerheid in de overdrachtscorrectie bedraagt ongeveer $\pm 20\%$ van de absolute waarde van de correctie [Probst2005]. Het gaat om relatief kleine correcties die een onzekerheid opleveren die klein is ten opzichte van de apparatuur en statistische onzekerheid. Als

bijkomend voordeel van deze methode kan nog worden genoemd dat men dichterbij de bron minder snel bijdragen van lokale geluidbronnen (niet behorend tot de rijksweg) zal ondervinden.

Ad c2) Validatiemetingen overdracht volgens het RMG

Door de wegbeheerder is gewezen op een mogelijke afwijking van de huidige overdracht volgens het RMG ten opzichte van metingen op 1,5 m hoogte in het bereik van 15 tot 40 m [TNO2011]. De metingen in het GPP meetprogramma worden verricht op circa 4 m hoogte en volgens de standaard overdracht vertaald naar een meetwaarde op het dichtstbij gelegen referentiepunt. Om na te gaan in hoeverre de daarbij gehanteerde overdracht tot afwijkingen leidt, zijn op een viertal locaties aanvullend op het meetpunt overdrachtsmetingen verricht. De resultaten zijn hierna weergegeven. Bij de overdrachtsmetingen is gelijktijdig op twee meetposities over langere periode gemeten en is het gemeten niveauverschil vergeleken met een berekende overdracht volgens het RMG.



Figuur 9: Vergelijking van gemeten en berekende overdracht op een viertal meetpunten

Tabel 3: Resultaten overdrachtsvalidatie op diverse locaties

locatie	Periode	Afstanden a-b	duur	Gemeten overdracht	RMG (ISO9613-2) overdracht* $\pm 20\%$
Breukelen	2013-2014	18-44 m	2 jaar	-3.7	-3.7 \pm 0.7
Zevbh1_3	13/07/12	10-40 m	40 min	-5.6	-5.7 \pm 1.1
Zevbh1_2	2013-2016	10-60 m	2013-2016	-7.5	-7.1 \pm 1.4
Darp1_2	25/10/16-08/11/16	15-55 m	10 dagen	-5.3	-5.4 \pm 1.1

*vrije veldoverdracht, vanuit wegverharding over grasland van a-b, beiden op 4 m hoogte

De resultaten van de overdrachtsvalidatie laten zien dat de overdracht volgens het RMG (praktisch vergelijkbaar met [ISO9613]) in het bereik van de afstanden uit Tabel 3 in overeenstemming is met de gemeten overdracht. Daarmee is de meting op het meetpunt, mits de afstandsverschillen beperkt blijven, te corrigeren naar een meetwaarde volgens het RMG op het nabij gelegen referentiepunt, zonder dat dit tot fouten groter dan de aangehouden onzekerheidsmarge ($\pm 20\%$) leidt [ISO9613].

Ad d) Onzekerheden door stoorgeluid

Dit treedt op wanneer op het meetpunt geluidbronnen invloed hebben op het meetresultaat, die niet tot de beoogde bron (rijksweg of spoor) behoren. Bijvoorbeeld nabij gelegen industriële installaties, brommers, vliegtuigen etc. Deze bijdrage aan de onzekerheid is tot een minimum

beperkt door alle meetpunten zorgvuldig te inspecteren op de afwezigheid van mogelijke stoorbronnen. In veel gevallen is er altijd enig andersoortig geluid aanwezig, maar de meetpunten zijn zo gekozen dat de bijdrage van stoorbronnen ruim (10-15 dB) lager is dan de bijdrage van de rijksweg of het spoor. Dit wordt vergemakkelijkt doordat alle meetpunten relatief dicht bij de beoogde bronnen liggen.

Resulterende onzekerheid

Genoemde onzekerheden zijn conform ISO1996-2 in de gemeten geluidproductie L_{den} verwerkt en op de referentiepunten als volgt meegenomen [ISO2007].

$$\delta L_{den} \approx \pm \sqrt{m^2 + s^2 + (0.2\Delta_{ovd})^2}$$

Waarin,

- m : onzekerheid apparatuur ± 1 dB voor klasse-1 en ± 2 dB voor klasse-2 met maandelijks klasse-1 kalibratie
- s : statistische onzekerheid, bepaald aan de hand van de variantie van het verkregen steekproefgemiddelde uit maximaal 365 dagwaarden L_{den}
- Δ_{ovd} : geluidoverdracht meetpunt-referentiepunt volgens het RMG

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag