

RIVM rapport nr. 725201203

Monitor resultaten Geluid 2000

Overzicht monitormetingen omgevingsgeluid 2000

J. Jabben, C. Potma, W. Swart

Mei 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van DGM-LMV, in het kader van project 'Ontwikkeling monitorsysteem geluid en verstoring' M/725201.

Abstract

As part of an enhanced effort in monitoring the environmental quality in 1999, the RIVM set up a noise monitoring programme. This programme forms part of the project, 'Development of a monitoring system for noise and disturbance', which aims at establishing a number of permanent sites for monitoring the trends in noise levels for large-scale sources such as roadways and railways. In the framework of the programme for 2000 continuous noise measurements were made on a number of specific sites. These would serve to support and validate models used in policy studies.

Measurements were taken and analysed using the results of a feasibility study which had been conducted in 1999 along the A2 roadway near Breukelen. Here, the results of the measurements, including the analysis, are given for this site in 2000. The measurements were combined with traffic volume figures in order to determine the source strength of different vehicle categories.

The results of a feasibility study for conducting similar continuous noise measurements on two other sites are also presented here. One site was found near Breukelen along the railway line between Utrecht and Amsterdam. The aim was to monitor the trend in noise emissions from railway stock. The other was set up in a sanctuary at Zegveld.

At the measurement site along the A2 highway near Breukelen, yearly averaged sound power level of 106.7 dB(A) for passenger cars and 110.3 dB(A) for freight cars were found. These results are consistent with data from standard noise calculation models. A temperature effect was also found: i.e. the noise levels in winter were approximately 3 dB(A) higher than in the summer.

The pilot study at the site along the railway between Utrecht and Amsterdam near Breukelen indicates that monitoring noise levels along railway lines by means of continuous measurements offers the possibility of keeping emission data up to date, checking model predictions and evaluating the long-term effect of policies regarding noise emission limits. Therefore monitoring will be continued in 2001, with additional inquiry into the possibility of distinguishing results according to train category. In the year 2000, an average noise emission level of approximately 64 dB(A) for one railway carriage per hour was set as the standard, being valid for daytime, evening and night-time.

The pilot measurements at the Zegveld sanctuary were difficult to interpret and could not be clearly compared to model parameters and model predictions. This site appeared to be unsuitable for monitoring purposes, and for this reason, the measurements at this location will not be continued.

Inhoud

SAMENVATTING 4

1. INLEIDING 5

2. OVERZICHT BRONNEN EN MEETLOCATIES 7

- 2.1 MOTIVATIE LOCATIEKEUZE 7
- 2.2 BREUKELLEN SNELWEG 8
 - 2.2.1 *Locatieoverzicht* 8
- 2.3 WESTKANAALDIJK RAILVERKEER (DE AA) 9
 - 2.3.1 *Locatieoverzicht* 9
- 2.4 STILTEGEBIED ZEGVELD 11
 - 2.4.1 *Locatieoverzicht* 11
- 2.5 GEMETEN INDICATOREN 12
- 2.6 MEETAPPARATUUR 13

3. RESULTATEN 15

- 3.1 BREUKELLEN RIJKSWEG 15
 - 3.1.1 *Metingen equivalent geluidniveau* 15
 - 3.1.2 *Meteocondities* 16
 - 3.1.3 *Verkeersgegevens* 17
- 3.2 BREUKELLEN RAILVERKEER 20
- 3.3 ZEGVELD 20

4. ANALYSE 22

- 4.1 WEGVERKEER RIJKSWEG A2 22
 - 4.1.1 *Vergelijking met rekenmethode LBV* 22
 - 4.1.2 *Vergelijking rekenen en meten bij overdracht over grote afstand* 23
 - 4.1.3 *Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse* 25
- 4.2 BREUKELLEN RAILVERKEER 28
- 4.3 ZEGVELD 31

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 33

- 5.1 CONCLUSIES 33
- 5.2 VOORTGANG IN 2001 33

Literatuur 35

Bijlage 1 Verzendlijst 36

Bijlage 2 Overzicht gemeten uurwaarden 2000 rijksweg A2, meetpost LML 641 Breukelen 38

Bijlage 3 Overzicht gemeten uurwaarden 2000 railverkeer, meetpost 'de Aa' Breukelen 41

Bijlage 4 Regressieanalyse meetgegevens rijksweg A2 44

Samenvatting

In het kader van structurele intensivering van meetactiviteiten ten behoeve van het monitoren van milieukwaliteit is door het RIVM in 1999 een meetprogramma voor geluid opgesteld. In het kader van dit programma zijn door het RIVM in 2000 op een aantal specifieke locaties permanente geluidmetingen verricht gericht op het ondersteunen en valideren van het modelinstrumentarium dat door het RIVM wordt gebruikt in haar beleidsadvisering op het gebied van geluidhinder.

Het meetprogramma geluid is opgenomen in het project '*Ontwikkeling monitorsysteem geluid en verstoring*' (MAP 725201). Hierin is voorzien in het inrichten van een aantal specifieke monitorlocaties waar de geluidsbelasting van grootschalige bronnen, zoals het verkeer op rijkswegen en spoorwegverkeer, permanent wordt gemeten. Daartoe zijn in 1999 geluidmetingen zijn verricht langs de rijksweg A2 ter hoogte van Breukelen. Deze metingen zijn in februari 2000 hervat en het vrijwel het gehele jaar gecontinueerd. De metingen zijn gecombineerd met tel- en snelheidsgegevens van het verkeer ter plaatse en gebruikt om de bronsterkte van verschillende voertuigcategorieën in de betreffende periode te bepalen.

Daarnaast is in 2000 een haalbaarheidsstudie verricht op twee andere locaties. Een ervan is een meetlocatie ingericht langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam eveneens ter hoogte van Breukelen. De metingen op deze locatie hebben voornamelijk een verkennend karakter met als doel de waarde van deze locatie voor het over langere termijn monitoren van de geluidemissie door spoorwegen te toetsen. De andere locatie bevond zich in een stiltegebied bij Zegveld.

Op de meetlocatie langs de A2 bij Breukelen de bedroeg jaargemiddelde waarde voor het geluidvermogen in 2000 voor personen- en vrachtauto's respectievelijk 106,7 dB(A) en 110,3 dB(A). In de wintermaanden zijn ca. 3 dB(A) hogere geluidniveaus gemeten dan in de zomermaanden.

De haalbaarheidsstudie langs het spoor laat zien dat de locatie geschikt is voor het monitoren van de akoestische ontwikkeling van spoorwegmaterieel. Er kan goed en vrij van storende invloeden worden gemeten en de locatie is representatief voor de gemiddelde toestand over dit spoor. De metingen zullen daarom in 2001 worden vervolgd, waarbij o.a. zal worden onderzocht of een verder onderscheid naar treincategorie mogelijk is. In 2000 werd een gemiddelde emissie van ca. 64 dB(A) genormeerd op één wagonpassage (bak) per uur, zowel voor dag-, avond- en nachtperiode.

De verkennende metingen in het stiltegebied Zegveld ondervonden veel last van stoorgeluid in samenhang met lokale agrarische activiteiten. De metingen bleken niet goed te kunnen worden gerelateerd aan modelparameters en bleken evenmin geschikt voor model validatie.

1 Inleiding

In Milieubalansen en Milieuverkenningen rapporteert het RIVM over de ontwikkeling van geluidbelasting en geluidhinder in Nederland en vervult daarmee een monitorfunctie als structureel onderdeel van haar milieuplanbureau activiteiten. Het monitoren van de geluidbelasting in Nederland wordt door het RIVM momenteel uitgevoerd met behulp van het Landelijk Beeld Verstoring (LBV). Dit model berekent de geluidniveaus uitgaande van de ontwikkeling van de vervoersstromen (autokilometers, aantal vliegtuigbewegingen e.d.) en geluidwerende maatregelen (geluidwallen, aanleg van geluidarm asfalt, e.d.). De modelberekeningen zijn afgeleid van algemeen aanvaarde, wettelijk vastgelegde, standaard rekenvoorschriften[3,4].

Steeds is hierbij van belang te weten in hoeverre de modelberekeningen overeenstemmen met de fysieke werkelijkheid. Naast een betere verankering van de modeluitkomsten in de werkelijkheid kunnen aanvullende metingen informatie opleveren over de effectiviteit van de ingezette beleidsinstrumenten. In het bijzonder waar het emissiebeleid gericht op gemeenteverstijgende bronnen als rijkswegen, spoorwegen en civiele luchthavens betreft.

Sinds 1994 is de meettechnische verankering van de planbureauproducten als gevolg van bezuinigingen onder druk komen te staan. Om hiervoor te compenseren is in juli 1999 door de minister van VROM ten behoeve meetintensivering het RIVM een bijdrage in de vorm van intensiveringsgeld toegekend. Een deel daarvan is gebruikt voor de financiering van een meetprogramma geluid dat gericht is op het ondersteunen en valideren van het modelinstrumentarium dat door het RIVM wordt gebruikt in haar beleidsondersteuning op het gebied van geluidhinder.

Het meetprogramma is opgenomen in het project '*Ontwikkeling monitorsysteem geluid en verstoring*'. Voor 2000 was voorzien in het inrichten van een aantal permanente monitorlocaties gericht op de lange termijn ontwikkeling van de geluidbelasting langs rijkswegen en spoorwegen (zie [1]). Daarnaast waren in het project een aantal specifieke meetcampagnes voorzien gericht op validatie van modelberekeningen. De onderhavige rapportage gaat in op de resultaten van de permanente monitorlocaties. Over de resultaten van de validatie metingen zal eind 2001 worden gerapporteerd. In 2000 zijn op de volgende locaties metingen verricht:

- *Breukelen A2*, een vaste meetlocatie langs de A2 voor verkeer op rijkswegen. Deze locatie is reeds onderzocht in 1999 en fungeert als monitorlocatie voor de trendmatige ontwikkeling van de geluidbelasting langs rijkswegen. De metingen worden gecombineerd met telgevens van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van rijkswaterstaat, waarmee de geluidontwikkeling onafhankelijk van het verkeersvolume kan worden gevolgd;

- *Ponthuis 'de Aa'*, een permanente meetlocatie langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam voor het monitoren van geluid langs spoorlijnen. Dit betreft een verkenning van de mogelijkheid om ook voor spoorwegen een meetpost in te richten waarmee op lange termijn trendmatige ontwikkelingen in de geluidemissie van het railverkeer kunnen worden gevonden. De metingen worden gecombineerd met gegevens uit het standaard rekenvoorschrift voor railverkeerslawaaier[4], als geïmplementeerd in het 'akoestisch spoorboekje'.

- *Zegveld*. Dit betreft metingen in een stiltegebied (pilot);

- *vliegveld Volkel* Een vaste meetlocatie is in 2000 in gebruik genomen bij militair vliegveld Volkel. Dit betreft eveneens een verkenning van de waarde als monitorlocatie voor geluid door militaire vliegtuigen. De resultaten hiervan worden nog bewerkt en geëvalueerd en hierover zal later worden gerapporteerd.

Bij het inrichten van de meeste meetlocaties is gebruik gemaakt van posten uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) die door het RIVM worden gebruikt voor het monitoren van de landelijke luchtkwaliteit.

De metingen langs de rijksweg A2 en langs het spoor Utrecht Amsterdam zijn vergeleken met modelberekeningen, waarbij de invoergegevens zijn ontleend aan respectievelijk het MTR-netwerk van RWS en het akoestisch spoorboekje. De metingen bij Zegveld zijn vergeleken met resultaten uit het Landelijk Beeld Verstoring.

Tenslotte wordt ingegaan op de mogelijke voortgang van het meetprogramma voor 2001 en de daarop volgende jaren.

2 Overzicht bronnen en meetlocaties

2.1 Motivatie locatiekeuze

Voor het weg- en railverkeer wordt beoogd over langere periode de ontwikkeling van de geluidemissie van het weg- of railverkeer te volgen. Het moet dan mogelijk zijn om:

- Effecten te registreren van gewijzigde voertuigemissies als gevolg van beleidsmaatregelen (aanscherpen typekeuringseisen, stillere banden, aanleg geluidarm asfalt, stiller treinmaterieel);
- Effecten te registreren als gevolg van wijzigingen (toe-, afnamen, verschuivingen, samenstelling) in verkeersvolume, zoals bijvoorbeeld een mogelijk toenemende nachtelijke geluidbelasting tengevolge van de ontwikkeling naar een 24 uren economie.

Het is daarvoor nodig dat de metingen specifiek aan de te monitoren bron kunnen worden verricht zonder stoorinvloeden van andere bronnen, hetgeen een positionering op relatief korte afstand vereist. De metingen dienen als monitorgegevens en hebben daarom geen incidenteel karakter, maar moeten permanent worden uitgevoerd. Verder is het noodzakelijk dat de metingen op een locatie plaatsvinden waar tegelijkertijd het aanwezige verkeersvolume wordt geregistreerd. Deze informatie is immers noodzakelijk om de meetuitkomsten te vertalen en naar een geluidemissie.

Voor het meten van de geluidemissie van wegverkeer van rijkswegen voldoet LML post 641 uit het landelijk meetnet in combinatie met het aldaar aanwezige telpunt (nr. 47735 Breukelen-Maarssen) van het RIVM aan bovenstaande criteria.

Voor het railverkeer was er geen geschikte meetpost van het LML voorhanden en is gebruik gemaakt van een wachthuisje van het veerpont 'de Aa' bij Breukelen. Deze locatie bevindt zich langs het spoor Utrecht-Amsterdam. In combinatie met het aantal te tellen treinpassages kan voor het verkeersvolume worden gecorrigeerd. De metingen verricht in 2000 op deze locatie hebben een verkennend karakter, waaruit de waarde van deze locatie voor monitordoeleinden zal worden geëvalueerd.

Met betrekking tot stiltegebieden is in de periode van 13 juni tot 2 oktober op de LML post 633 te Zegveld gemeten.

Bij de meetlocatie te Volkel bleek een geschikte behuizing van het landelijke meetnet luchtkwaliteit zich te bevinden op ca. 2 km ten zuidwesten van het vliegveld in het verlengde van de startbaan waar zonder stoorlawaai kan worden gemeten. De resultaten op deze locatie worden nog geëvalueerd en deze zullen later worden gerapporteerd.

2.2 Breukelen snelweg

2.2.1 Locatieoverzicht

Een overzicht van de meetpost bij Breukelen is weergegeven in fig. 2.1.

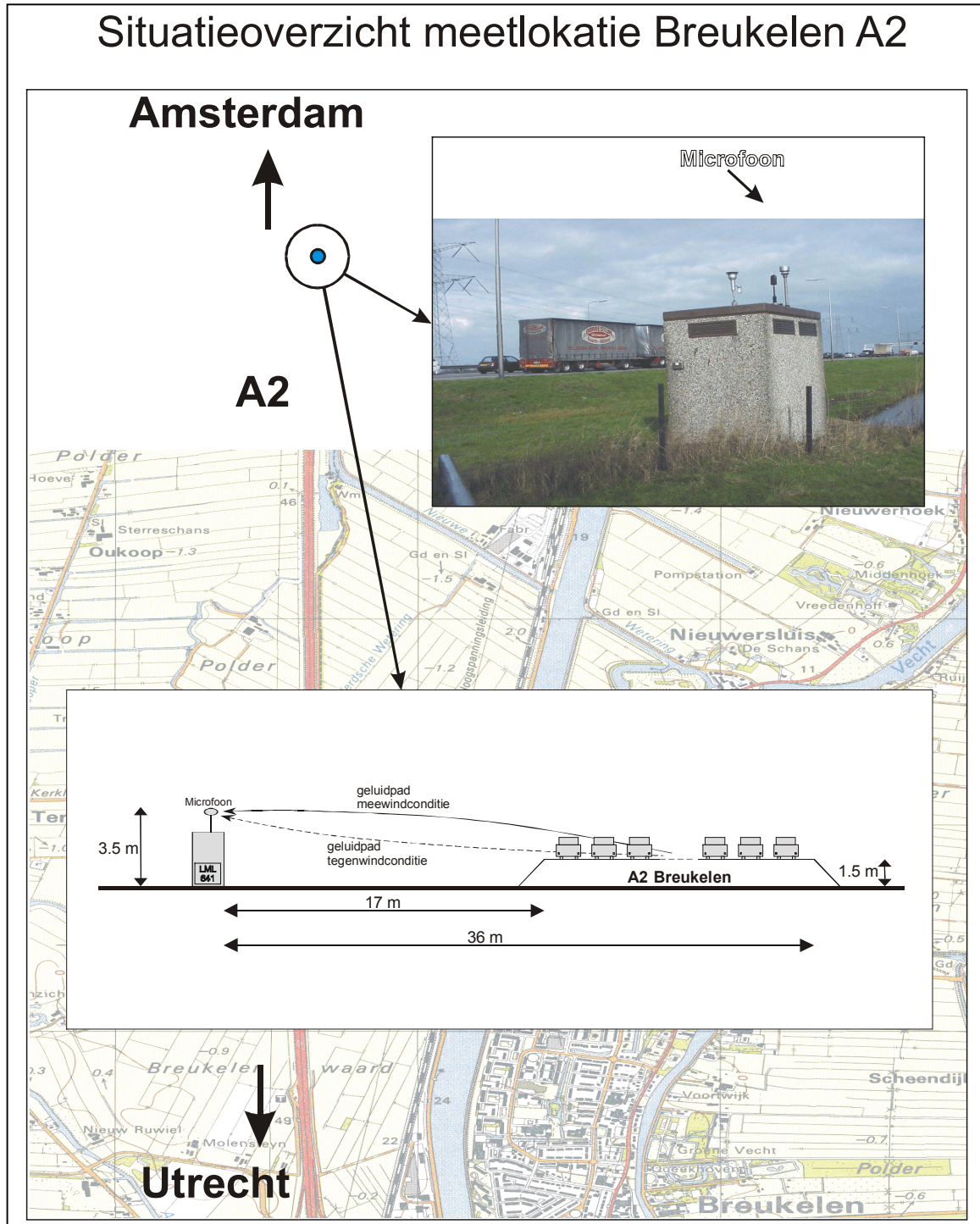


Fig. 2.1 Overzicht meetlocatie rijksweg A2 bij Breukelen

De A2 heeft ter plaatse van de A2 in totaal 6 rijstroken verdeeld over twee rijbanen en is voorzien van standaard dicht asfaltbeton (dab0/16). Gedurende de maanden februari t/m december is voor elk uur een equivalent geluidniveau in dB(A) geregistreerd. Ook is het achtergrondniveau uitgedrukt in het L95 (percentielwaarde) voor elk uur gemeten (zie 2.5). Verder zijn op uurbasis de gemiddelde windsnelheid en windrichting geregistreerd.

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer AVV van Rijkswaterstaat heeft op uurbasis verkeersintensiteiten en snelheidsgegevens over de gemeten periode geleverd afkomstig van een ter plaatse aanwezig telpunt. Daarbij is onderscheid gemaakt naar drie voertuigcategorieën:

- C1: Licht verkeer (personenauto's en bestelauto's)
- C2: Middelzwaar verkeer (vrachtauto's zonder aanhangwagen, zware bestelauto's, autobussen)
- C3: Zwaar verkeer (vrachtauto's met aanhangwagen, trekker met oplegger)

2.3 Westkanaaldijk railverkeer (de Aa)

2.3.1 Locatieoverzicht

Een overzicht van de meetpost bij het wachthuisje van veerpont 'de Aa' langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam is weergegeven in fig. 2.2.

Op de weergegeven locatie bevindt zich een 2-sporig traject, met houten dwarsliggers.

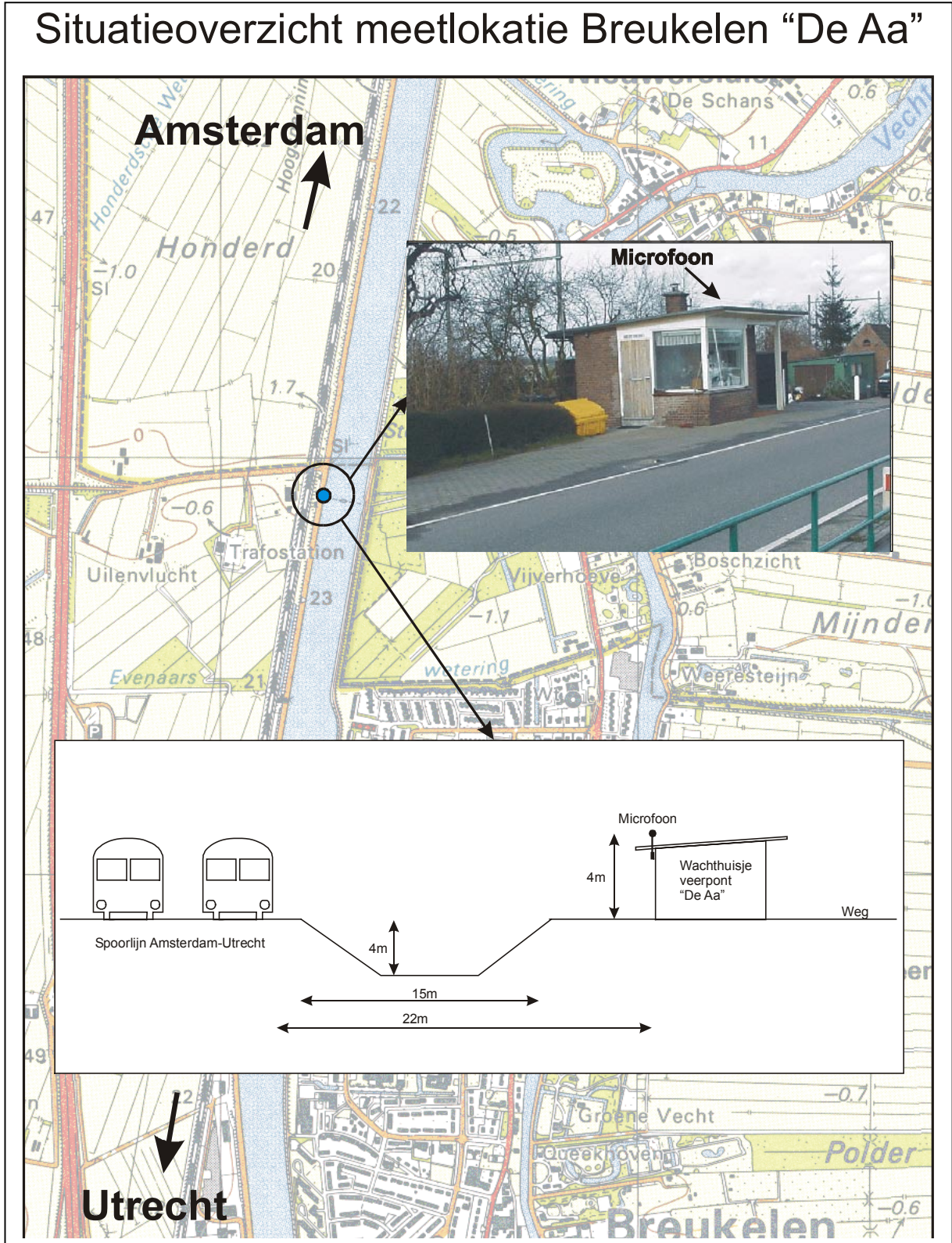


Fig. 2.2 Overzicht meetlocatie railverkeer 'de Aa' bij Breukelen

2.4 Stiltegebied Zegveld

2.4.1 Locatieoverzicht

Een overzicht van de meetlocatie in Zegveld is opgenomen in fig. 2.3.

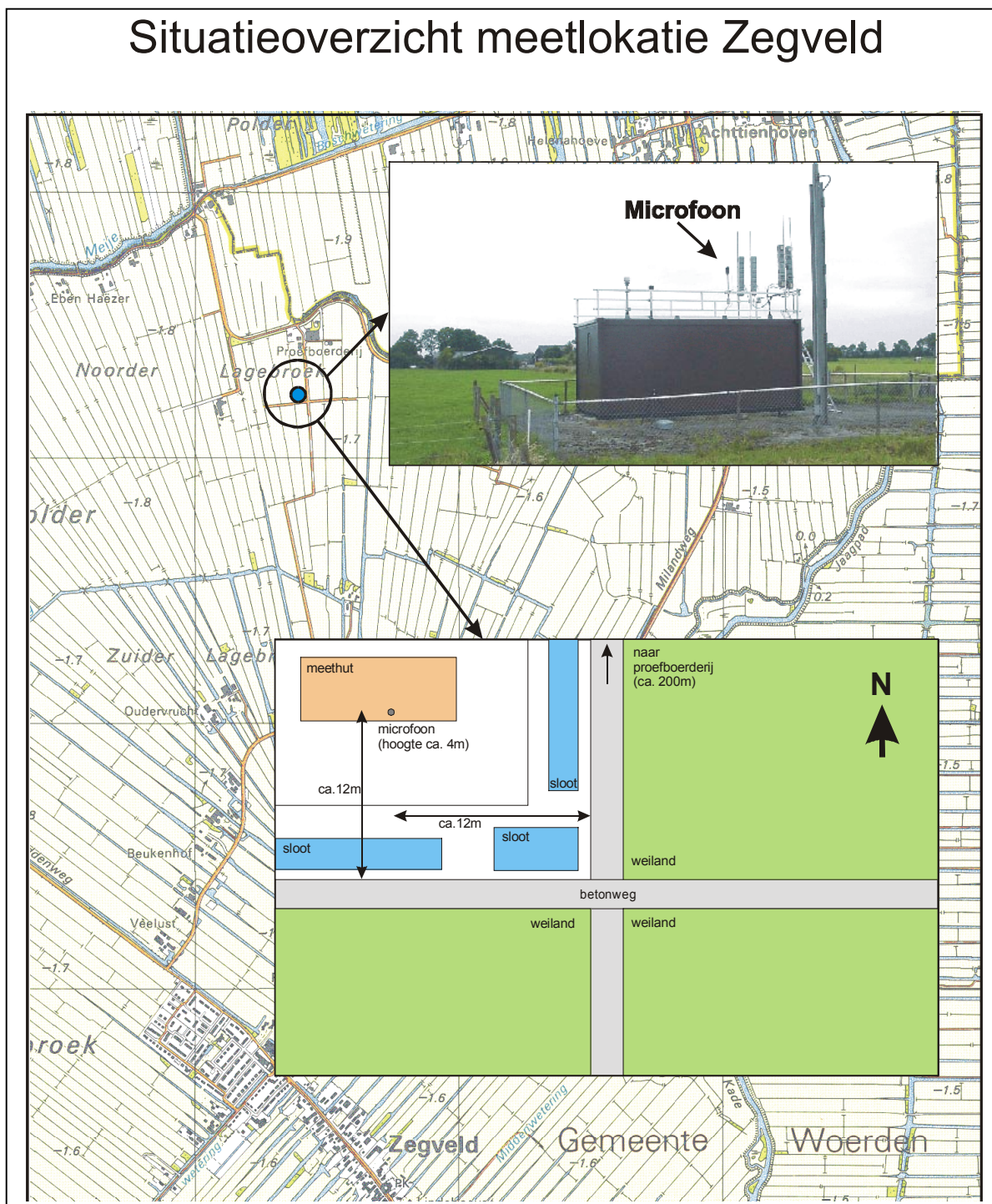


Fig 2.3 Locatieoverzicht stiltegebied Zegveld

2.5 Gemeten indicatoren

Op alle locaties is op uurbasis het equivalente geluidniveau LA_{eq} , het achtergrondniveau L_{95} en de maximale geluidbelasting LA_{max} geregistreerd.

- Het equivalente geluidniveau, LA_{eq} in dB(A), is als volgt gedefinieerd:

$$LA_{eq}(T) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T I(t) dt \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T 10^{\frac{Lp(t)}{10}} dt \right)$$

$I(t)$ is hierin de momentane waarde van de geluidintensiteit in Watt/m^2 , niet te verwarren met het geluiddrukkniveau $Lp(t)$, dat correspondeert met de waarnemingssterkte. Geluidintensiteit en geluiddrukkniveau hangen samen volgens $Lp(t) = 10 \log(I(t)/I_0)$ met voor I_0 de referentiewaarde $10^{-12} \text{ Watt/m}^2$. Het momentane, A-gewogen geluiddrukkniveau $Lp(t)$ wordt steeds over perioden van 1 uur energetisch gemiddeld tot een equivalent geluidniveau.

- Het achtergrond niveau L_{95} is de 95 % percentielwaarde, zijnde het niveau dat 95% van het uur wordt overschreden, eveneens A-gewogen;

- Het maximaal optredend geluidsniveau LA_{max} is de hoogste waarde van geluidsniveau gedurende het betreffende uur;

Op de meetlocatie langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam is naast de bovenstaande indicatoren tevens van elke treinpassage de SEL- waarde geregistreerd. De SEL - waarde (Sound Energy Level) is een logaritmische maat voor de bij een treinpassage geregistreerde geluidenergie op de microfoon en wordt gegeven door:

$$SEL = 10 \log \left(\int_{\text{passage}} I(t) dt \right) = 10 \log \left(\int_{\text{passage}} 10^{\frac{Lp(t)}{10}} dt \right)$$

2.6 Meetapparatuur

De meetopstelling zoals die op de omschreven locaties wordt gebruikt is weergegeven in figuur 2.4.

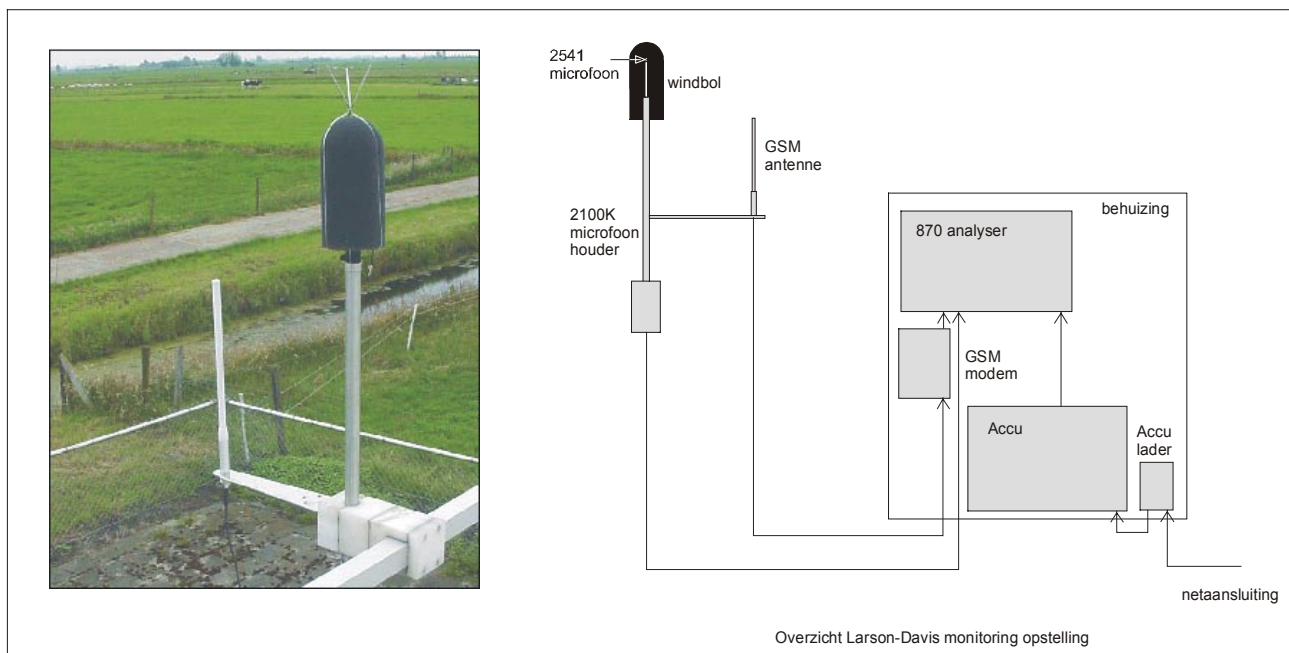


Fig. 2.4 Overzicht meetopstelling voor monitormetingen geluid

Een monitoropstelling op de meetlocaties bestaat uit de volgende delen:

- Microfoonhouder, fabrikaat Larson-Davis, type 2100K
- Microfoon, fabrikaat Larson-Davis, type 2541
- Statistische analyser, fabrikaat Larson-Davis, type 870
- GSM modem met antenne
- Accu en acculader
- Behuizing

De microfoonhouder is een type dat geschikt is voor opstelling in de buitenlucht. De microfoon zelf is voorzien van een regenkapje met ingebouwd verwarmingselement. De voorversterker is voorzien van een verwarmingselement om de versterker condensvrij te houden. De microfoon is voorzien van een windbol om windgeruis te dempen. De microfoonhouder heeft een ingebouwde voorversterker die het geluidsignaal versterkt. Het inwendige van de microfoon en de voorversterker wordt droog gehouden met silicagel droogpatronen die om de drie maanden moeten worden vervangen. De statistische analyser meet het signaal van de microfoon en berekent de gewenste statistische parameters, onder meer het uurgemiddelde equivalente A-gewogen niveau LAeq. Op de meetlocaties Breukelen 'De Aa' en Zegveld is de analyser ook ingesteld op het registreren van SEL-waarden tijdens overschrijdingen van het momentane geluidsniveau boven een 70 dB(A) drempelwaarde. Bij elke overschrijding of 'event' wordt het tijdstip, de tijdsduur, het maximaal opgetreden

niveau LA_{max} en de SEL waarde geregistreerd. De analyser slaat alle berekeningsresultaten op in een geheugen dat voldoende groot is om enkele maanden zelfstandig door te kunnen meten. Aan de analyser is een GSM modem gekoppeld. Het modem is aangesloten op een GSM buitenantenne die aan de microfoon is bevestigd. De meetresultaten worden opgehaald door met een PC met standaard modem de GSM modem op te bellen. Op deze PC is de NMS (Noise Monitoring System) applicatie van Larson-Davis geïnstalleerd. Hiermee worden alle meetlocaties één keer per maand opgebeld. De meetresultaten worden dan opgehaald en in de NMS database opgeslagen.

3 Resultaten

3.1 Breukelen rijksweg

3.1.1 Metingen equivalent geluidniveau

Met uitzondering van januari is in heel 2000 het uurverloop van het equivalente geluidniveau, LAeq in dB(A) gemeten. Dit is voor een aantal maanden weergegeven in bijlage 1. Hieruit blijkt het dag- en nachtverloop van de geluidniveaus in samenhang met het verkeersaanbod op de verschillende uren. Uit de uurwaarden, die vrijwel over het gehele jaar zijn gemeten, zijn de gemiddelde LAeq-waarden voor dag- (7.00-19.00), avond- (19.00-23.00) en nachtperiode (23.00-7.00) bepaald welke zijn weergegeven in fig 3.1. Ook het Lden, die in EU-verband wordt voorgesteld, is weergegeven.

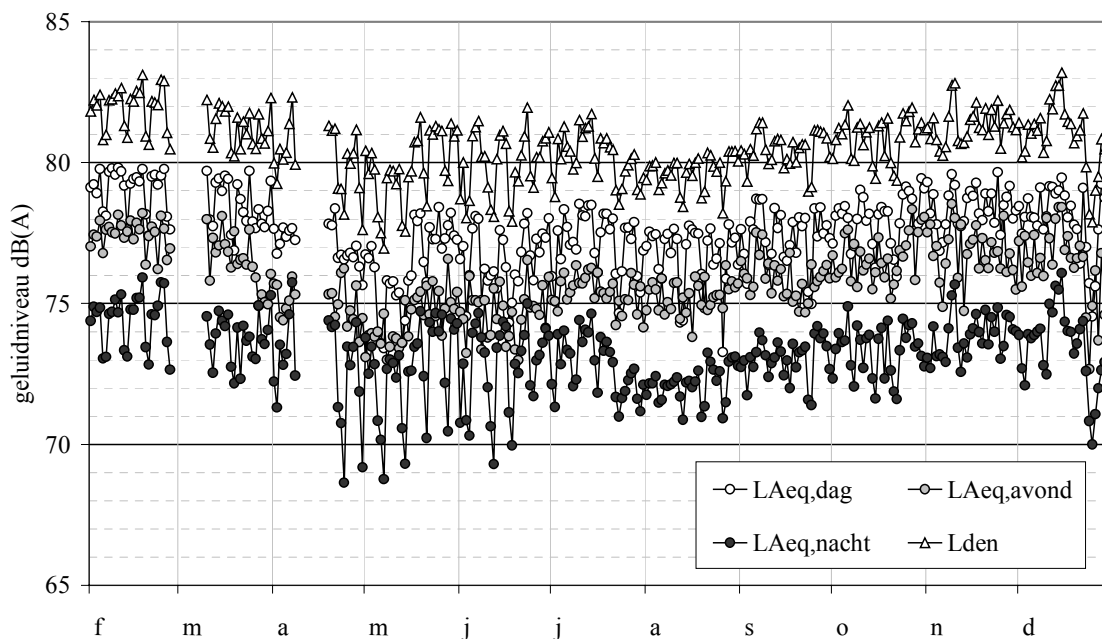


Fig 3.1 Overzicht van gemiddelde waarden dag, avond en nachtperiode voor de periode februari t/m december 2000.

Uit figuur 3.1 blijkt dat de hoogste geluidniveau's in februari zijn gemeten. In twee perioden van 28 februari t/m 8 maart en een periode in april zijn de metingen onderbroken geweest in verband met technische problemen. De afname van de geluidniveau's in de zomermaanden kan voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan de temperatuursinvloed. Hierop wordt in hoofdstuk 4 nog nader ingegaan.

In fig 3.2 zijn de metingen uit bijlage 2 gemiddeld naar een 24-uursverloop, waarbij onderscheid is gemaakt naar week- en weekenddagen.

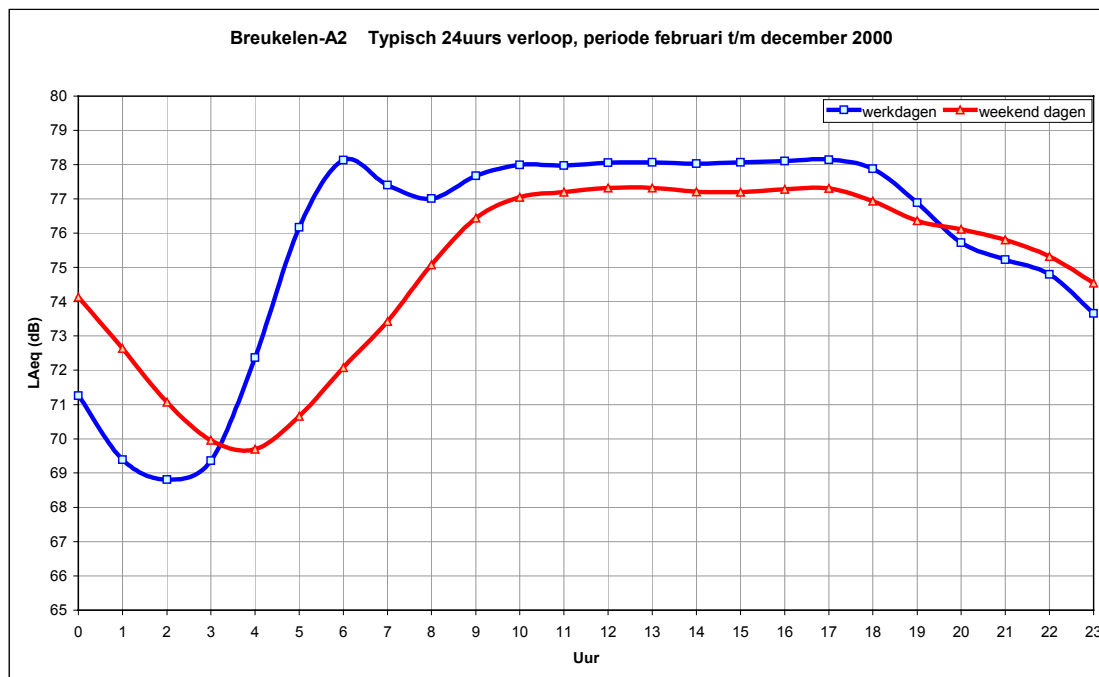


Fig 3.2 Gemiddelde 24-uurs verloop week en weekend dagen over de maanden februari t/m december 2000

De relatieve kleine afname in de periode van 6 tot 9 uur ten opzichte van het niveau tussen 6 en 7 wordt veroorzaakt door filevorming. De weekenden tonen duidelijk een sterke verlaging in de uren van 4 tot 8 ten opzichte van de week situatie. Overdag is er in de weekenden gemiddeld 1 dB(A) minder geluid. In de uren van 0 tot en met 2 is echter juist sprake van een verhoging ten opzichte van de werkdagen.

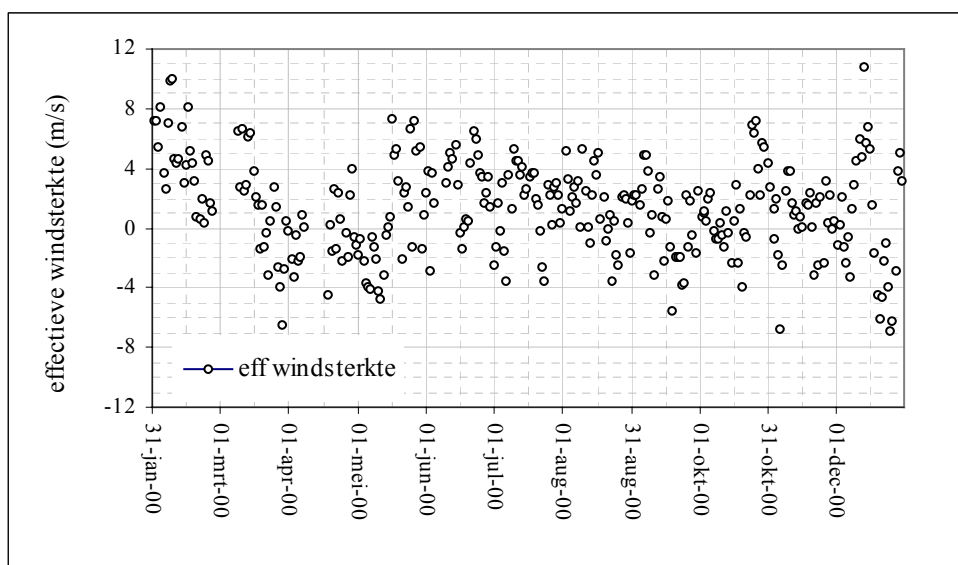
De hoogste geluidsniveaus doen zich voor in de ochtend (6 uur) - en avondspits, De laagste niveaus zijn gemeten in de periode van 2 tot 3 uur in de nachtperiode

3.1.2 Meteocondities

Naast het verloop van het geluidsniveau is tevens op uurbasis de gemiddelde windsnelheid gemeten. Het is vooral van belang in hoeverre sprake is van een meewind (windrichting van weg naar ontvanger i.e. westenwind) of tegenwind situatie (wind van ontvanger naar weg i.e. oostenwind). Om dit tot uitdrukking te laten komen is het begrip effectieve windsnelheid gehanteerd:

$$eff. windsterkte = windsterkte \times \sin(\varphi)$$

waarin φ de hoek is tussen de invalrichting en de verticaal (bij een noordelijke wind parallel aan de A2 geldt $\varphi=0$ en bij westenwind geldt $\varphi=90$). Het dagverloop in de maanden februari t/m december 2000 van de effectieve windsnelheid is weergegeven in figuur 3.3. Negatieve waarden geven een tegenwindsituatie (oostenwind) aan.



Figuur 3.3: Effectieve windsnelheid, positieve waarden bij windrichting vanuit de weg naar de ontvanger

Gedurende de maanden februari, maart en mei t/m november is er overwegend sprake van een tegenwindsituatie (oostenwind, effectieve windsnelheid negatief). In de maanden april en december doen er zich ook tegenwindsituaties voor (zie textbox).

Meewindconditie geluidoverdracht

De overdracht van geluid naar ontvanger wordt in positieve zin beïnvloed wanneer de effectieve geluidssnelheid van het medium, in dit geval lucht, toeneemt met toenemende hoogte. Er ontstaat dan een positieve straalvorming, zoals bijvoorbeeld in fig. 2.1 (overdreven) is weergegeven. Dit effect ontstaat indien er sprake is van een windrichting van bron naar ontvanger, waarbij de effectieve geluidssnelheid (ca. 341 m/s) van het medium evenredig met de hoogte wordt vergroot met de windsnelheid. Het effect treedt echter ook op als de temperatuur van de lucht toeneemt met toenemende hoogte (temperatuur inversie), wat vaak in de nachtperiode optreedt. De geluidssnelheid zelf neemt dan met de hoogte toe. In beide gevallen spreekt men van een “meewindconditie”

3.1.3 Verkeersgegevens

De metingen kunnen tot een genormeerd emissiegetal worden herleid indien er informatie beschikbaar is over het verkeersvolume dat in de gemeten uren de meetpost passeerde. Deze gegevens zijn ook nodig om een vergelijking te kunnen maken tussen de metingen en LBV berekeningen. Daarom zijn bij de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat verkeersgegevens over de gemeten periode opgevraagd. Het gaat daarbij om het aantal passages per uur voor de verschillende categorieën per rijbaan, gemeten bij tellus (nr. 47735 Breukelen-Maarssen). Ook snelheidsgegevens worden door deze lus geregistreerd. In fig 3.4 en fig. 3.5 is het maand- en etmaalverloop van de uurintensiteiten weergegeven voor de verschillende categorieën aangegeven. In figuur 3.6 en in tabel 3.1 is het snelheidsverloop aangegeven.

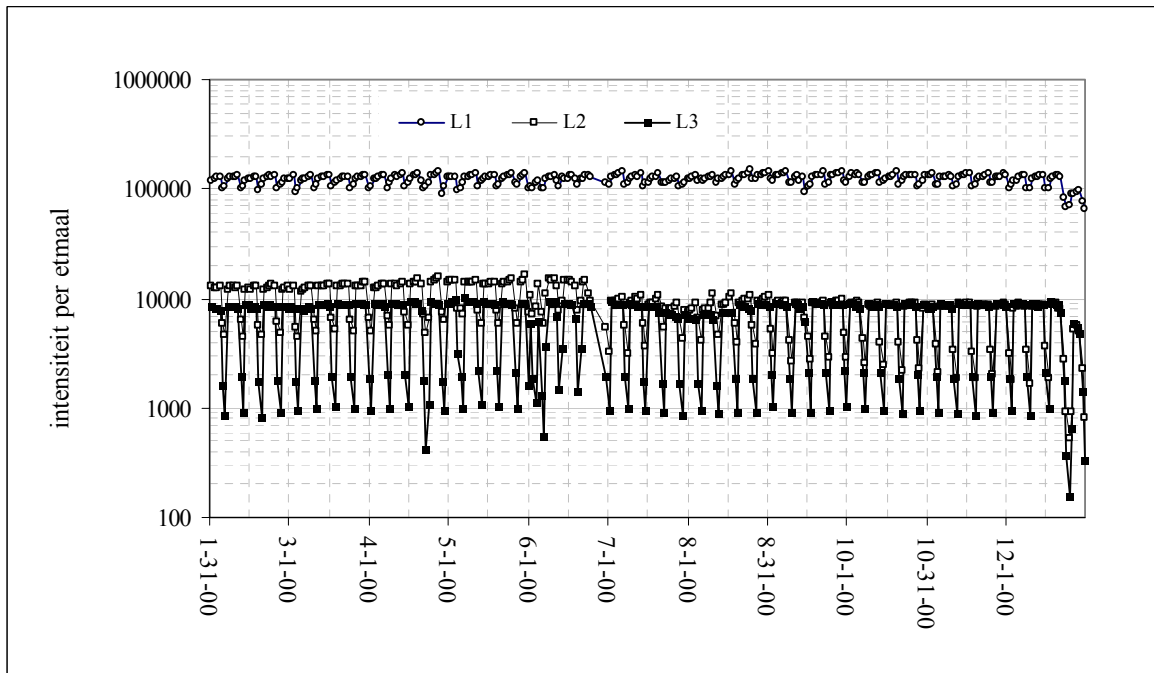


Fig 3.4 Etmaalintensiteiten (maandgemiddelden) A2 Breukelen volgens opgave AVV, licht, middel en zwaar februari t/m december 2000

Het blijkt dat de variaties in verkeersaantallen gering zijn en geen maandverschillen in geluidbelasting zullen veroorzaken. In laatste weken van december is de invloed van de feestdagen duidelijk terug te vinden evenals in de meetresultaten in fig. 3.1.

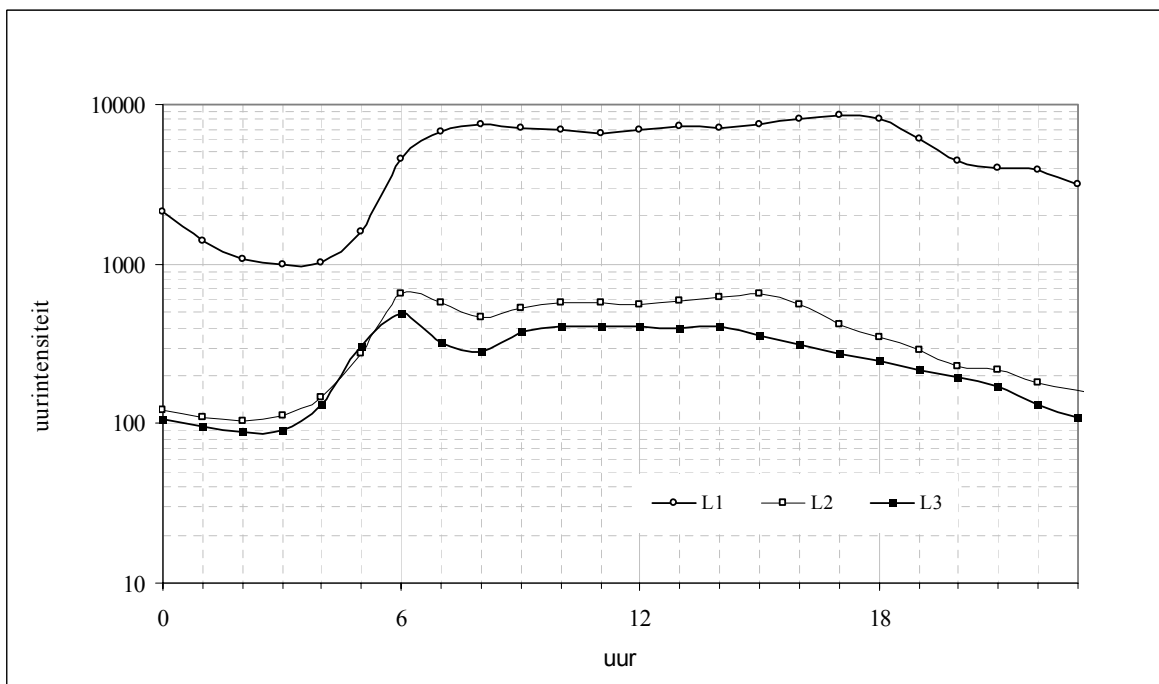


Fig 3.5 Gemiddelde 24-uursverloop verkeersintensiteiten A2 Breukelen , volgens opgave AVV, licht, middel en zwaar februari t/m november 2000,

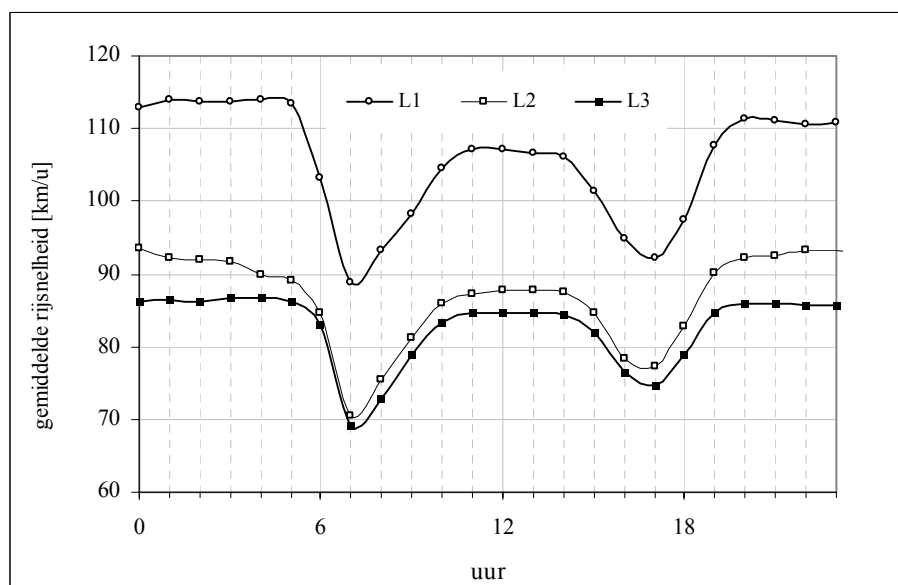


Fig 3.6 Gemiddeld 24-uursverloop rij snelheid A2 Breukelen volgens opgave AVV, licht, middel en zwaar voor werkdagen

In tabel 3.1 zijn de gemiddelde rij snelheden voor de verschillende voertuigcategorieën weergegeven en voor de gemeten maanden weergegeven

Tabel 3.1 Gemiddelde rij snelheden in km/u over de gemeten periode

	Dag (7:00-19:00)			Avond (19:00-23:00)			Nacht(23:00-7:00)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Feb	102	82	81	110	93	86	112	88	86
Mrt	102	82	82	109	92	86	111	87	86
April	101	80	81	110	92	87	112	89	87
Mei	100	78	80	111	91	87	113	89	87
Juni	105	83	84	112	94	88	115	92	88
Juli	105	89	84	111	93	86	113	95	87
Aug	105	89	84	111	93	86	114	96	87
Sep	102	87	81	111	94	86	113	95	86
Okt	99	85	79	111	94	86	114	95	86
Nov	98	83	78	109	93	84	112	94	85
dec	101	86	80	108	93	85	112	95	86
Gem	102	85	82	110	92	86	112	91	86

Zowel voor personenauto's als voor lichte vrachtauto's blijkt dat de rij snelheden in de avond- en nachtperiode toenemen ten opzichte van de gemiddelde rij snelheden in de dagperiode. De rij snelheid van het zware vrachtverkeer blijft nagenoeg constant.

3.2 Breukelen railverkeer

Op de locatie Breukelen 'de Aa' vinden sinds 9 oktober 2000 permanente metingen langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam plaats. De metingen hebben een oriënterend karakter en zijn bedoeld om de geschiktheid van de locatie voor monitordoeleinden met betrekking tot de geluidontwikkeling van het railverkeer nader te beoordelen.

In bijlage 2 is het verloop van een aantal geluidindicatoren, gemeten op de meetlocatie 'de Aa' voor de maanden oktober t/m december 2000 weergegeven. In tabel 3.2 is het gemeten aantal passages en het equivalent gemiddelde geluidniveau voor de dag, avond en nachtperiode voor deze maanden weergegeven. Deze gegevens zijn afgeleid van de gegevens uit bijlage 2.

Tabel 3.2 Aantal passages en gemeten geluidniveau's lokatie de Aa oktober-december 2000

	Aantal gemeten treinpassages				LAeq,dag			Lden
	dag	avond	Nacht	totaal	dag	avond	nacht	d,a,n
Oktober	7822	2308	1837	11967	71,6	71,0	67,2	74,9
November	6669	1877	1661	10207	71,9	71,2	67,2	75,1
December	9067	1653	1389	12109	71,5	70,6	66,8	74,6
Jaar2000	93464	23161	19389	136014	71,7	70,9	67,0	74,9

In hoofdstuk 4 worden deze gegevens vergeleken met de waarden uit het akoestisch spoorboekje (peiljaar 1998, versie 1/99). Het akoestisch spoorboekje geeft een overzicht van het aantal passages (in bakken per uur) verdeeld naar 10 categorieën.

3.3 Zegveld

In de periode juni tot september 2000 zijn metingen verricht in het stiltegebied bij Zegveld. In figuur 3.7 wordt een overzicht gegeven van de het LAeq,24 uur waarbij onderscheid is gemaakt tussen week- en weekenddagen. Met name op werkdagen blijken zich geregeld relatief hoge geluidniveau's voor te komen die onder andere veroorzaakt worden door passages van landbouwwerktuigen. Duidelijk is dat de weekenden stiller zijn dan de werkdagen. Het LAeq,24uur in de weekenden bedraagt gemiddeld 49 dB(A). Op werkdagen ligt het niveau, als gevolg van lokale activiteiten, op sommige dagen flink hoger tot ca. 56 à 58 dB(A). Het achtergrondniveau L90 (90% percentielwaarde) ligt op de meeste dagen tussen 40 en 45 dB(A).

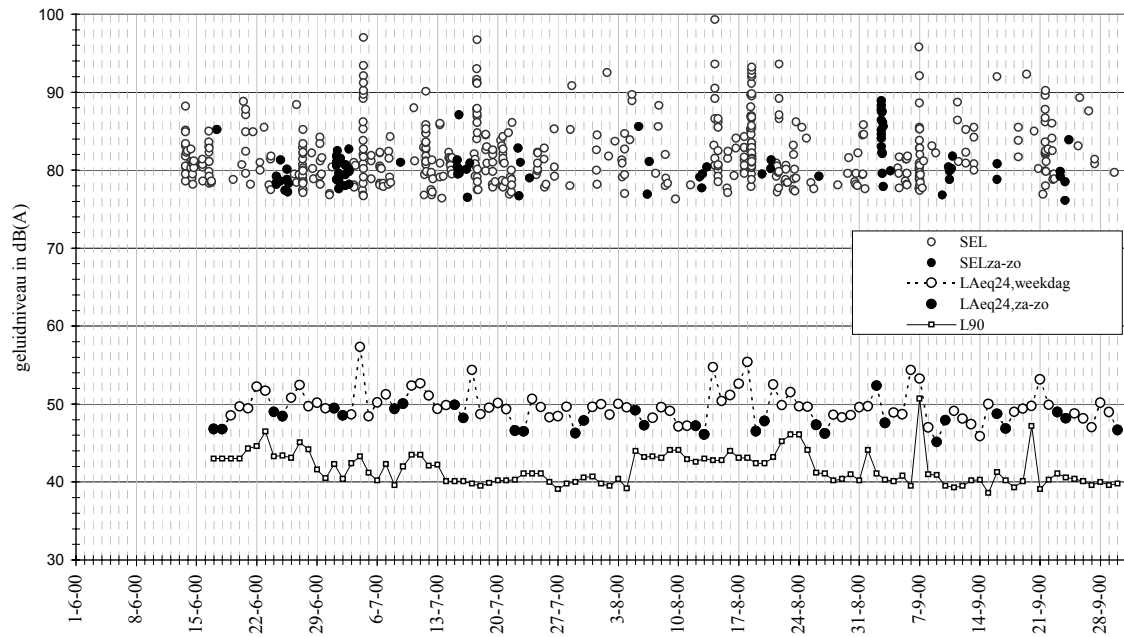


Fig 3.7 Meetresultaten Zegveld juni – september 2000; LAeq,24uur en L90 in dB(A)

4 Analyse

4.1 Wegverkeer rijksweg A2

4.1.1 Vergelijking met rekenmethode LBV

Uit de gemeten en berekende waarden over de verschillende uren kunnen ook de gemiddelde niveaus over de dag(7:00-19:00u) avond (19:00-23:00 u) en nachtperiode (23:00-7:00 u) worden afgeleid. Deze zijn ter validatie vergeleken met de rekenwijze LBV als omschreven in[2]. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1

Tabel 4.1: Overzicht gemeten en berekende (inclusief meteocorrectie) geluidniveaus over dag-avond en nachtperiode en verschillen (ΔL) in dB(A)

	Dag (7:00-19:00)			Avond (19:00-23:00)			Nacht(23:00-7:00)		
	met.	rek.	ΔL	met.	Rek.	ΔL	met.	Rek.	ΔL
Feb	79,1	76,8	2,4	77,5	74,8	2,7	74,5	71,5	3,0
Mrt	78,6	77,2	1,4	76,6	75,2	1,4	73,7	71,8	1,9
April	77,0	76,9	0,1	75,2	75,7	-0,6	72,9	72,0	1,0
Mei	76,7	77,0	-0,4	74,6	75,8	-1,2	72,9	72,4	0,6
Juni	75,2	75,3	-0,1	75,2	74,8	0,5	75,6	76,6	-1,0
Juli	77,1	77,0	0,0	76,5	75,4	1,0	72,5	72,3	0,2
Aug	76,8	77,3	-0,4	75,7	75,8	-0,1	71,8	72,3	-0,5
Sep	77,3	77,0	0,3	77,0	75,7	1,3	72,6	72,3	-0,5
Okt	78,1	76,8	1,3	76,7	75,5	1,2	73,3	72,1	1,2
Nov	78,5	76,7	1,8	76,9	75,2	1,6	73,9	71,9	2,0
Dec	78,1	76,4	1,7	76,6	74,7	1,8	73,5	71,5	2,0
Jaargem	77.6	76.8	0.8	76.3	75.3	0.9	73.5	72.7	0.8

In het algemeen wordt in de wintermaanden hoger gemeten dan berekend. Een mogelijke oorzaak is de lagere temperatuur tijdens deze maanden en daarmee de toenemende stijfheid van de banden die daardoor meer geluid produceren. Wat verder nog mee kan spelen is een iets lagere bodemdemping bij hardere bodemgesteldheid.

Op jaarbasis resulteert tussen meten en rekenen een (klein) verschil van 0,8 dB(A) waarbij hogere waarden worden gemeten dan berekend. Een verklaring ligt in de wijze waarin met meteocondities in het rekenvoorschrift wordt omgegaan. Het berekende immissieniveau is gebaseerd op een meewindsituatie, waarna een correctie wordt toegepast aangezien de meewindsituatie niet altijd aanwezig is. Daarbij wordt verondersteld dat de windroos op jaarbasis uniform is verdeeld en dat er derhalve gemiddeld evenveel meewind- als tegenwindsituaties optreden. De correctie bedraagt voor de meetlocatie bij Breukelen ca. -0,7 dB(A). Uit fig. 3.3 blijkt echter dat de windroos niet uniform verdeeld is maar dat er overwegend sprake is van een westenwind (meewindsituatie). De correctie (aftrek) op de berekende waarde volgens het rekenvoorschrift zou daarom eigenlijk kleiner moeten zijn. Het resterende verschil tussen meten en rekenen zou dan naar verwachting binnen 0,5 dB(A) komen te liggen en heeft geen praktische betekenis.

4.1.2 Vergelijking rekenen en meten bij overdracht over grote afstand

Naast een vergelijking voor het meetpunt langs de A2 is ook een vergelijking tussen reken- en meetuitkomsten op grote afstand van de rijksweg interessant. Daartoe biedt het achtergrondniveau L90 op de meetlocatie 'de Aa' langs het spoor een goede mogelijkheid. Op deze meetlocatie, die zich op 500 m ten westen van de A2 bevindt is de A2 als een continue ruisbron aanwezig en het L90 kan dan in benadering gelijk worden gesteld aan het LAeq dat de A2 er ter plaatse veroorzaakt. De passages van treinen zijn steeds kortstondig en dragen heel weinig bij aan het achtergrondniveau omdat de rijksweg daar nog relatief sterk en continu aanwezig is. In bijlage 2 is voor de maanden dat de meter op locatie 'de Aa' operationeel was (oktober t/m december 2000) het dag/nacht patroon van de geluidbelasting afkomstig van de A2 in het achtergrondniveau terug te vinden. Zelfs de afname van het geluidniveau tijdens filevorming in de spits is hier weer in terug te vinden. In de figuren 4.1 t/m 4.3 is voor deze maanden een vergelijking gemaakt voor de gemiddelde niveau's in de dag-, avond- en nachtperiode tussen de gemeten waarden en de berekende waarden volgens de LBV –methode[2] en de (uitgebreide) rekenmethode II [3] voor wegverkeerslawaai.

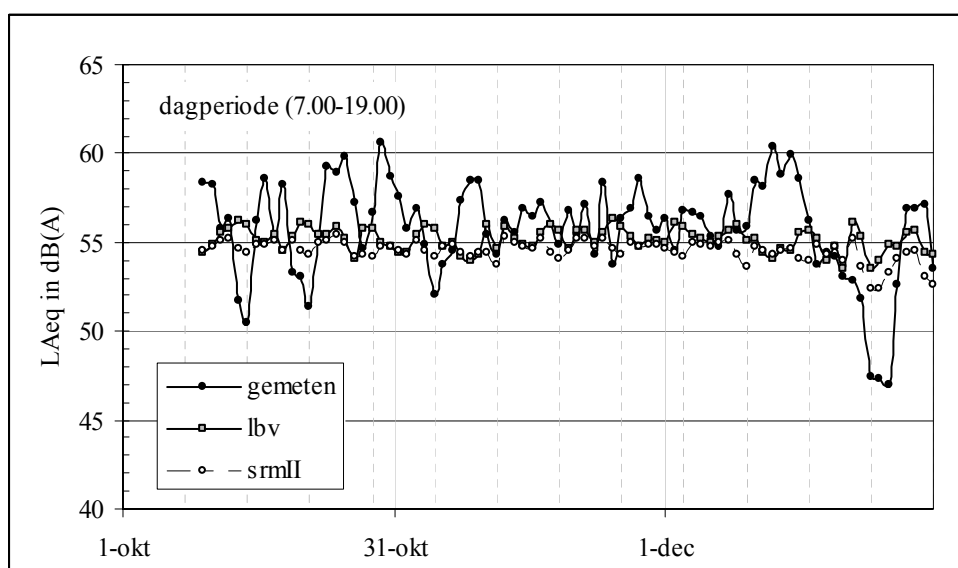


Fig.4.1 Vergelijking van het gemeten achtergrondniveau L90 op 500 m afstand ten westen van de A2, de rekenmethode LBV en de standaardrekenmethode II voor wegverkeerslawaai; meetperiode oktober-december 2000; gemiddeld verloop over de dagperiode

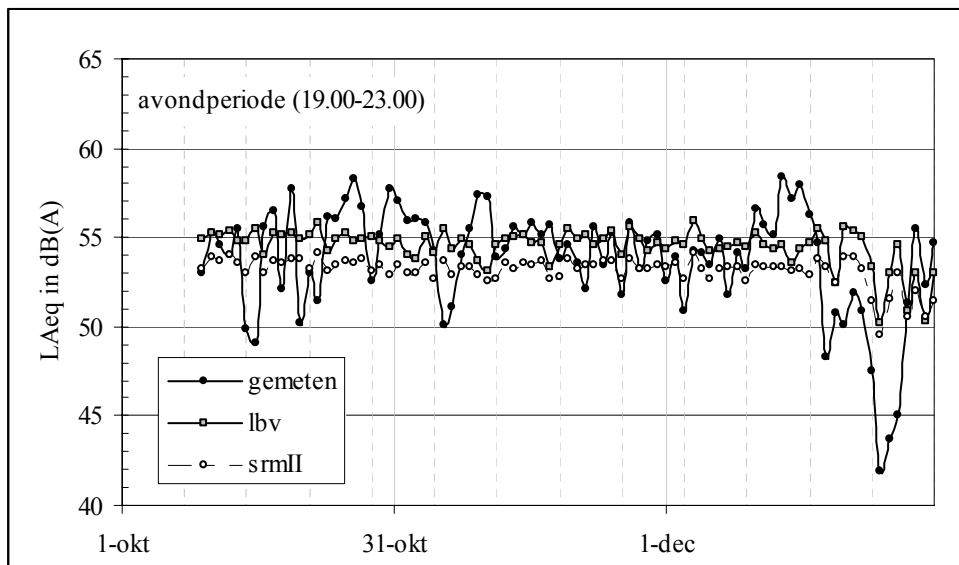


Fig. 4.2 Vergelijking van het gemeten achtergrondniveau L₉₀ op 500 m afstand ten westen van de A2, de rekenmethode LBV en de standaardrekenmethode II voor wegverkeerslawaai; meetperiode oktober-december 2000; gemiddeld verloop over de avondperiode

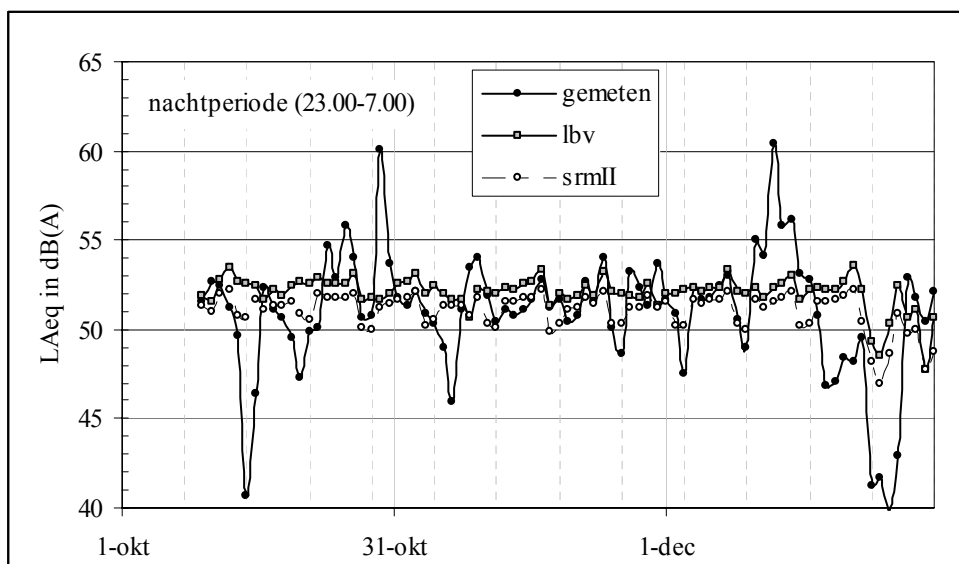


Fig.4.3 Vergelijking van het gemeten achtergrondniveau L₉₀ op 500 m afstand ten westen van de A2, de rekenmethode LBV en de standaardrekenmethode II voor wegverkeerslawaai; meetperiode oktober-december 2000; gemiddeld verloop over de nachtperiode

Bij de figuren is een duidelijk verband te leggen met de windinvloed en effectieve windsnelheid als weergegeven in figuur 3.3. De uitschieters eind oktober en half december vallen samen met een harde westelijke wind (meer dan 5 m/s) waarbij een bijdrage aan het achtergrondgeluid door windgeruis kan worden verwacht. Onder deze omstandigheden kan de geluidbelasting van de A2 niet goed meer worden gemeten. De sterke afname eind december valt samen met oostelijke windrichting (tegenwindsituatie). Bij windsnelheden lager dan 5 m/s worden de gemeten niveaus redelijk voorspeld. De verschillen tussen de LBV methode en de standaardrekenmethode II kunnen, zeker in relatie tot de fluctuaties in de metingen, klein worden genoemd.

4.1.3 Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse

Bij de gekozen meetopstelling waarbij het geluid van de rijksweg door een meetpost continu wordt gemeten wordt de geluidbelasting als totaal van alle voertuigcategorieën gemeten. Zonder aanvullende gegevens over de verkeersintensiteiten kan men uit de metingen geen emissiegetallen per categorie afleiden. Deze gegevens zijn op de meetlocatie door de aanwezigheid van de tellus van Rijkswaterstaat echter wel beschikbaar voor elke voertuigcategorie en voor elk uur dat is gemeten en dit biedt de mogelijkheid om door middel van regressieanalyse de emissies per categorie te bepalen. Het regressiemodel wordt nader uiteengezet in bijlage 3.

Het statische onderscheid tussen de categorieën middelzwaar en zwaar vrachtverkeer bleek met de hiervoor verklaarde regressiemethode niet goed mogelijk. De bronvermogens liggen relatief dicht bij elkaar, waardoor een grote onzekerheid in de verdeling van de geluidemissie tussen deze voertuigen ontstaat. Daarom is ervoor gekozen om deze twee categorieën samen te nemen.

Uit de regressieanalyse zijn de volgende geluidvermogen-niveau's uit tabel 4.2 bepaald:

Tabel 4.2 resultaten regressieanalyse A2 rijksweg Breukelen

Periode	Licht verkeer			zwaar en middelzwaar vrachtverkeer		
	dag	nacht	etmaal	dag	Nacht	etmaal
Aug1999¹⁾	105,5 ± 0,7	107,0 ± 0,2	105,4 ± 0,5	110,0 ± 2,2	111,8 ± 0,3	110,4 ± 1,2
Feb 2000	107,4 ± 0,7	109,6 ± 0,5	107,7 ± 0,4	112,2 ± 1,3	111,9 ± 0,8	112,4 ± 0,8
Mrt 2000	107,3 ± 0,6	108,4 ± 1,0	107,5 ± 0,4	110,8 ± 1,5	110,9 ± 1,6	110,8 ± 1,0
April 2000	105,8 ± 0,7	-	105,6 ± 0,6	109,0 ± 2,2	-	110,1 ± 1,2
Mei 2000	103,8 ± 1,0	-	103,4 ± 0,9	110,5 ± 1,1	-	111,2 ± 0,8
Juni 2000	105,4 ± 0,7	-	104,7 ± 0,6	108,7 ± 1,7	-	110,6 ± 0,9
Juli 2000	106,4 ± 0,4	108,1 ± 0,3	106,4 ± 0,3	110,7 ± 1,0	111,1 ± 0,4	111,5 ± 0,6
Aug 2000	105,1 ± 0,5	107,0 ± 0,3	105,3 ± 0,3	111,7 ± 0,8	111,4 ± 0,4	111,8 ± 0,5
Sep 2000	106,1 ± 0,5	108,7 ± 0,3	106,4 ± 0,3	110,9 ± 1,1	110,1 ± 0,7	111,0 ± 0,7
Okt 2000	106,4 ± 0,6	108,6 ± 0,6	106,8 ± 0,4	111,3 ± 1,3	109,6 ± 1,6	111,1 ± 0,9
Nov 2000	106,5 ± 0,6	109,1 ± 0,5	106,9 ± 0,4	111,7 ± 1,4	109,5 ± 1,9	111,5 ± 0,9
Dec 2000	107,4 ± 0,5	109,2 ± 0,5	107,9 ± 0,3	-	110,5 ± 1,3	108,0 ± 2,6
Jaar 2000	106,7 ± 0,2	107,5 ± 0,3	106,7 ± 0,1	109,5 ± 0,6	111,5 ± 0,4	110,3 ± 0,3
Meewind	107,0 ± 0,2	108,0 ± 0,3	107,1 ± 0,2	109,9 ± 0,7	111,8 ± 0,5	110,6 ± 0,4
Tegenwind	106,2 ± 0,3	106,7 ± 0,5	106,0 ± 0,2	107,8 ± 1,3	111,5 ± 0,6	109,6 ± 0,5

¹⁾ Dit betrof een relatief korte periode van 29 juli t/m 8 augustus 1999 zie [1]

Voor de maanden april, mei en juni is in de nachtperiode geen waarde voor het geluidvermogen bepaald. Dit komt omdat de regressieanalyse op basis van de binnen deze maanden geregistreerde tel- en snelheidsgegevens niet goed mogelijk bleek. De methode geeft dan, met name in verband met de geringe aantallen voertuigen in de uren van twee tot drie, voor de nachtperiode problemen met betrekking tot het onderscheid tussen personenauto's en vrachtverkeer. (Ook voor de dagperiode in december bleek dit voor vrachtverkeer niet mogelijk, hetgeen te maken heeft met de periode van relatief zeer weinig verkeer in de feestdagen.) De resultaten voor de nachtperiode moeten daarom met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, hoewel uit de bovenstaande tabel wel is af te leiden dat de geluidvermogens in de nachtperiode hoger liggen dan voor de dagperiode, hetgeen waarschijnlijk met de hogere rijnsnelheden samenhangt. Een plot van de resultaten voor de dag- en etmaalperiode is weergegeven in fig. 4.4.

Het blijkt dat voor de personenauto's de niveau's in de wintermaanden december t/m maart het hoogste zijn. Voor het vrachtverkeer is een dergelijke variatie tussen zomer en wintermaanden ook aanwezig, zij het in wat mindere mate.

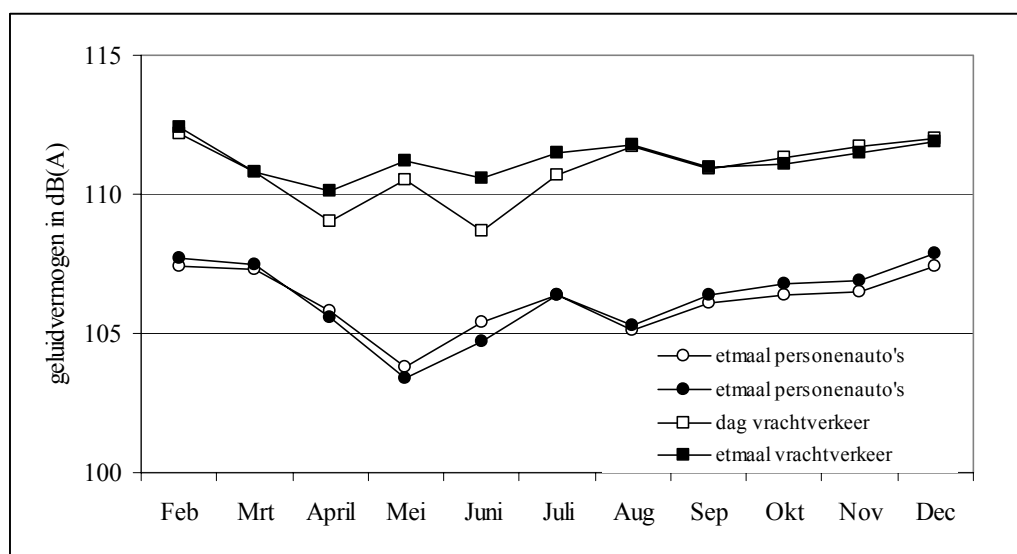


Fig. 4.4 Resultaten per maand van de regressieanalyse. Maandverloop van het geluidvermogeniveau in dB(A) voor personenauto's en voor het vrachtverkeer.

Uit het bovenstaande volgt dat er, onafhankelijk van het verkeersaanbod, sprake is van een seizoensinvloed, die waarschijnlijk samenhangt met de temperatuur. Dit is nader onderzocht door een regressie op basis van een selectie van uren, vallend binnen een bepaalde temperatuursklasse (Bij elke uurmeting van het LAeq is tevens de temperatuur volgens de meteogegevens 'Schiphol' opgeslagen). De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Resultaat regressie naar temperatuursinvloed, geluidvermogen in dB(A)

Temperatuur in °C	Licht	Vracht
0-10	107,3 ± 0,2	111,2 ± 0,5
10-20	106,3 ± 0,2	110,4 ± 0,4
>20	105,7 ± 0,5	108 ± 2,0

De relatie tussen temperatuur en geluidvermogen wordt hierdoor bevestigd. De afname met toename van de temperatuur verloopt voor personen en vrachtauto's respectievelijk met $0,1 \pm 0,05$ tot $0,15 \pm 0,1$ dB(A)/°C, waarbij de onzekerheid in de coëfficiënt voor het vrachtverkeer relatief hoog is.

Behalve een temperatuursinvloed blijkt op grond van het verschil tussen de geluidniveau's in de dag- en nachtperiode, waarin harder gereden wordt, tevens een snelheidsinvloed aanwezig te zijn. Om hiervan een indicatie te verkrijgen zijn de gemeten uurwaarden voor het equivalente geluidniveau gecorrigeerd voor temperatuursverschillen en is vervolgens een regressie gemaakt op basis van een selectie van de uren vallend binnen een bepaald snelheidsbereik.

Tabel 4.4 Resultaat regressie naar snelheidsinvloed (na correctie van uurwaarden naar temperatuursinvloed)

Snelheidsklasse	Licht	Zwaar
80-100	105,8 ± 0,5	109,0 ± 1,0
100-120	107,5 ± 0,1	111,3 ± 0,3

De snelheidsafhankelijk is inderdaad aanwezig en laat zien dat de totale geluidemissie van het verkeer ca. 1 dB(A) toeneemt met een snelheidstoename van 10 km/u. Deze afhankelijkheid is in overeenstemming met de bestaande rekenvoorschriften [3,4].

4.2 Breukelen railverkeer

De metingen aan railverkeer hebben in deze fase nog een oriënterende karakter. In eerste instantie wordt beoogd na te gaan of de metingen geschikt zijn als monitor informatie, op basis waarvan over een langere termijn effecten van beleidsmaatregelen kunnen worden geregistreerd. Tevens worden de metingen vergeleken met het standaard rekenvoorschrift, methode I voor spoorweglawaai[4], geïmplementeerd in 'het akoestisch spoorboekje'. In tabel 3.2 zijn de gemeten aantallen treinpassages weergegeven. Het spoorboekje geeft per treincategorie het aantal bakken per uur en aangezien bij de metingen steeds het aantal treinpassages wordt gemeten en geen onderscheid naar treintype wordt gemaakt zijn deze gegevens slechts indicatief met elkaar te vergelijken door een gemiddeld aantal bakken per passage aan te nemen. Op grond van een aantal veldinspecties is voor een gemiddelde treinpassage 9 bakken aangenomen. Na omrekening naar het aantal bakken per uur zijn de tellingen (aantal gemeten SEL waarden) ter indicatie vergeleken met de telgegevens uit het akoestisch spoorboekje. (Dit betreffen gegevens uit het peiljaar 1998 hetgeen aanleiding kan geven tot enige verschillen met het jaar 2000).

Tabel 4.5 Telling volgens meting in vergelijking met gegevens akoestisch spoorboekje; aantal bakken per uur indicatief bepaald op basis van gemiddeld 9 bakken per gemeten treinpassage

Jaar 2000	Aantal bakken per uur			Verhouding tov ak.sp.b		
	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
Okt	189.2	167.5	66.7	1.4	1.4	1.3
Nov	161.3	136.2	60.3	1.2	1.1	1.2
Dec	219.4	120.0	50.4	1.6	1.0	1.0
Jaargem.	190.3	141.3	59.1	1.4	1.1	1.2
Ak. sp.b.	135.3	123.5	50.3	1.0	1.0	1.0

Uit tabel 4.5 blijkt dat het aantal gemeten bakken hoger uitvalt dan de aantallen op grond van het akoestisch spoorboekje, waarbij de kanttekening wordt gemaakt dat het gemiddelde van 9 bakken een ruwe schatting is. De verschillen in het gemeten en volgens het standaardrekenvoorschrift berekende geluidemissieniveau zijn logaritmisch afhankelijk van de verhouding in telgegevens en zijn daardoor klein.

Tabel 4.6 resultaten akoestische spoorboekje in vergelijking met de metingen; LAeq

	Jaar 2000	LAeq			
		Dag	Avond	Nacht	Lden
Okt	Meting	71,6	71,0	67,2	74,9
	Gecorrigeerd	70,2	69,8	66,0	73,5
	Akoest. Spoorboekje	73,1	72,8	67,5	75,9
	Vershil	-2,9	-3,0	-1,5	-2,4
Nov	Meting	71,9	71,2	67,2	75,1
	Gecorrigeerd	71,0	70,7	66,3	74,3
	Akoest. spoorboekje	73,1	72,8	67,5	75,9
	Vershil	-2,1	-2,1	-1,2	-1,6
Dec	Meting	71,5	70,6	66,8	74,6
	Gecorrigeerd	69,4	70,8	66,8	73,2
	Akoest. spoorboekje	73,1	72,8	67,5	75,9
	Vershil	-3,7	-2,0	-0,7	-2,7
Jaar	Meting	71,7	70,9	67,0	74,9
	Gecorrigeerd	70,2	70,4	66,2	73,7
	Akoest. Spoorboekje	73,1	72,8	67,5	75,9
	Vershil	-2,9	-2,4	-1,3	-2,2

De gemeten geluidniveau's in relatie met de gemeten aantallen zijn vertaald naar een genormeerd emissiegetal gebaseerd op 1 bak per uur. Het verband tussen het equivalente geluidniveau, genormeerde emissiegetal E^* luidt:

$$E^* = L_{Aeq} + 10 \lg a + D_{bodem} + D_{lucht} + D_{meteo} - 10 \lg(Q)$$

waarin:

E^*	:	genormeerd emissiegetal in dB(A) gebaseerd op 120 bakken per uur
Q	:	het aantal bakken per uur volgens telling
L_{Aeq}	:	het gemeten equivalente geluidniveau over de periode
a	:	afstand tot hartlijn van het spoor (25 m)
D_{bodem}	:	bodemverzwakking (0,7 dB(A))
D_{meteo}	:	meteocorrectie (0 dB(A))
D_{lucht}	:	verzwakking door luchtdemping (0,3 d(A))

Daarmee geven de metingen over de periode oktober-december 2000 de volgende resultaten:

Tabel 4.7 Genormeerd emissiegetal E^* in dB(A) op basis van 1 bak per uur; spoor Utrecht-Amsterdam Locatie 'de Aa'; periode oktober t/m december 2000

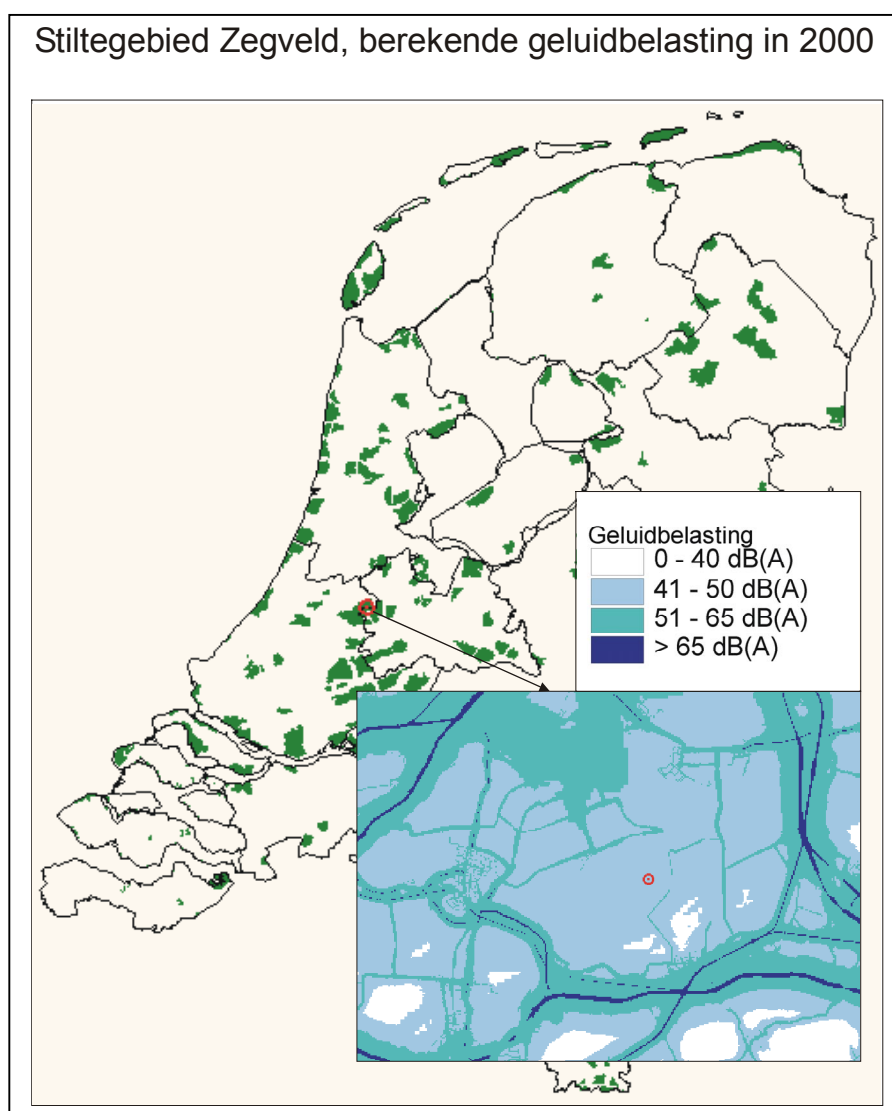
Periode	Jaar 2000	LAeq	Aantal bakken/uur	Etotaal	Genormeerd E^* (emissie 1 bak per uur)
Dag 7-19u	Gemeten	71,7	190,3	86,8	64,0
	Ak. Spoorboekje	73,1	135,3	88,2	66,8
	Vershil				-2,9
Avond 19-23u	Gemeten	70,9	141,3	86,0	64,5
	Ak. Spoorboekje	72,8	123,5	87,9	66,9
	Vershil				-2,5
Nacht 23-7u	Gemeten	67	59,1	82,1	64,3
	Ak. Spoorboekje	67,5	50,3	82,6	65,5
	Vershil				-1,2

De passages kunnen vrij van stoorniveau worden gemeten en elke passage kan worden geteld. De meetopstelling is daarmee in principe geschikt als monitorlocatie om de ontwikkeling van de geluidemissie van het railverkeer over langere periode te monitoren. In dit kader is het de

bedoeling de metingen ook in 2001 te continueren en de resultaten aan het eind van 2001 te vergelijken met de voorgaande metingen. Een verbeterpunt is nog het onderscheid naar de geluidniveaus van verschillende categorieën. Om dit onderscheid te kunnen meenemen is het noodzakelijk het meetinstrumentarium op de meetlocatie uit te breiden met een voorziening waarmee het mogelijk is om het type trein te registreren. Tevens zou bij voorkeur ook de snelheid moeten kunnen worden geregistreerd, aangezien daarvoor nu een schatting moest worden gemaakt. De mogelijkheid om deze opties nog aan de locatie toe te voegen zal in de loop van 2001 en 2002 nader worden onderzocht.

4.3 Zegveld

In figuur 4.5 wordt een overzicht gegeven van de ligging van het meetpunt Zegveld in relatie tot de als stiltegebied aangewezen gebieden. In de Milieubalans wordt voor het betreffende stiltegebied een overschrijding van het LAeq,24 ten opzichte van een 40 dB(A) norm aangegeven. De berekende LAeq,24uurs waarde ligt tussen de 40 en 50 dB(A).



Figuur 4.5: Stiltegebied Zegveld, overzicht geluidbelasting volgens het Landelijk Meeld Verstoring, RIVM Milieubalans 1999

Vergelijking met de gemeten waarden uit fig. 3.7 laat zien dat de gemeten waarden, inclusief de werkdagen wat hoger uitkomen. Dit is te verwachten als lokale activiteiten een rol spelen aangezien deze niet in de modelvorming zijn opgenomen. Hier ligt ook het bezwaar van toetsing van de geluidkwaliteit in stiltegebieden middels een enkele meetpost. Wanneer alleen de weekenden worden beschouwd valt de geluidbelasting wel in de in fig. 4.5 aangegeven geluidklasse.

In tabel 4.8 zijn een aantal indicatoren met elkaar vergeleken

Tabel 4.8 Vergelijking metingen Zegveld met Landelijk Beeld Verstoring

	Geluidbelasting
LBV	41-50 dB(A)
LAeq,24uur werkdag	51 dB(A)
LAeq,24uur weekend	49 dB(A)
Achtergrond L90	41 dB(A)

De metingen zijn daarmee niet strijdig met modelberekeningen, althans voor zover het de niet lokale bronnen betreft. Locale bronnen met een beperkte invloedssfeer zijn in de modelvorming niet opgenomen.

In verband met de aanwezigheid van lokale bronnen is de locatie niet representatief voor de algehele kwaliteit van het stiltegebied. Daarmee vervalt tevens de mogelijkheid om de geringe bijdrage van het vliegverkeer te monitoren. Bij afwezigheid van andere maatgevende bronnen als een rijksweg of spoorwegen, kan aan deze locatie geen goede monitorfunctie worden gegeven. De metingen zijn daarom niet te lang doorgevoerd. In 2001 wordt beoogd validatie van geluidbelasting te realiseren door het verrichten van een meer gerichte meetcampagne waarbij de metingen gedurende een beperkte periode steekproefsgewijs over een ruimtelijk groter gebied worden gespreid.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- De meetlocaties Breukelen Rijksweg A2 en 'de Aa' bieden goede mogelijkheden als monitorlocaties met betrekking tot de ontwikkeling van het geluid afkomstig van respectievelijk rijkswegen en spoorwegen. Zo er op termijn als gevolg van succesvol beleid een duidelijke afname van geluidemissie optreedt dan zal dit op deze locaties, onafhankelijk van een eventuele toename van aantallen, daadwerkelijk kunnen worden geregistreerd;
- Op de locatie langs de rijksweg A2 is een temperatuurseffect gemeten. In de wintermaanden ligt de geluidbelasting langs de A2 ca. 3 dB(A) hoger dan in de zomermaanden. Jaargemiddeld stemt het beeld binnen 1 dB(A) overeen met de rekenvoorschriften;
- Op locatie 'de Aa' langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam zou het op termijn wenselijk zijn om het onderscheid naar treintypen te kunnen maken. De mogelijkheden hiertoe zullen in de loop van 2001 en in 2002 nader worden onderzocht, een en ander afhankelijk van hoe de resultaten met huidige opstelling zich ontwikkelen;
- Door de aanwezigheid van lokale bronnen is de representativiteit van de locatie Zegveld voor de algehele kwaliteit van het stiltegebied beperkt en daarom worden de metingen op deze locatie niet voortgezet.

5.2 Voortgang in 2001

In 2001 zullen op de huidige locaties langs de A2 en het spoor Utrecht-Amsterdam de metingen worden gecontinueerd en eind 2001 opnieuw worden geëvalueerd. Ook de metingen bij Volkel aan de militaire luchtvaart zullen in 2001 worden voortgezet.

De metingen in stiltegebieden op vaste locaties worden op basis van de bevindingen in Zegveld opgeschort. In 2001 wordt beoogd validatie van geluidbelasting in stiltegebieden te realiseren door het verrichten van een meer gerichte meetcampagne waarbij de metingen gedurende een beperkte periode steekproefsgewijs over een ruimtelijk groter gebied worden gespreid.

In 2001 wordt een uitbreiding van het meetnet met tenminste 2 vaste meetlocaties voorzien. Dit betreft een binnenstedelijke meetlocatie in Utrecht teneinde te verkennen in hoeverre een dergelijke locatie zich leent om de geluidontwikkeling van binnenstedelijk wegverkeer en mogelijk ook andere bronnen zoals bromfietsen te volgen. Daarnaast wordt bezien of er een geschikte locatie kan worden gevonden om de geluidbelasting door grootschalige industrieterreinen op structurele wijze te kunnen monitoren. In eerste instantie gaat de aandacht daarbij uit naar het Rijnmondgebied. Verder zal worden nagegaan of de bestaande

locaties kunnen worden uitgebreid met een voorziening waardoor tevens in frequentiebanden, dus niet alleen breedbandig, kan worden gemeten.

Een en ander is nader aangegeven in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Planning en fasering monitormetingen geluid M/725201, 2000-2002

	2000	2001	2002
Wegverkeer	- Start monitoren Rijksweg A2	- Vervolg A2 - Start monitorlocatie Binnenstedelijk wegverkeer	-Vervolg A2 -Evaluatie en evt vervolg binnenst. - start 2e monitor locatie rijkswegen
Railverkeer	- Start monitorlocatie Spoor Utrecht Amsterdam (de Aa)	- Vervolg de Aa	-Vervolg de Aa - uitbreiding naar de Aa met onderscheid categorieën
Luchtvaart	- Start Volkel	- Evaluatie en go/no go	Aansluiting zoeken bestaande meetnetten
Industrie		- Start monitorlocatie Rijnmond	-Evaluatie en evt. Vervolg
Stiltegeb.	- Pilot Zegveld	- evt. Beperkte meetcampagne ter validatie	

Voor het monitoren van de kwaliteit van stiltegebieden is een enkele permanente meetlocatie minder geschikt en biedt tevens weinig flexibiliteit. Bij verdere validatie zullen metingen in stiltegebieden over een groter gebied worden verspreid en een meer incidenteel karakter hebben. Vooralnog wordt afgezien van het inrichten van meer permanente locaties in stiltegebieden.

Literatuur

- [1] RIVM rapport 725201.201, Opties en doelen meetnet geluid, J. Jabben, 1999
- [2] Naar een landelijk beeld van verstoring, VROM, publicatiereeks verstoring nr. 12, 1997
- [3] VROM, Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï, Den Haag: Staatsuitgeverij 1981
- [4] VROM, Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï, Den Haag: Staatsuitgeverij 1981

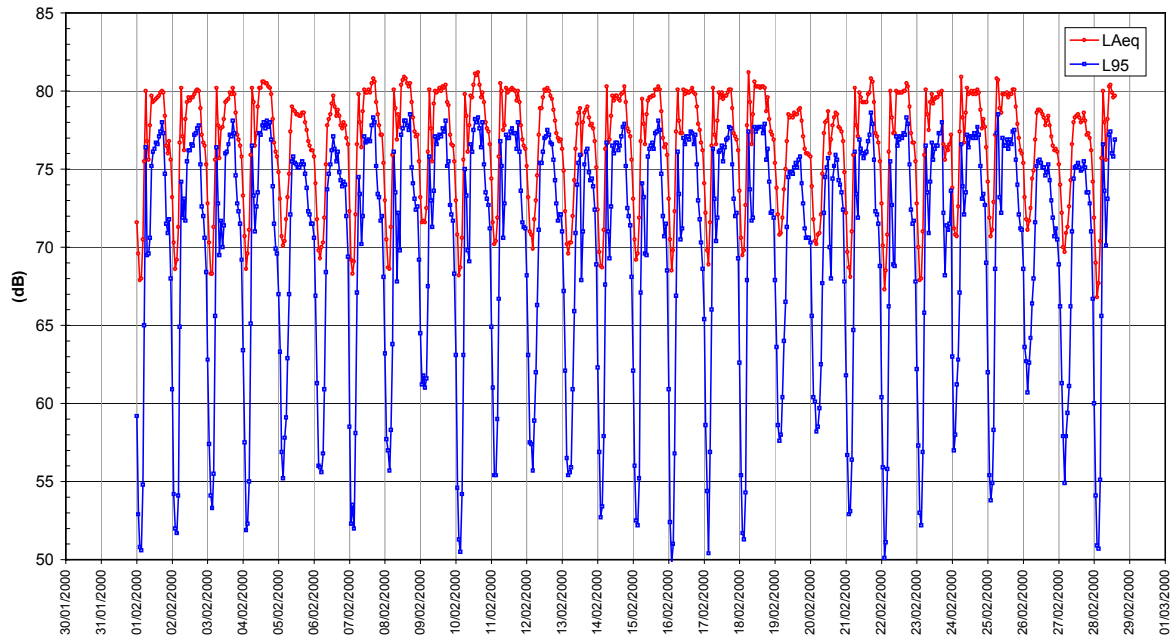
Bijlage 1 Verzendlijst

- 1 Directoraat- Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer
- 2 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman
- 3 Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 4 Drs. J.A. Verspoor DGM
- 5 Drs. J. Swager DGM
- 6 Ir. M. van den Berg DGM
- 7 Dr. P.I. Loeff DGM
- 8 Ir. D. de Gruijter DGM
- 9 Ir. A.W. Bezemer DGM
- 10 Mr. R. Parqui DGM
- 11 Ir. B.J.F. Kortbeek DGM
- 12 Drs. T.C. Welkers DGM
- 13 Drs. P. Tops DGM
- 14 Drs. K. de Groot V&W
- 15 Ir. P.C.M. Polak RWS-AVV
- 16 Drs. P. Paffen RWS-AVV
- 17 J.H. de Roover RWS-AVV
- 18 M.T. Loskamp RWS-AVV
- 13 Ir. C. Padmos RWS-DWW
- 14 Drs W. Alberts RWS-DWW
- 15 Ir. J. Mank RWS-DWW
- 16 Ir. J.J. van Ettinger RWS Zuid Holland
- 17 Ing. B. van der Roest RWS Utrecht
- 18 Mw. I. Venema RWS Utrecht
- 19 Ing. P. Sloven DCMR
- 20 Dhr. G.H.J. Peters DCMR
- 21 Ir. P.A. van Wijngaarden NS-RIB
- 22 Ing. H. Hendriks, Kon. Luchtmacht
- 23 Ing. Elzinga, prov. Flevoland
- 24 Ir. F. v.d. Berg RUG
- 25 Drs. Goossen Alterra
- 26 Prof. Ir. E. Gerretsen
- 27 Ir. J. D. van der Toorn
- 28 Directie RIVM
- 29 Prof. Ir. N.D.van Egmond
- 30 Ir. F. Langeweg
- 31 Dr. Ir. D. Van Lith
- 32 Dr. Ir. E. Lebret
- 33 Mw. J.A. Hoekstra
- 34 Dr. B.J. M. Ale
- 35 Ir. W. van Duijvenbouden
- 36 Drs. B.A.M. Staatsen
- 37 Ir. R.A.W. Albers
- 38 Ir. H.S.M.A. Diederren
- 39 Dr. A.van der Meulen
- 40 Ir. W.J.A. Mol
- 41 Drs. G.P. Van Wee
- 42 Drs. J.A. Annema
- 43 Drs. H.A. Nijland

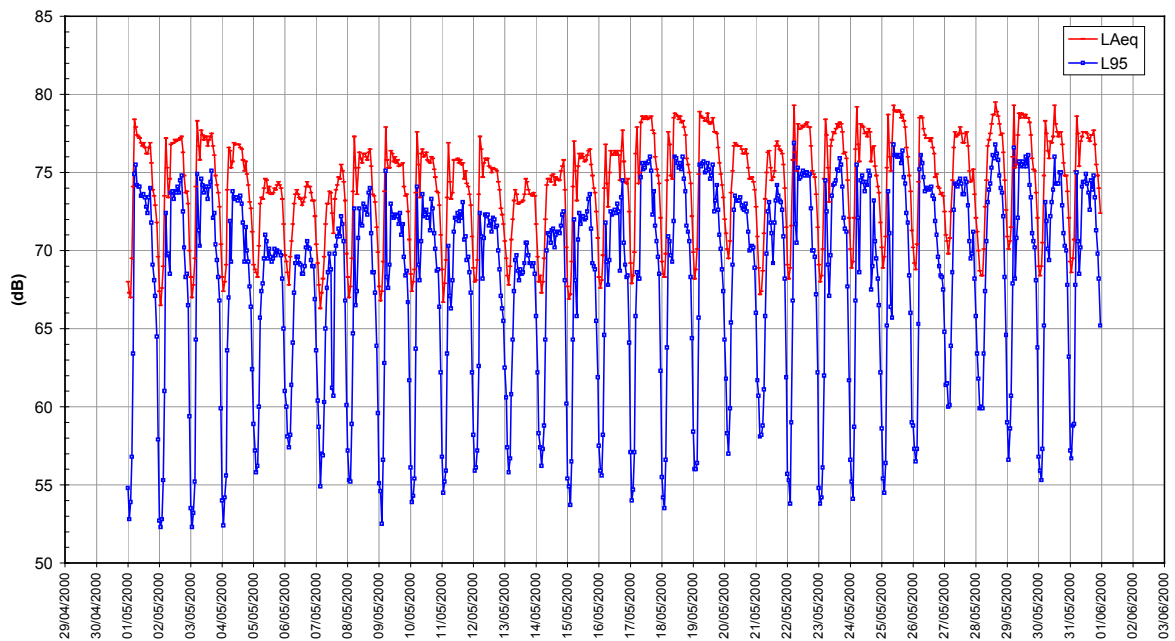
44	Ir. H. Kruize
45	Ir. D.J.M. Houthuijs
46	Ir. A.G.M. Dassen
47	Auteurs
48	SBD/Voorlichting & Public Relations
49	Bureau Rapportenregistratie
50	Bibliotheek RIVM
42-52	Bureau Rapportenbeheer

Bijlage 2 Overzichten gemeten uurwaarden 2000 rijksweg A2, meetpost LML641, Breukelen

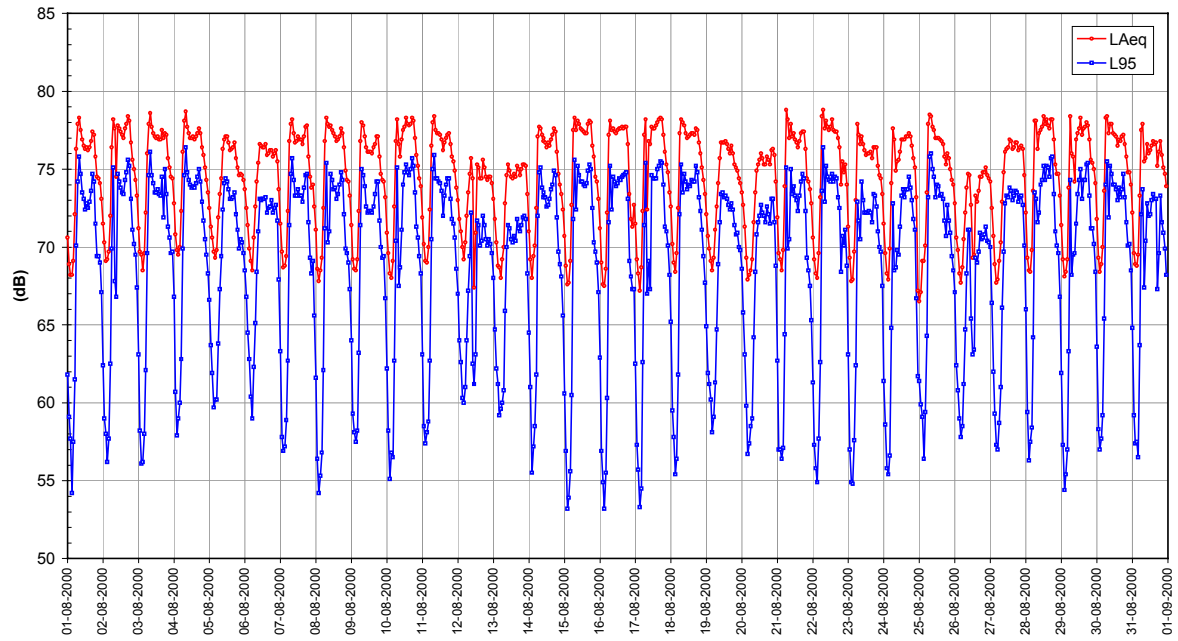
Breukelen A2 Uurgemiddelden februari 2000



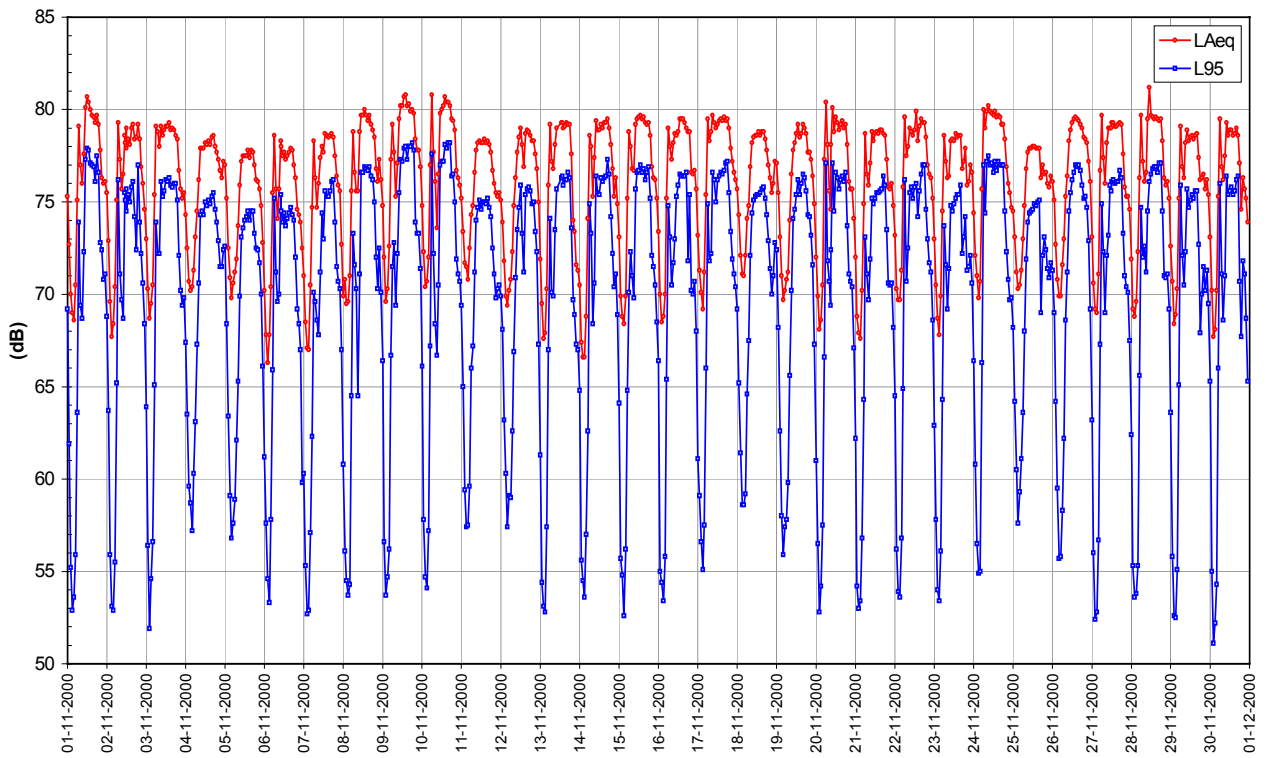
Breukelen A2 Uurgemiddelden mei 2000



Breukelen A2 Uurgemiddelden augustus 2000



Breukelen A2 Uurgemiddelden november 2000



Bijlage 3 Overzichten gemeten uurwaarden 2000 railverkeer, meetpost 'de Aa' Breukelen

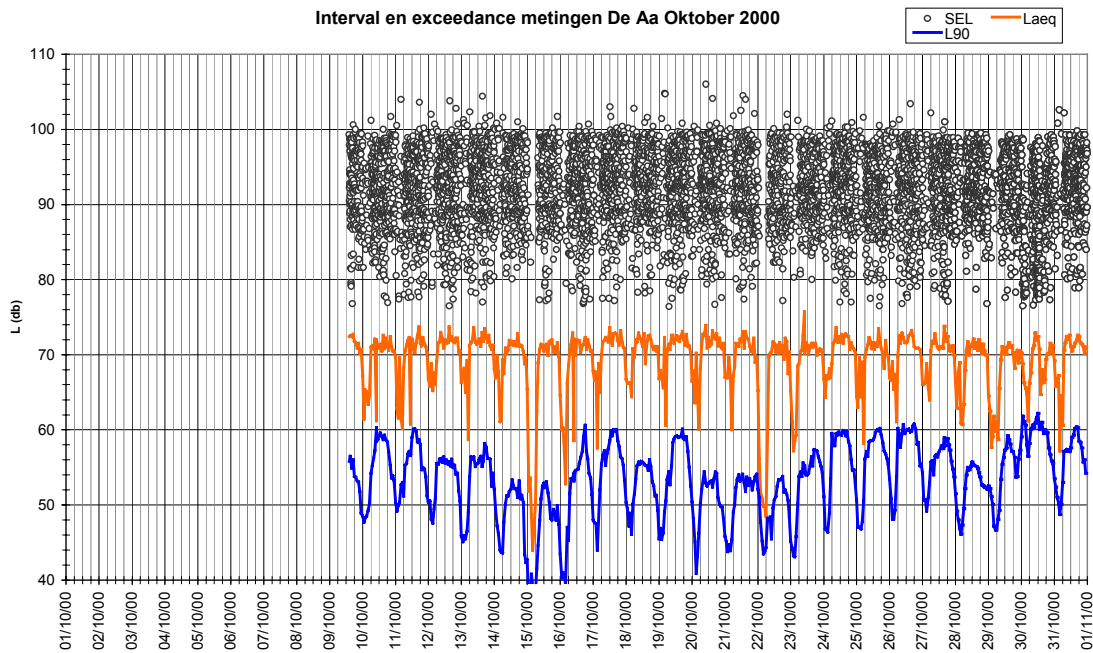


Fig B2.1 Het verloop van een aantal geluidindicatoren op de meetlocatie 'de Aa' bij Breukelen over de maand oktober, het achtergrondniveau L90 wordt gegeven door de blauwe curve en wordt veroorzaakt door de rijksweg A2 op ca 500 m afstand van het spoor

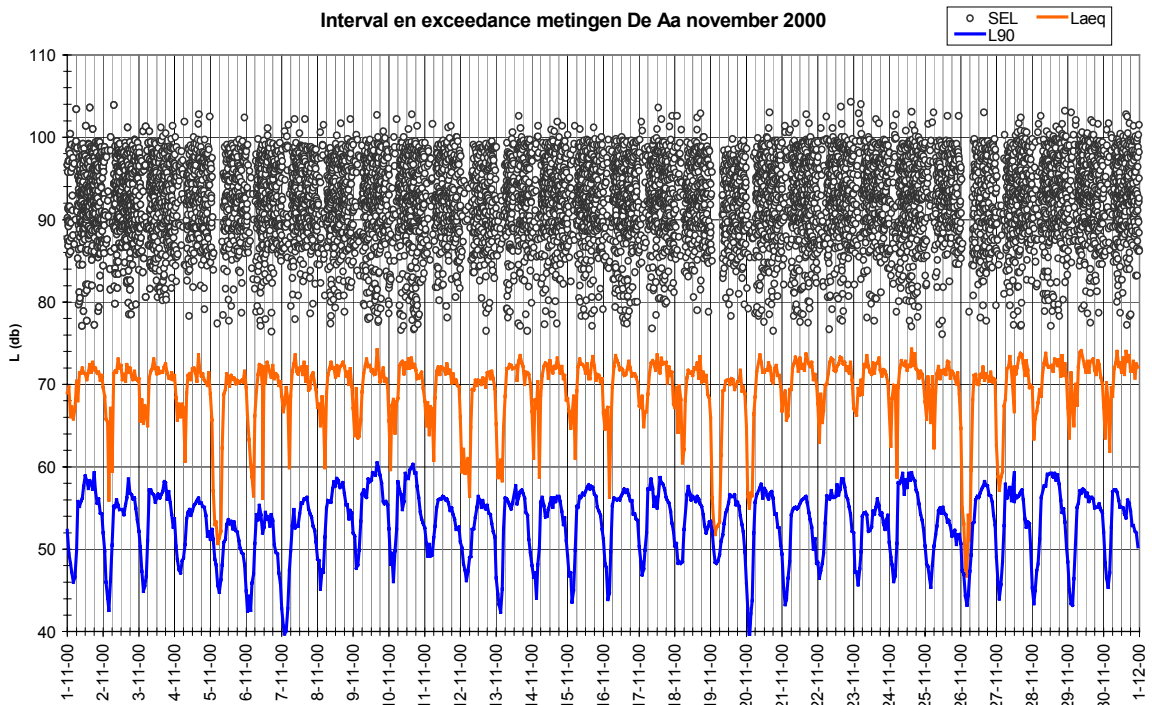


Fig B2.2 Het verloop van een aantal geluidindicatoren op de meetlocatie 'de Aa' bij Breukelen over de maand november

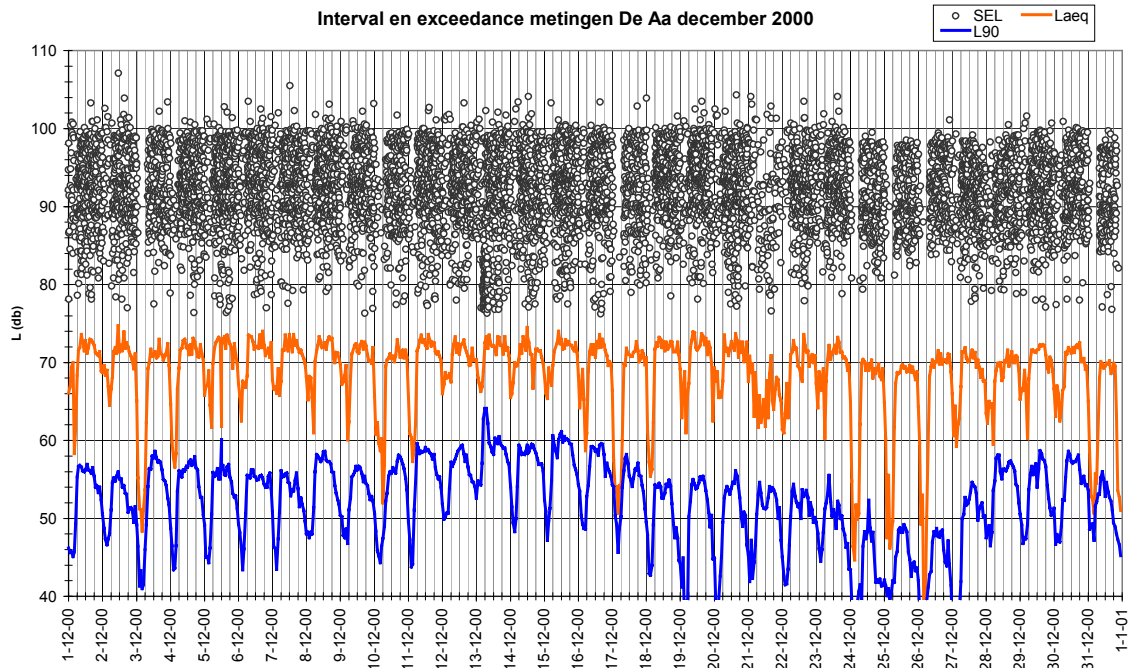


Fig B2.3 Het verloop van een aantal geluidindicatoren op de meetlocatie 'de Aa' bij Breukelen over de maand december

Bijlage 4 Regressieanalyse meetgegevens rijksweg A2

De basis voor de regressieanalyse is een regressiemodel, waarin de gemiddelde intensiteit lineair afhangt van de geluidvermogens van de voertuigcategorieën:

$$Y_u = \sum_{c=1}^{c=3} X_{u,c}(q_{u,c}, v_{u,c}) W_c$$

met

$$X_{u,c}(q_{u,c}, v_{u,c}) = \frac{1}{2} \left(\frac{q_{u,c}^R}{v_{u,c}^R} 10^{-\frac{D^R}{10}} + \frac{q_{u,c}^L}{v_{u,c}^L} 10^{-\frac{D^L}{10}} \right)$$

waarin

- u : index uur
- c : voertuigcategorie (1,2,3 voor resp. licht, middel en zwaar verkeer)
- Y_u : door het regressiemodel voorspelde waarde van de geluidintensiteit
- W_c : het gemiddelde geluidvermogen in Watt voor een voertuig uit categorie c
- $q_{u,c}^R$: aantal voertuigpassages van categorie c in het uur u ; richting Amsterdam
- $q_{u,c}^L$: aantal voertuigpassages van categorie c in het uur u ; richting Utrecht
- $v_{u,c}^R$: gemiddelde rijnsnelheid van voertuigen uit cat. c in uur u ; richting Amsterdam
- $v_{u,c}^L$: gemiddelde rijnsnelheid van voertuigen uit cat. c in uur u ; richting Utrecht
- $X_{u,c}$: overdrachtsfactor afhankelijk van verkeersaanbod en rijnsnelheden
- $D^{R/L}$: verzwakking in dB(A) vanaf rijbaan naar ontvangerpunt op basis van het standaardmodel

De overdrachtsfactoren $X_{u,c}$ zijn met behulp van de verkeersgegevens en de standaardoverdrachtsformules uit het LBV bepaald. Op die manier ontstaat een stelsel vergelijkingen dat in matrixnotatie luidt:

$$Y = XW$$

waarin Y een N bij 1 matrix, met daarin de door het regressiemodel voorspelde geluidintensiteiten, X een N bij 3 matrix met daarin de overdrachtsfactoren en W een 3 bij 1 matrix met daarin de geluidvermogens per categorie (N aantal metingen). De beste schatting van W volgt nu uit de eis dat kwadratische fout:

$$SQE = \sum_{u=1}^N (Y_u - I_u)^2$$

minimaal moet zijn. I_u is een N bij 1 matrix, met daarin de gemeten gemiddelde geluidintensiteiten: $I_u = 10^{(L_{Aeq,u}/10)}$ Aan genoemde eis wordt voldaan door :

$$W = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$$

als schatter te nemen voor de gezochte geluidvermogens. De geluidvermogenniveaus $L_{w,c}$ per voertuigcategorie in dB(A) volgen dan uit $L_{w,c} = 10 \log(W_c/W_0)$ met $W_0 = 10^{-12}$ Watt. Tenslotte is het mogelijk een betrouwbaarheid voor de gevonden geluidniveaus te bepalen. De gemiddelde kwadratische fout volgt uit:

$$MSE = \left| \frac{I^T I - (I^T X)W}{N - 3} \right|$$

de kruisvariantiematrix wordt gegeven door:

$$\mathbf{K} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \cdot \mathbf{MSE}$$

en een 95% betrouwbaarheidsinterval voor de geschatte geluidvermogens volgt uit:

$$\delta W_{95,c} = 1,96 \cdot \sqrt{K_{c,c}}$$

In benadering volgt daarmee voor het geluidvermogenniveau L_w een betrouwbaarheidsinterval van :

$$\delta L_{w_{95,c}} \approx 10 \log \left(1 + \frac{\delta W_{95,c}}{W_c} \right)$$