

RIVM rapport 725201205/2002

Geluidmonitor 2001

Trend- en validatiemetingen omgevingsgeluid

J. Jabben, A.G.M. Dassen, C.J.M. Potma, W. Swart

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van DGM-LMV, in het kader van project 'Monitoring omgevingsgeluid' MAP 725201.

Abstract

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

Noise from roadways

Measurements, started in 1999 along the A2 roadway near Breukelen were continued in 2000 en 2001. Here, the results of the measurements, including the analysis, are given for this site in 2001. The measurements were combined with traffic volume figures in order to determine the source strength of different vehicle categories. At the measurement site along the A2 highway near Breukelen, yearly averaged sound power level of 107.0 dB(A) (ref 10^{-12} Watt) for passenger cars and 110.0 dB(A) for trucks were found. A temperature effect was also found: i.e. the noise levels in winter were approximately 2-3 dB(A) higher than in the summer.

Furthermore results are given as obtained at a newly set up measurement site at the Constant Erzeijstraat in Utrecht. This site aims at monitoring noise from roadways in urban situations. Also here a temperature effect was found. In urban situations rainfall can lead to an increase in noise levels up 3 dB(A).

Noise from railway lines

Also the measurements near Breukelen along the railway line between Utrecht and Amsterdam were continued. The aim was to monitor the trend in noise emissions from railway stock. In 2001 at this location a noise emission level of app. 65 dB(A) for one passage per hour of an 'average' railway carriage (64 dB(A) in 2000). However differentiation determine between noise emissions from different stock is not possible without additional information concerning the various train categories, speeds and axis numbers for each trainpassage.

To this aim during two weeks in may 2001 measurements along a railway line at Nieuwerkerk aan den IJssel were carried out in order to evaluate the possibilities of synchronous monitoring of noise levels, train type, axis numbers and velocity. The results show that by using synchronous detection, the noise emission for each type of train can well be determined and monitored.

Airport noise

The monitoring of the noise load by aircraft operation near the military airport base Volkel was continued. Here, at a location approximately 2000 m south-west of the runway, aircraft noise events are recorded automatically since March 2000. In 2001, the measured noise load expressed in Dutch Kosten units was 50 Ke and expressed in L_{den} 69 dB (A). In 2000 these values amounted to 53 Ke and 70 dB(A), respectively.

Inhoud

SAMENVATTING 5

1	INLEIDING	7
2	KEUZE MEETLOCATIES, BRONNEN EN MEETMETHODIEK	9
2.1	OVERWEGINGEN BIJ KEUZE MEETLOCATIES.....	9
2.2	GEMETEN INDICATOREN	9
2.3	GEbruIK TE MEETAPPARATUUR	10
3	METINGEN AAN WEGVERKEER 2001	13
3.1	VERKEER OP RIJKSWEGEN BREUKELEN A2	13
3.1.1	<i>Meetlocatie</i>	13
3.1.2	<i>Meetresultaten 2001</i>	13
3.1.3	<i>Verkeersvolume en rijsnelheden A2 Breukelen 2001</i>	15
3.1.4	<i>Vergelijking met rekenvoorschriften wegverkeersgeluid</i>	16
3.1.5	<i>Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse</i>	16
3.1.6	<i>Resumé</i>	18
3.2	STEDELIJK WEGVERKEER CONSTANT ERZEIJSTRAAT UTRECHT	18
3.2.1	<i>Meetlocatie</i>	18
3.2.2	<i>Meetresultaten in 2001</i>	18
3.2.3	<i>Schatting verkeersgegevens Constant Erzeijstraat</i>	20
3.2.4	<i>Regressieanalyses Constant Erzeijstraat</i>	20
3.2.5	<i>Resumé</i>	21
4	RAILVERKEER 2001	23
4.1	SPOOR UTRECHT AMSTERDAM BIJ BREUKELEN	23
4.1.1	<i>Meetlocatie</i>	23
4.1.2	<i>Meetresultaten</i>	23
4.1.3	<i>Bepaling van emissie, gemiddeld over alle categorieën</i>	24
4.1.4	<i>Bepaling geluidemissie per categorie</i>	25
4.2	PILOT CATEGORIE HERKENNING NIEUWERKERK AAN DEN IJSSEL.....	27
4.2.1	<i>Resumé</i>	30
5	LUCHTVAART	31
5.1	GELUID DOOR MILITAIR VliegVERKEER, VliegBASIS VOLKEL	31
5.1.1	<i>Meetlocatie</i>	31
5.1.2	<i>Meetresultaten</i>	31
5.1.3	<i>Maximale geluidniveau's tijdens registratie van passages</i>	33
5.1.4	<i>Meetnauwkeurigheid</i>	33
5.1.5	<i>Vergelijking met berekende waarden</i>	34
5.1.6	<i>Resumé</i>	36
6	CONCLUSIES	37
	REFERENTIES	39
	BIJLAGE 1 VERZENDLIJST	40
	BIJLAGE 2 OVERZICHT MEETLOCATIES	42
	BIJLAGE 3 REGRESSIEANALYSE MEETGEGEVENS RIJKSWEG A2	48
	BIJLAGE 4 NORMERING VAN EMISSIEGETALLEN RAILVERKEER	50
	BIJLAGE 5 OMSCHRIJVING VAN TREINCATEGORIEËN UIT HET REKEN- EN MEETVOOSCHRIFT RAILVERKEER (RMV 1996)	51

Samenvatting

In het kader van structurele intensivering van meetactiviteiten ten behoeve van het monitoren van milieukwaliteit loopt sinds 1999 bij het RIVM een meetprogramma voor geluid. In dit programma zijn door het RIVM in 2001 op een aantal continu registrerende, vaste meetlocaties in Nederland geluidmetingen verricht. Deze zijn gericht op de signalering van trends en de validatie van modelberekeningen. Het meetprogramma is opgenomen in het project 'Monitoring omgevingsgeluid' (MAP 725201). Momenteel zijn een viertal meetposten in gebruik gericht op de geluidbelasting van wegverkeer, railverkeer en (militaire luchtvaart)

Metingen aan wegverkeer

Vanaf februari 2000 worden op uurbasis continu geluidmetingen verricht langs de rijksweg A2 ter hoogte van Breukelen. Deze metingen zijn in 2001 gecontinueerd. De metingen zijn gecombineerd met tel- en snelheidsgegevens van het verkeer ter plaatse en gebruikt om de geluidemissies van personenauto's en het vrachtverkeer in te bepalen. De gemiddelde emissies (bronvermogen ref 10^{-12} Watt) gemeten in 2001 weken niet significant af van die in 2000. Voor personenauto's werd 107,0 dB(A) gemeten en voor vrachtauto's 110,0 dB(A). De geluidemissie in de wintermaanden ligt 2 tot 3 dB(A) hoger dan in de zomermaanden. Ook het verkeersvolume op en samenstelling op de A2 is nauwelijks veranderd. In vergelijking met de langs de A2 gemeten jaargemiddelde waarde geeft het nieuwe reken- en meetvoorschrift voor wegverkeerslawaai (RMV2000) voor de nachtperiode van 23.00 tot 7.00 uur een onderschatting van de jaargemiddelde geluidbelasting in de nachtperiode van ca. 1 dB(A).

Naast de meetlocatie langs de A2 is in april 2001 een binnenstedelijke meetlocatie aan de Constant Erzeijstraat te Utrecht in gebruik genomen. In vergelijking met het verkeer op rijksweg A2 ontbreekt in de etmaalverdeling van de geluidniveau's het relatieve maximum rond 6.00 uur voorafgaande aan de spits. Ook bij de Constant Erzeijstraat is sprake van een temperatuur-effect waarbij de hoogste geluidemissie zich voordoet in het bereik van 0 tot 10 °C. Op deze locatie is het effect van neerslag onderzocht. Een nat wegdek veroorzaakt een toename van 3 tot 4 dB(A) en deze situatie heeft zich over de periode van oktober tot december 14 % van de tijd voorgedaan. De praktische effectiviteit van zeer open asfalt wegen ten opzichte van standaard dicht asfalt beton zal bij nat wegdek waarschijnlijk nog toenemen en dit type geluidarm asfalt lijkt daarmee zeer geschikt om de geluidhinder in de stedelijke woonomgeving tegen te gaan.

Metingen aan railverkeer

In 2000 is een meetlocatie ingericht langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam ter hoogte van Breukelen. De metingen op deze locatie hebben als doel de lange termijn trend in geluidemissie door spoorwegen te volgen en zijn in 2001 gecontinueerd. De gemiddelde voertuigemissie gemeten in 2001 ligt wat hoger (ca. 1 dB(A)) dan in 2000 maar nog wel lager dan de waarde volgens het rekenvoorschrift (RMV1996). Door het ontbreken van informatie over het type en rijsnelheid van de passerende treinen kunnen de meetresultaten op deze locatie niet direct worden toegewezen aan treincategorieën. Koppeling van geluidgegevens met TNV gegevens van NS-RIB biedt wel inzicht treincategorieën maar niet in treinsamenstelling of rijsnelheid.

Om de mogelijkheden tot gelijktijdige koppeling van treingegevens en het monitoren van emissies per categorie nader te onderzoeken is in 2001 tevens een haalbaarheidsstudie verricht langs het spoor bij Nieuwerkerk aan den IJssel. Hieruit blijkt dat door middel van gelijktijdige registratie van het geluidniveau tijdens passage, het treintype, de rijnsnelheid en het aantal assen een differentiatie in geluidemissie naar treincategorie kan worden gerealiseerd. Dit biedt goede mogelijkheden om de emissie per treincategorie en de effectiviteit van beleidsmaatregelen gericht op bepaalde categorieën over langere tijd te monitoren.

Metingen aan luchtvaart

Vanaf maart 2000 zijn metingen verricht op een meetlocatie vlakbij het militaire luchtvaartterrein Volkel. In 2001 is een ‘gemiddelde’ geluidbelasting uitgedrukt in de geluidmaat B_{65} van 50 Ke gemeten. Uitgedrukt in de geluidmaat L_{den} is 69 dB(A) gemeten. Deze waarden zijn lager aan de waarden voor de voorgaande periode (resp. 53 Ke en 70 dB(A)).

In vergelijking met een berekening volgens het rekenvoorschrift uitgevoerd door het NLR ligt de gemeten waarde hoger doordat de berekening uitgaat van een uniform spreidingsprofiel van de vliegbewegingen. Wanneer rekening wordt gehouden met de niet-uniforme spreiding van de vliegbewegingen valt de berekende waarde nog juist binnen de onzekerheid van de meetuitkomst.

Het gebruik van permanente meetposten op relatief korte afstand van luchthavens biedt goede mogelijkheden om de trend in de geluidbelasting te monitoren en rekenvoorschriften die in het kader van de zonering worden toegepast te toetsen. In het kader van toetsing van modelberekeningen zou een soortgelijke meetexercitie als bij Volkel, bijvoorbeeld op semi-permanente basis gedurende 1 of 2 jaar, in de toekomst mogelijk ook bij andere luchthavens, zinvol kunnen zijn.

1 Inleiding

Een structureel onderdeel van de milieuplanbureau activiteiten van het RIVM betreft monitoren en prognosticeren van de geluidbelasting en geluidhinder in Nederland. In Milieubalansen en Milieuverkenningen wordt hierover gerapporteerd. Het monitoren van de geluidbelasting in Nederland door wegverkeer, railverkeer en luchtvaart wordt door het RIVM momenteel uitgevoerd met behulp van een Landelijk Beeld voor Verstoring van milieukwaliteit [1,2]. Dit model berekent de geluidsniveaus 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 algemene wettelijk vastgelegde, standaard rekenvoorschriften voor wegverkeer[3,4] railverkeer [5,6] en luchtvaart[7].

Het is hierbij steeds van belang overeenstemming van modelberekeningen met de in de praktijk optredende fysieke geluidbelasting door middel van metingen te valideren. Naast een betere verankering van de modeluitkomsten met reële praktijkgegevens kunnen aanvullende metingen informatie opleveren over de effectiviteit van het beleidsinstrumentarium. In het bijzonder waar het emissiebeleid gericht op gemeentee overstijgende bronnen als rijkswegen, spoorwegen en luchtvaart betreft.

Sinds 1994 is de meettechnische onderbouwing van de planbureau producten als gevolg van bezuinigingen onder druk komen te staan. Ter compensatie is in juli 1999 door de minister van VROM in het belang van de kwaliteit van de beleidsondersteuning door het RIVM aanvullende financiering gereserveerd, bedoeld voor het intensiveren van meetinspanningen ter validatie van modelberekeningen. Een deel daarvan is ingezet in het kader van een meetprogramma geluid dat gericht is op het ondersteunen en valideren van het Landelijke Beeld voor Verstoring van milieukwaliteit.

Het meetprogramma is opgenomen in het project ‘*Monitoring omgevingsgeluid*’ (MAP 725201). Hierin is voorzien in het inrichten van een aantal permanente monitorlocaties gericht op de lange termijn ontwikkeling van de geluidbelasting langs de rijksinfrastructuur (o.a. rijkswegen en spoorwegen). Daartoe zijn inmiddels een viertal vaste meetlocaties in gebruik genomen[8,9]. Het betreft:

- *Rijksweg A2*; een meetlocatie aan de oostzijde van de A2 ter hoogte van Breukelen gericht op het monitoren van de geluidemissie van het verkeer op rijkswegen;
- *Constant Erzijestraat te Utrecht*; een binnenstedelijke meetlocatie gericht op de ontwikkeling van de geluidemissie van wegverkeer op stedelijke hoofdonthutingswegen;
- *Spoorlijn Utrecht – Amsterdam*; een meetlocatie aan de oostzijde van het spoor tussen Utrecht en Amsterdam eveneens ter hoogte van Breukelen gericht op het monitoren van de geluidemissie door spoorwegen;
- *Vliegbasis Volkel*; een meetlocatie in het verlengde van de startbaan van de militaire vliegbasis Volkel.

Bij het inrichten van deze 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.

Dit rapport geeft een beschrijving van en een analyse van de meetresultaten die in 2001 zijn verkregen, waarbij o.a.

- de metingen in 2001 langs de rijksweg A2 en langs het spoor Utrecht-Amsterdam zijn vergeleken met die uit 2000 en met de uitkomsten volgens vigerende standaard rekenvoorschriften;
- de resultaten van de metingen bij Volkel zijn vergeleken met de geluidcontouren uit de jaarberekeningen die door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium in het kader van de handhaving van de geluidszone worden uitgevoerd. Het RIVM is aangewezen op deze contouren als het gaat om het landelijke beeld van het luchtvaartgeluid. De berekende contouren zijn de enig beschikbare openbare gegevens die een beeld geven van de geluidbelasting door de militaire luchtvaart;

Behalve een beschrijving en een analyse van de metingen op de vaste meetlocaties beschrijft dit rapport de resultaten van een in 2001 langs het spoor bij Nieuwerkerk aan den IJssel uitgevoerde haalbaarheidsstudie. Deze haalbaarheidsstudie was gericht op een mogelijkheid om geluidmetingen aan het railverkeer gelijktijdig te combineren met registratie van aanvullende gegevens (o.a. het treintype, het aantal assen en de rijsnelheid). De aanvullende gegevens maken een differentiatie van de geluidemissie naar het treintype mogelijk en verhogen daarmee de beleidswaarde van de meetuitkomsten.

Tenslotte wordt ingegaan op de voortgangopties van het meetprogramma voor 2002 en de daarop volgende jaren.

2 Keuze meetlocaties, bronnen en meetmethodiek

2.1 Overwegingen bij keuze meetlocaties

Beoogd wordt om over langere periode de ontwikkeling van de geluidemissie van het omgevingsgeluid te volgen. Het is daarbij wenselijk om:

- Effecten op de geluidemissie te signaleren die het gevolg zijn van brongerichte beleidsmaatregelen (aanscherpen typekeuringseisen, stille banden, aanleg geluidarm asfalt, nieuw treinmaterieel) en/of worden veroorzaakt door autonome ontwikkelingen (bredere banden, nieuw treinmaterieel);
- Effecten te registreren die het gevolg zijn van wijzigingen (toe-, afnamen, verschuivingen, samenstelling) in verkeersvolume, zoals bijvoorbeeld een mogelijk toenemende nachtelijke geluidbelasting tengevolge van de ontwikkeling naar een 24-uurs economie.

Het is daarvoor nodig dat de metingen rechtstreeks 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 monitorinformatie en hebben daarom geen incidenteel karakter, maar moeten bij voorkeur permanent kunnen worden uitgevoerd. Verder is het belangrijk dat de metingen op een locatie plaatsvinden waar tegelijkertijd het aanwezige verkeersvolume kan worden geregistreerd, tenzij dit eenvoudig uit de metingen kan worden afgeleid. Deze informatie is immers van belang om de meetuitkomsten te vertalen en naar een geluidemissie onafhankelijk van het verkeersvolume

Een overzicht van alle op dit moment operationele meetlocaties is weergegeven in bijlage 2.

2.2 Gemeten indicatoren

Op alle locaties is op uurbasis het equivalente geluidniveau L_{Aeq} , het achtergrondniveau L_{95} en de maximale geluidbelasting $L_{A,max}$ (allen in dB(A)) geregistreerd.

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

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T I(t) dt \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (2.1)$$

$I(t)$ is hierin de momentane waarde van de geluidintensiteit (in eenheden van 10^{-12} Watt/m²), niet te verwarren met het geluiddrukkniveau $L_p(t)$, dat correspondeert met de waarnemingssterkte. Geluidintensiteit en geluiddrukkniveau hangen samen volgens $L_p(t) = 10 \log I(t)$. Het momentane, A-gewogen geluiddrukkniveau $L_p(t)$ 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 $L_{A,max}$ 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 door de microfoon geregistreeerde geluidenergie op de en wordt gegeven door:

$$SEL = 10 \log \left(\int_{\text{passage}} I(t) dt \right) = 10 \log \left(\int_{\text{passage}} 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (2.2)$$

Bij de meetpost Volkel zijn, naast de op uurbasis gemeten equivalente geluidsniveaus, de L_{Amax} - en de SEL-niveaus tijdens de vliegtuigpassages gemeten. Alle geregistreeerde L_{Amax} - en SEL-waarden zijn vervolgens gebruikt om de K_e -waarde respectievelijk de L_{den} -waarde voor zowel de maandelijkse als de voortschrijdende geluidbelasting te berekenen. Voor de geluidbelasting in K_e , de B_{65} geldt:

$$B_{65} = 20 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N nsf_i \cdot 10^{\frac{L_{max,i}}{15}} \right) - 157. \quad (2.3)$$

Hierin is N het totale aantal registraties in de periode waarvoor de waarde wordt berekend. Bij de berekening van de maandwaarde is dit de desbetreffende maand; bij de berekening van de voortschrijdende waarde beslaat de periode de tijd vanaf het begin van het jaar tot en met de maand waarvoor de waarde wordt berekend. nsf is de nachtstraffactor waarmee de bijdrage van een event wordt vermenigvuldigd, afhankelijk van de tijd waarop het event geregistreerd is. Voor de geluidbelasting in L_{den} geldt:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N nsf_i \cdot 10^{\frac{SEL_i}{10}} \right) - 10 \cdot \log T. \quad (2.4)$$

Hierbij is T de tijdsduur in seconden van de periode waarop de berekening betrekking heeft. Voor een periode van een maand is de term $10 \cdot \log T$ ongeveer gelijk aan 6.4; voor de periode van een jaar is deze term gelijk aan 75.

2.3 Gebruikte Meetapparatuur

De meetopstelling zoals die op de beschreven locaties wordt gebruikt is weergegeven in figuur 2.1.

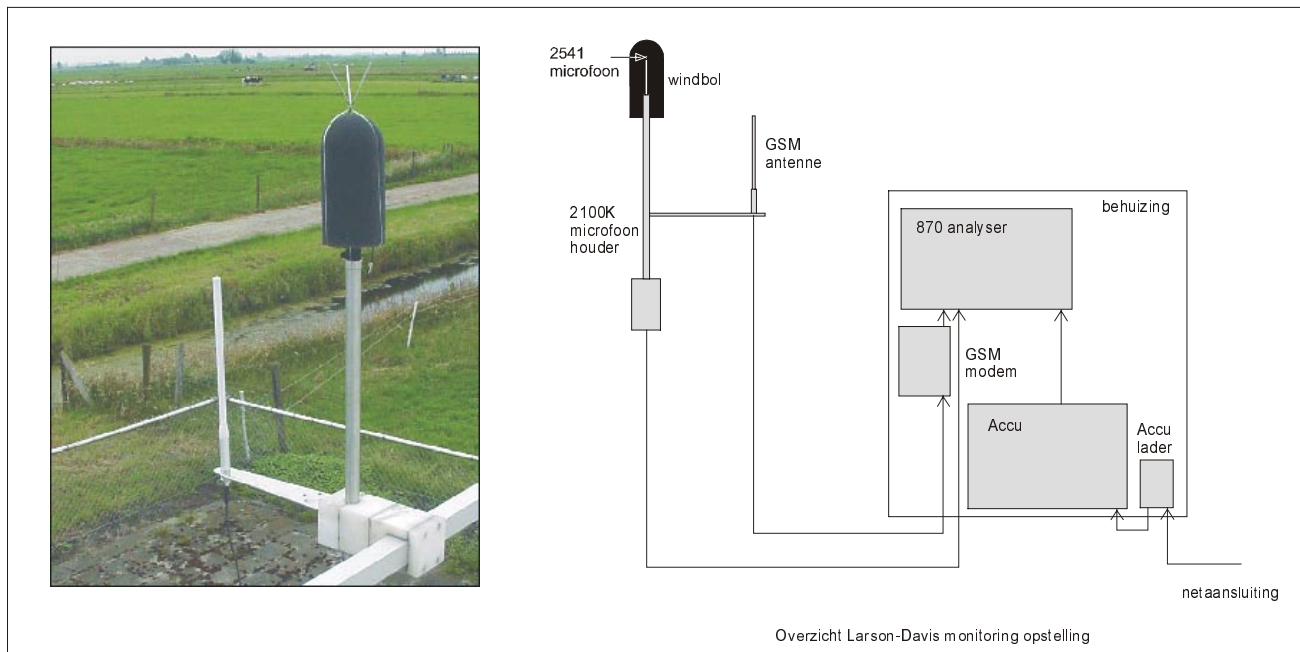


Fig. 2.1 Overzicht gebruikte meetopstelling voor monitoren omgevingsgeluid

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 geluidssignaal 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 langs het spoor Utrecht-Amsterdam en aan de Constant Erzeijstraat is de analyser ook ingesteld op het registreren van overschrijdingen van het momentane geluidsniveau boven resp. 70 dB(A) en 65 dB(A) drempelwaarden. Op de locatie bij het spoor wordt bij elke overschrijding of 'event' het tijdstip, de tijdsduur, het maximaal opgetreden niveau LA,max en de SEL waarde geregistreerd. Bij de Constant Erzeijstraat wordt in verband met het grote aantal 'events' alleen het aantal geteld. De analyser slaat alle berekeningsresultaten op in een geheugen dat voldoende groot is om enkele maanden door te kunnen meten. Aan de analyser is een GSM modem gekoppeld die is aangesloten op een antenne die aan de microfoon is bevestigd. De meetresultaten worden opgehaald door met een PC met standaard modem het 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 Metingen aan wegverkeer 2001

3.1 Verkeer op rijkswegen Breukelen A2

3.1.1 Meetlocatie

Voor het monitoren van de geluidemissie van het wegverkeer van rijkswegen wordt meetpost LML641 uit het landelijk meetnet van het RIVM in combinatie met het daar aanwezige verkeer telpunt (nr. 47735 Breukelen-Maarssen) van RWS-AVV gebruikt. De meetlocatie is weergegeven in bijlage 2.

3.1.2 Meetresultaten 2001

-Jaarverloop van de geluidbelasting

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. Op basis daarvan is in fig. 3.1. het verloop van het L_{den} (welke in EU-verband wordt voorgesteld) over 2000 en 2001 weergegeven.

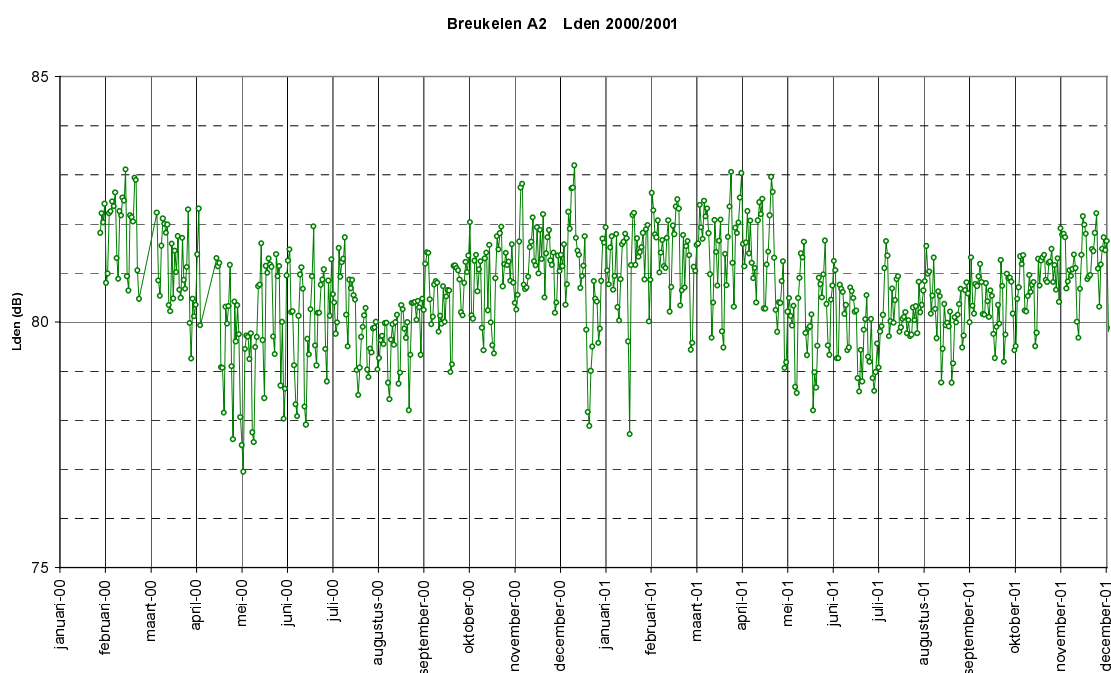


Fig 3.1 Gemeten verloop van het L_{den} in dB(A) op ca 26 m afstand, oostzijde van Rijksweg A2 ter hoogte van Breukelen over 2000 en 2001

Uit figuur 3.1 blijkt dat de hoogste geluidniveau's gemeten zijn in de wintermaanden. De afname van de geluidniveau's in de zomermaanden kan deels worden toegeschreven aan de temperatuursinvloed. Hierop wordt in hoofdstuk 4 nader ingegaan.

-Het etmaalverloop van de geluidbelasting

In fig 3.2 is het gemiddelde verloop over het etmaal van de metingen over 2001 en 2002 weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt naar week- en weekenddagen.

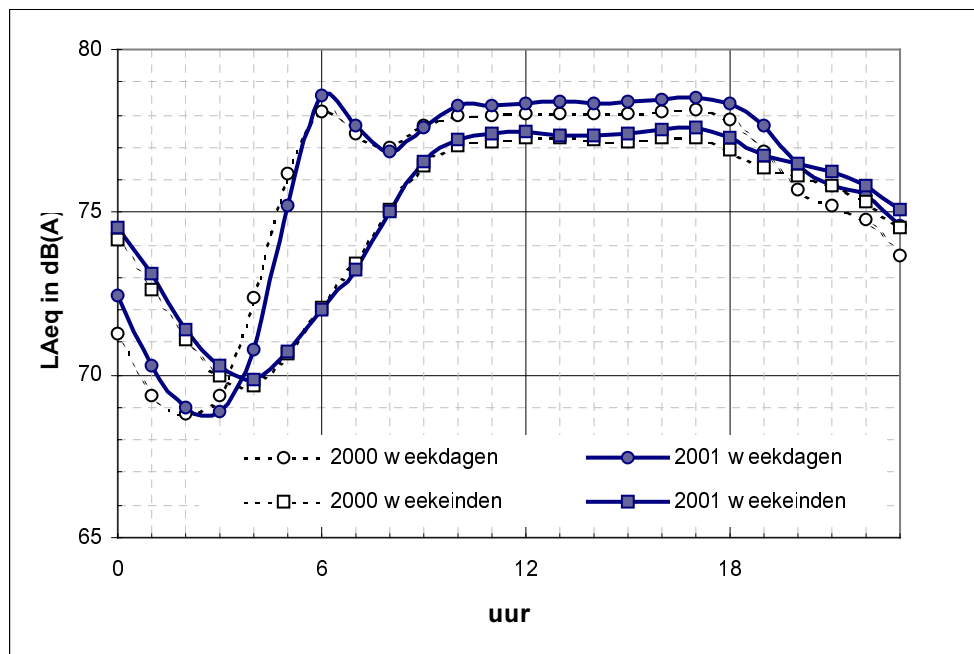


Fig 3.2 Gemiddeld 24-uurs verloop week- en weekend dagen over de maanden januari t/m december 2001 op de locatie langs de A2. Ter vergelijking is ook het 24-uurs-verloop over het jaar 2000 weergegeven[6]

De hoogste geluidniveau's doen zich voor in de ochtend (6 uur) - en avondspits. De laagste niveau's zijn gemeten in de periode van 2.00 tot 3.00 uur in de nachtperiode. De relatieve kleine afname in de periode van 6.00 tot 9.00 uur ten opzichte van het niveau tussen 6.00 en 7.00 uur wordt veroorzaakt door filevorming en de daarbij horende lagere snelheid. De weekenden tonen duidelijk een sterke verlaging in de uren van 4 tot 8 ten opzichte van de weekdagen. Overdag is er in de weekenden gemiddeld 1 dB(A) minder geluid. In de uren van 0 tot en met 3 is er echter een verhoging van het geluidniveau ten opzichte van de werkdagen. In vergelijking met de verdeling die in 2000 is gemeten is met name op weekdagen een iets hoger geluidniveau gemeten, echter de verschillen blijven binnen 0,5 dB(A) (significantie drempel). In tabel 3.1 zijn de gemiddelde (equivalente) geluidniveau's over de dag- (7.00-19.00 uur), avond- (19.00-23.00 uur) en de nachtperiode (23.00-7.00 uur) die gemeten zijn in 2001 vergeleken met de geluidniveau's in 2000.

Tabel 3.1: Vergelijking gemeten geluidniveau's 2000/2001 over dag, avond en nachtperiode; Tevens zijn de etmaalwaarde en het L_{den} aangegeven

Indicator in dB(A)	2000	2001 (tov2000)	2001 weekdag	2001 weekend
LAeq_dag 7-19 u	77,7	77,8 (+0,1)	78,2	76,9
LAeq_avond 19-23 u	76,0	76,4 (+0,4)	76,4	76,3
LAeq_nacht 23-7 u	73,3	73,4 (+0,1)	73,8	72,5
Etmaalwaarde	83,3	83,4 (+0,1)	83,8	82,5
L_{den}	80,9	81,0 (+0,1)	81,3	80,3

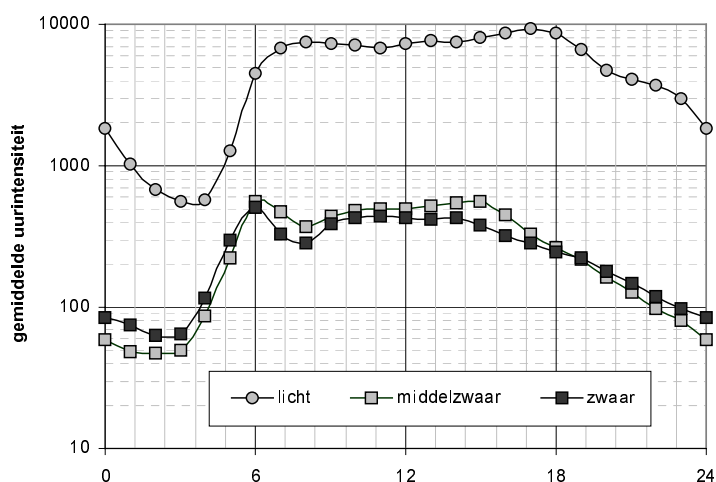
3.1.3 Verkeersvolume en rij snelheden A2 Breukelen 2001

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 tabel 3.2 zijn de aantallen en de snelheden voor januari t/m december 2002 aangegeven.

Tabel 3.2 Verkeersintensiteiten en rij snelheden in km/u over 2002, A2-Breukelen

	Gemiddelde rij snelheid in km/u											
	Etmalaalintensiteit			Dag (19.00-23.00)			Avond(19.00-23.00)			Nacht (23.00-7.00)		
	L1	L2	L3	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	
2000	122477	9014	6314	102	85	82	110	92	86	112	91	86
Jan	114618	6069	5937	102	87	81	111	94	85	113	94	85
Feb	122079	6545	6438	99	85	79	110	94	85	113	94	86
Mrt	124449	6934	6628	103	87	81	111	94	85	115	95	86
Apr	125900	6965	6134	101	86	80	112	95	86	114	96	86
Mei	127624	7921	6879	102	86	81	111	94	86	114	95	86
Juni	129523	7818	6481	104	87	82	113	95	87	115	96	86
Juli	126776	8295	6086	105	89	83	113	95	87	115	96	87
aug	127189	7911	6044	106	90	84	112	94	87	115	97	87
Sep	128956	7436	6445	101	86	80	111	94	86	113	96	86
Okt	132361	7460	6911	101	86	80	110	94	85	114	96	86
Nov	128490	7139	6795	98	83	78	110	94	85	114	94	85
Dec	111131	5477	5336	102	87	81	110	95	86	114	95	86
2002	124925	7164	6343	102	87	81	111	94	86	114	95	86

Het blijkt dat de variaties in verkeersaantallen gering zijn en geringe verschillen in de maandelijkse geluidbelasting zullen veroorzaken. Ook ten opzichte van het jaar 2002 zijn de verschillen gering. In de laatste weken van december is de invloed van de feestdagen terug te vinden. 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. Een gemiddelde etmaalverloop van de verkeersintensiteit over 2002 is weergegeven in figuur 3.3.



Figuur 3.3. Jaargemiddeld 24 uursverloop van de uurintensiteiten van het verkeer op de A2 ter hoogte van Breukelen (bron AVV)

3.1.4 Vergelijking met rekenvoorschriften wegverkeersgeluid

De verkeersgegevens (intensiteiten en rijsnelheden voor elk uur dat gemeten is) zijn gebruikt om berekende waarden te vergelijken met de gemeten waarden. Dit is gedaan voor de rekenmethode LBV (die door het RIVM wordt gebruikt voor geluidkartering [1,2]) en zowel het oude (RMV1981[3]) als het nieuwe reken- en meetvoorschrift voor wegverkeer (RMV2000[4]). De resultaten zijn weergegeven fig 3.4 en tabel 3.3.

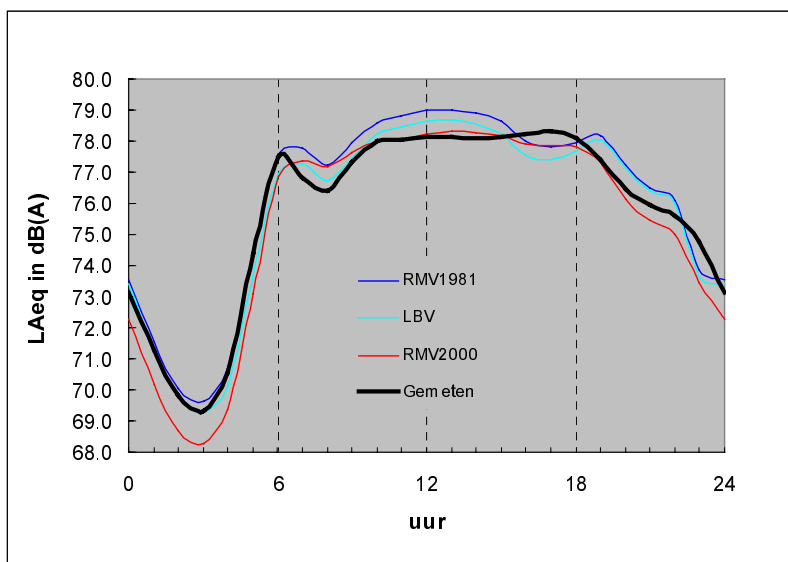


Fig. 3.4 Vergelijking van het berekende en gemeten gemiddelde etmaalverloop van de geluidbelasting, Breukelen A2, 2001

Tabel 3.3: Overzicht gemeten en berekende geluidniveaus over dag-avond en nachtperiode
Tussen haakjes staat het verschil met de gemeten waarde.

Indicator in dB(A)	Gemeten	LBV	RMV81	RMV2000
Dag	77,8	78,0 (+0,2)	78,3 (+0,5)	77,9 (+0,1)
Avond	76,4	77,0 (+0,6)	77,1 (+0,7)	76,1 (-0,3)
Nacht	73,4	73,0 (-0,4)	73,5 (+0,1)	72,5 (-0,9)
Etmaal	83,4	83,0 (+0,4)	83,5 (+0,1)	82,5 (-0,9)
L_{den}	81,0	80,9 (-0,1)	81,3 (+0,3)	80,5 (-0,5)

Het blijkt dat het nieuwe reken- en meetvoorschrift in de dag- en avondperiode wat beter vergelijkt met de metingen, maar in de nachtperiode daarentegen de gemeten geluidbelasting met bijna 1 dB(A) onderschat. In het L_{den} geeft dit een verschil van 0,5 dB(A) met de gemeten waarde. Opgemerkt dat het hier slechts een enkele meetlocatie betreft.

3.1.5 Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse

De beschikbaarheid van de telgegevens biedt de mogelijkheid om door middel van regressieanalyse de emissies per voertuig, per categorie te bepalen. Het daarvoor gehanteerde regressiemodel wordt nader uiteengezet in bijlage 3. Het statische onderscheid tussen de categorieën middelzwaar en zwaar vrachtverkeer is met deze regressiemethode echter 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.

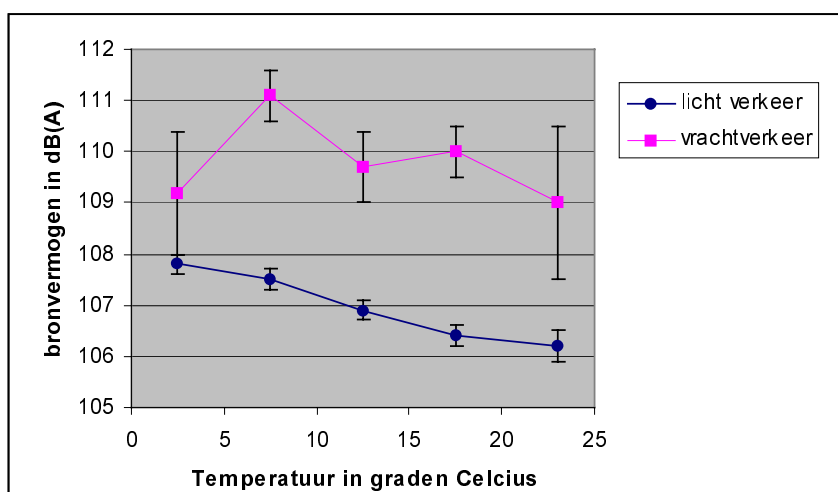
Uit de regressieanalyse zijn de volgende geluidvermogeniveau's uit tabel 3.4 bepaald:

Tabel 3.4 Resultaten regressieanalyse A2 rijksweg Breukelen

Jaar	Licht verkeer			zwaar en middelzwaar vrachtverkeer		
	dag	nacht	etmaal	dag	Nacht	Etmaal
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
2001	106,9 ± 0,2	108,0 ± 0,2	107,0 ± 0,1	109,9 ± 0,7	111,0 ± 0,3	110,0 ± 0,4

De verschillen in de emissies zijn klein en vallen steeds binnen de onzekerheidsmarge. Een overzicht van de resultaten van de regressieanalyse voor 2001 toegepast per maand is weergegeven in bijlage 3. De voertuigen hebben de hoogste geluidemissie in de nachtperiode als de snelheden wat hoger liggen (zie tabel 3.2).

Uit fig 3.1 blijkt dat er sprake is van een seizoensinvloed, die waarschijnlijk samenhangt met de temperatuur. Dit is nader onderzocht door een regressieanalyse 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 figuur 3.5.



Figuur 3.5 resultaat van de regressie naar temperatuur

De relatie tussen temperatuur en geluidvermogen is vooral evident voor personenauto's. Over 20 graden toename in temperatuur is de afname van het bronvermogen van deze categorie ongeveer 2 dB(A). Voor het vrachtverkeer is de invloed van het temperatuurseffect minder duidelijk. Bij de laagste en hoogste temperatuurwaarden zijn relatief minder meeturen beschikbaar waardoor de onzekerheid in de regressieuitkomsten toeneemt. Los van de waarde voor 0-5 graden lijkt een temperatuurseffect aanwezig, dat echter geringer is dan voor het lichte verkeer.

3.1.6 Resumé

- Op de locatie Breukelen is in 2001 het verkeersvolume nagenoeg gelijk gebleven aan dat in 2000;
- In vergelijking met 2000 zijn in 2001 geen significante verschillen gemeten in de geluidbelasting ten opzichte van de gemeten waarden in 2001;
- De emissies per voertuig is het hoogst in de nachtperiode (hogere rijsnelheid) en in de wintermaanden (lagere temperatuur);
- De jaargemiddelde emissies (bronvermogens) van het lichte en het zware verkeer verschillen niet significant van de emissies die zijn bepaald uit de metingen over 2000;
- In vergelijking met de gemeten waarde geeft het nieuwe reken- en meetvoorschrift (RMV2000) een onderschatting van de jaargemiddelde geluidbelasting in de nachtperiode van ca. 1 dB(A).

3.2 Stedelijk wegverkeer Constant Erzeijstraat Utrecht

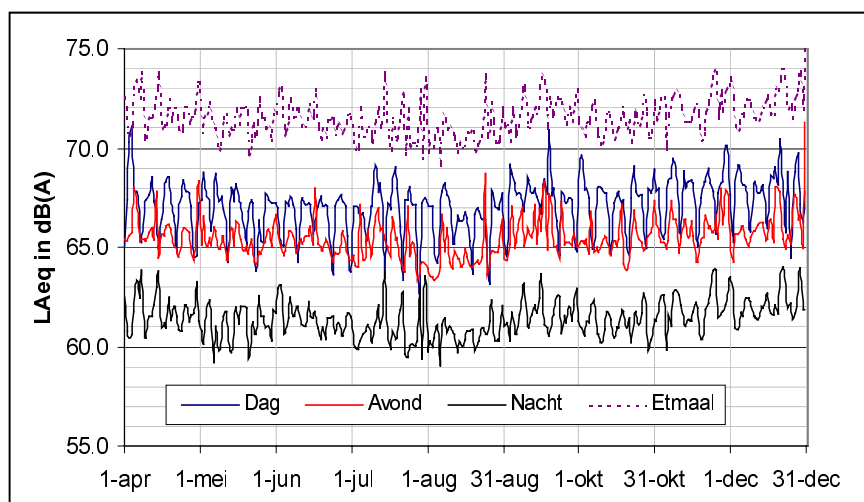
3.2.1 Meetlocatie

De meetpost bevindt zich aan de rand van een binnenstedelijke verkeersweg bestaande uit twee rijstroken op ca. 200 m ten noorden van het kruispunt met de Goylaan. Een overzicht van de meetlocatie is opgenomen in bijlage 2.

3.2.2 Meetresultaten in 2001

-Jaarverloop equivalent geluidniveau in 2001

Ook op deze locatie zijn op uurbasis over geheel 2002 de equivalente geluidniveaus gemeten. Uit de uurwaarden 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 3.6.



Figuur 3.6 meetlocatie Constant Erzeijstraat ; overzicht van gemiddelde waarden dag-, avond- en nachtperiode voor de periode januari t/m december 2001

Ook het L_{den} , die in EU-verband wordt voorgesteld, is weergegeven. Uit figuur 3.6 blijkt dat ook op deze binnenstedelijke locatie de hoogste geluidniveau's in januari en december zijn gemeten. Het lijkt echter of het verschil tussen geluidbelasting in de zomer- en de wintermaanden hier geringer is dan op de meetlocatie langs de A2.

-Het etmaalverloop van de geluidbelasting

In fig. 3.7 is voor de locatie aan de Constant Erzeijstraat het gemiddelde verloop over het etmaal van de geluidbelasting weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt naar week- en weekenddagen.

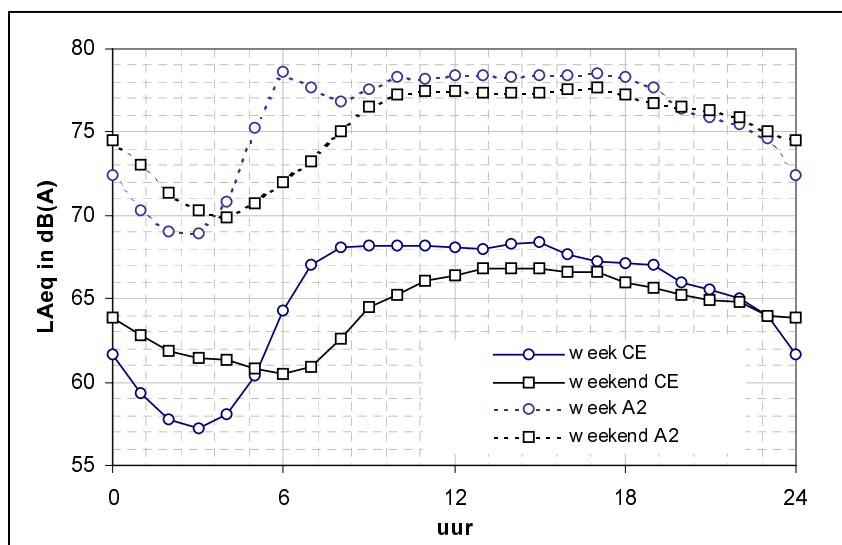


Fig 3.7 Gemiddelde etmaalverloop week- en weekend dagen over 2001, gemeten op de locatie 'Constant Erzeijstraat' Ter vergelijking is ook het 24 uursverloop als gemeten langs de rijksweg A2 weergegeven

Een vergelijking met metingen in 2000 is voor deze locatie niet mogelijk, aangezien de meetpost in april 2001 is geïnstalleerd. In vergelijking met de metingen bij de A2 valt op dat de relatief hoge geluidbelasting in de periode van 6.00 tot 7.00 uur, voorafgaande aan de 'filedip' op de rijksweg zich niet in de binnenstedelijke situatie voordoet. De hoogste uurwaarden worden later 8.00 tot 9.00 uur 's morgens bereikt en blijven daarna min of meer constant tot 16.00 uur 's middags om daarna geleidelijk af te nemen. Dit duidt erop dat op weekdagen, met betrekking tot slaapverstoringseffecten, de etmaalverdeling van het geluid door het wegverkeer op rijkswegen ongunstiger is dan die van het verkeer op de gemeentelijke wegen in overeenstemming met de verschillende dosis-effect relaties voor hinderbeleving van deze bronnen (Miedema, 1998[11]). De gemiddelde geluidniveau's over de dag, avond en nachtperiode zijn weergegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5 gemiddelde geluidniveau's in dB(A) gemeten op de meetlocatie Constant Erzeijstraat; meetlocatie op 4 m van de weg; metingen april-december 2001

	CE Alle dagen	CE weekdag	CE weekend
Dag 7-19	67,4	67,9	65,8
Avond 19-23	65,7	65,9	65,1
Nacht 23-7	61,5	61,1	62,2
Etmaal	71,5	71,1	72,2
L_{den}	69,7	69,8	69,6

3.2.3 Schatting verkeersgegevens Constant Erzeijstraat

Op de locatie aan de Constant Erzeijstraat zijn geen uitgebreide telgegevens en snelheidsgegevens beschikbaar, zoals op de locatie langs de A2 bij Breukelen. Het is daardoor minder goed mogelijk om in de verandering in geluidbelasting een opsplitsing te maken in een volumeffect (toe/afname door meer of minder verkeer) en een emissieeffect (toe/afname door lawaaiiger/stiller verkeer) en een onderscheid te maken naar de bijdrage van licht en vrachtverkeer. Niettemin kan aan de hand van de metingen voor een beperkt aantal uren een goede indicatie worden verkregen van het totale aantal voertuigpassages (i.e. passages van licht en zwaar verkeer en evt. bromfietspassages bij elkaar). Dit is bepaald aan de hand van het aantal 'events' (het aantal maal dat de registratiedrempel in een uur is overschreden en er een SEL waarde¹ wordt bepaald) dat de meetpost in een uur registreert. In de dagperiode en avondperiode is deze schattingsmethode niet correct omdat er dan meer dan één voertuig aan hetzelfde event bijdraagt (er is dan min of meer sprake van een continue verkeersstroom waardoor het niveau voortdurend boven de registratiedrempel blijft). In de nachtperiode is een event doorgaans steeds aan een voertuigpassage toe te schrijven zodat door het aantal events te tellen in deze uren een goede indicatie wordt verkregen van het aantal voertuigen dat de meetpost in het betreffende uur is gepasseerd.

3.2.4 Regressieanalyses Constant Erzeijstraat

- Regressie op basis van alle nachturen met minder dan 100 event-registraties

De aldus verkregen aantallen zijn, analoog aan de manier waarop de bronvermogens van het verkeer op de A2 zijn bepaald, gebruikt om de gemiddelde bronsterkte per voertuig te bepalen. Het onderscheid tussen verschillende voertuigcategorieën was daarbij echter niet mogelijk en daarnaast moest voor de rijnsnelheid een constante waarde van gemiddeld 50 km/u worden aangenomen. Gemiddeld over de periode april-december 2001 bedroeg het bronvermogen over alle nachtelijke uren (alleen die waarin minder dan 100 passages zijn geregistreerd) 97 dB(A) per voertuig.

- Regressie naar temperatuursinvloed

Evenals bij de A2 is een regressie naar temperatuur gedaan en de resultaten zijn weergegeven in fig. 3.8.

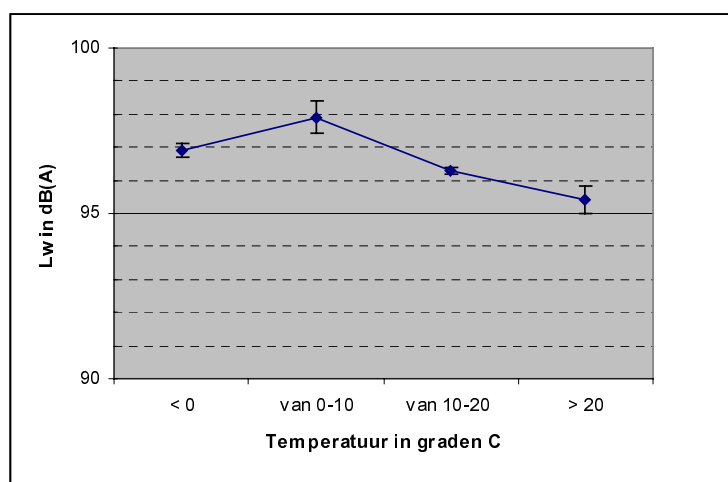


Fig. 3.8 Gemiddeld bronvermogen per voertuig afhankelijk van temperatuur, Constant Erzeijstraat, periode april-dec 2001

¹ Zie Hoofdstuk 2

Ook in de stedelijke situatie bij de Constant Erzeijstraat doet het temperatuurseffect zich voor. Opvallend is dat bij temperaturen onder nul het gemiddelde bronvermogen een lichte afname vertoont. Het temperatuursbereik tussen 0 en 10 graden Celcius lijkt het meest ongunstig voor het ontstaan van band-wegdekgeluid.

-Regressie naar neerslaghoeveelheid

Tenslotte is gekeken naar het gemiddelde bronvermogen afhankelijk van de neerslaghoeveelheid. Daarbij wordt steeds uit de voor regressie geschikte uren (nachtelijke uren met minder dan 100 geregistreerde 'events' een sub-selectie van uren met een bepaalde neerslag hoeveelheid gemaakt. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.6

Tabel 3.6 Regressie naar neerslaghoeveelheid Constant Erzeijstraat april-dec 2001

Selectie	Gemiddeld bronvermogen per voertuig in dB(A)	95% onzekerheidsinterval	Kwam voor periode okt-dec01 (incl dag/av)
Alle uren *	97.0	± 0.2	100%
Uren geen Neerslag	96.4	± 0.1	86%
Uren 0-1 mm	97.9	± 0.5	11%
Uren Meer dan 1 mm/hr	102	± 2	3%

* nachturen met minder dan 100 geregistreerde events

Het blijkt dat neerslag een aanzienlijk effect heeft op het gemiddelde bronvermogen per voertuig. Weliswaar zijn van situaties met meer dan 1 mm regen minder uren beschikbaar, waardoor de onzekerheid in de uitkomst van de regressie toeneemt, maar een verschil van 3 à 4 dB(A) in de emissie bij een droog wegdek en bij een wegdek onder flinke regenval lijkt aannemelijk. Deze aanzienlijke toename is in de praktijk niet onbelangrijk, aangezien in totaal gedurende 14% van alle uren van de periode oktober-december 2001 sprake was van neerslag en daarmee ook van een verhoogd geluidniveau. Het is waarschijnlijk dat daarmee het effect van zeer open asfalt constructies, waarvan het akoestische effect steeds bij droog weer wordt gemeten, in de praktijk bij neerslag nog hoger is. Een dubbellaags zeer open asfalt constructie zal onder droge omstandigheden ca. 4 dB(A) reductie leveren ten opzichte van een normale dicht asfalt laag (zie bijvoorbeeld de 'Cwegdek lijst' van de CROW <http://www.stillerverkeer.nl/stillewegdekken/index.htm>). Door de snelle afvoer van regenwater zou de verhoging bij neerslag zoals die bij de Constant Erzeijstraat is gemeten voor open asfalt waarschijnlijk kleiner waarmee de effectieve geluidreductie nog toe zou nemen.

Voor het nauwkeurig monitoren van trends in geluidemissie is de gebruikte methode voor het schatten van de verkeerintensiteit niet geheel bevredigend. Het onderscheid naar categorieën ontbreekt en er kan alleen voor uren met relatief weinig verkeer een schatting worden gemaakt. Verder is het bezwaarlijk dat een aanname moet worden gedaan over de rijnsnelheid. In de komende periode zal worden bezien of het mogelijk is de technische mogelijkheden van de meetpost uit te breiden zodat deze gegevens op uurbasis wel kunnen worden geregistreerd.

3.2.5 Resumé

- In vergelijking met het verkeer op rijksweg A2 ontbreekt in de etmaalverdeling van de geluidniveau's in de Constant Erzeijstraat het relatieve maximum rond 6.00 uur voorafgaande aan de spits;
- Ook bij de Constant Erzeijstraat is sprake van een temperatuurseffect waarbij de hoogste geluidemissie zich voordoet in het bereik van 0 tot 10 °C;

-
- Het effect van neerslag is een toename van 3 tot 4 dB(A) en deze situatie heeft zich over de periode van oktober tot december 14 % van de tijd voorgedaan;
 - De meest ongunstige weersomstandigheden voor geluidhinder op gemeentelijke wegen zijn een temperatuur van 0-10 °C gecombineerd met neerslag;
 - De praktische effectiviteit van zeer open asfalt ten opzichte van standaard dicht asfalt beton zal bij nat wegdek waarschijnlijk nog toenemen;
 - De mogelijkheden om trends in geluidemissie te monitoren zouden kunnen worden vergroot door de registratie van telgegevens en rijsnelheden te verbeteren.

4 Railverkeer 2001

4.1 Spoor Utrecht Amsterdam bij Breukelen

4.1.1 Meetlocatie

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 en is weergegeven in bijlage 2.

4.1.2 Meetresultaten

-Jaar verloop van de geluidbelasting

Op de locatie Breukelen 'de Aa' vinden sinds 9 oktober 2000 permanente metingen langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam plaats. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1 en in figuur 4.1 en 4.2.

Tabel 4.1 Aantal passages en gemeten geluidniveau's locatie de Aa januari-december 2001

2001	Aantal gemeten treinpassages			Gemeten LAeq,dag*			L _{den}
	Dag	Avond	Nacht	dag	avond	nacht	
Jaar2000	7853	1946	1629	71,7	70,9	67,0	74,9
Januari	6707	1799	1514	72,0	71,3	67,0	75,0
Februari	5599	1536	1293	72,3	71,7	67,3	75,3
Maart	6061	1632	1368	72,1	71,2	67,3	75,2
April	5218	1450	1157	71,4	70,7	66,8	74,7
Mei	5998	1608	1318	71,7	71,1	67,4	75,1
Juni	5844	1630	1176	71,7	71,3	67,2	75,0
Juli	5955	1655	1139	71,4	71,0	66,9	74,7
Augustus	6025	1659	1133	71,5	71,1	66,9	74,8
September	5547	1541	1109	71,3	70,9	66,6	74,5
Oktober	6226	1734	1241	71,7	71,3	66,9	74,9
November	5327	1475	1127	71,5	70,8	67,1	74,8
December	5692	1588	1100	71,5	71,1	66,7	74,7
Jaar2001	5850	1609	1223	71,7	71,1	67,0	74,9

*afgeleid van de metingen op uurbasis

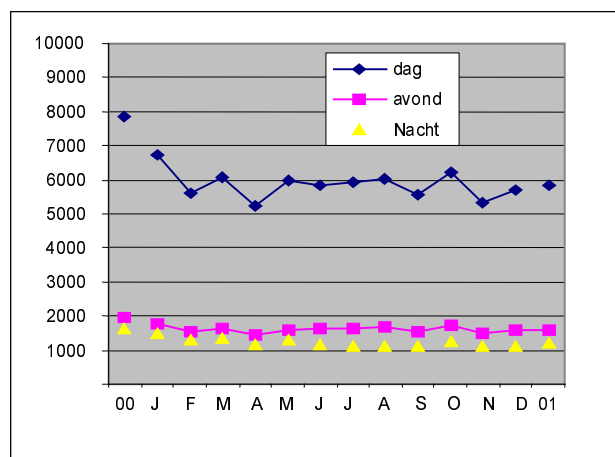


Fig. 4.1 Overzicht van het aantal gemeten treinpassages (maandgemiddelden) locatie de Aa

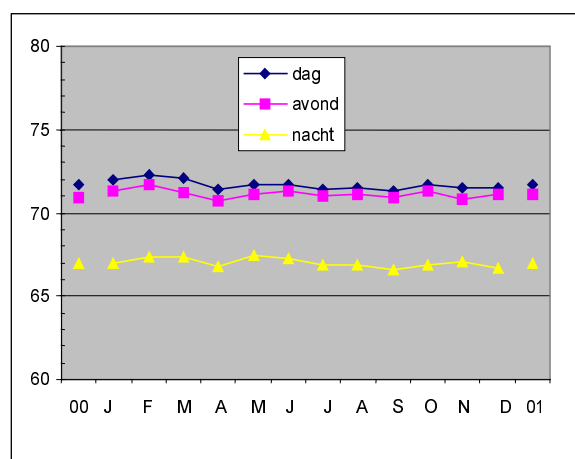


Fig 4.2 Overzicht van gemeten geluidniveaus in dB(A) (maandgemiddelden) locatie de Aa

De meetresultaten over 2001 verschillen slechts weinig van de metingen over 2000, waarbij aangetekend dat de metingen in 2000 slechts 3 maanden betroffen.

In paragraaf 4.1.3 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.

-Etmaalverloop van de geluidbelasting

In figuur 4.3 is het etmaalverloop van de uurwaarden van het LAeq als gemeten in 2001 weergegeven. Ter vergelijking is ook het etmaalverloop van de periode oktober-december 2000 weergegeven.

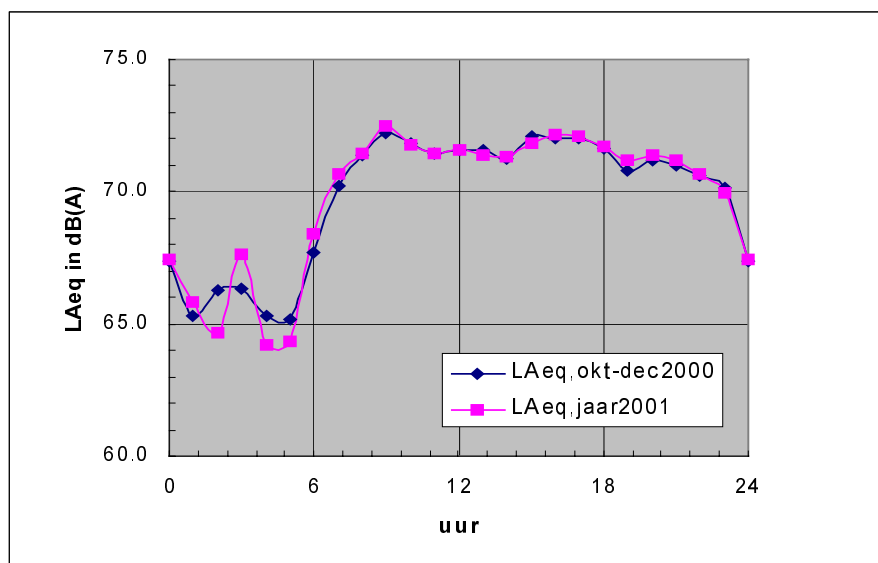


Fig 4.3 Het etmaalverloop van het gemiddelde geluidniveau ($LA_{eq, uur}$ in dB(A)) over het jaar 2001 in vergelijking met de periode oktober-december 2000

In vergelijking met de metingen uit 2000 zijn er nauwelijks verschillen opgetreden. De hoogste uurwaarden doen zich voor tussen 8.00 en 9.00 uur 's morgens.

4.1.3 Bepaling van emissie, gemiddeld over alle categorieën

De metingen dienen als monitorinformatie 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[6], geïmplementeerd in 'het akoestisch spoorboekje'. In 2000 is dit alleen gedaan voor het totale aantal treinen over alle treincategorieën. In tabel 4.2 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 4.2 Telling locatie 'de Aa' volgens meting in vergelijking met gegevens ak spoorboekje 2000 en 2001; aantal bakken per uur indicatief bepaald op basis van gemiddeld 9 bakken per treinpassage

Periode	Aantal bakken per uur (verhouding tov ak. sp. Boekje)			LAeq in dB(A)			Emissiegetal genormeerd op 1 bak per uur E^* in dB(A)		
	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
2000	190,3 (1,4)	141,3 (1,1)	59,1 (1,2)	71,7	70,9	67,0	64,0	64,5	64,3
2001	141,5 (1,1)	116,8 (0,9)	44,4 (0,9)	71,7	71,1	67,0	65,2	66,0	65,5
AKS ¹	135,3	123,5	50,3	73,1	72,8	67,5	66,8	66,9	65,5

¹ R 1998 (v1 / 99)

Uit tabel 4.2 blijkt dat het gemiddeld aantal gemeten bakken in 2001 wat lager is dan in 2000. Bij de laatste betrof het slechts de aantallen over oktober, november en december 2001. De gemeten aantallen betreffen het totaal over alle categorieën. Zij stemmen vrij goed overeen met de aantallen bakken per uur die voor de dag-, avond- en nachtperiode in het akoestisch spoorboekje voor de betreffende spoorlocatie worden gegeven.

De gemeten waarden van het LAeq, voor de dag- avond- en nachtperiode verschillen nauwelijks van die uit 2000 en komen redelijk overeen met de waarden die het akoestisch spoorboekje aangeeft. Zij liggen in dag-, avond- en nachtperiode respectievelijk 1,4 dB(A), 1,7 dB(A) en 0,5 dB(A) lager. Door te corrigeren voor het aantal bakken per periode kan een genormeerd emissiegetal E^* bepaald worden zie bijlage 4. Het genormeerde emissiegetal is eveneens weergegeven in tabel 4.2. In vergelijking met 2000 is een wat hogere gemiddelde emissie per bak gemeten. De gemeten emissies liggen wat lager dan de waarden uit het rekenvoorschrift.

4.1.4 Bepaling geluidemissie per categorie

Bij de metingen wordt per event alleen de SEL waarde en het tijdstip van passage geregistreerd, zonder dat daarbij ook het treintype wordt meegenomen. Als gevolg daarvan kan geen verder onderscheid naar de diverse treincategorieën worden gemaakt, waardoor belangrijke beleidsinformatie verloren gaat. De verschillende treintypen en categorieën zijn te vinden in bijlage 5.

Teneinde de mogelijkheden om het onderscheid per categorie mee te nemen na te gaan is voor de maand januari 2001, waarin totaal ca. 8000 treinpassages zijn geregistreerd, door adviesbureau AEA een koppeling van gemeten SEL waarden met treincategorieën uit het TNV systeem van NS-RIB gerealiseerd. Figuur 4.4 geeft van deze maand een frequentieverdeling van de gemeten SEL-waarden voor de op het traject Utrecht-Amsterdam meest voorkomende treincategorieën:

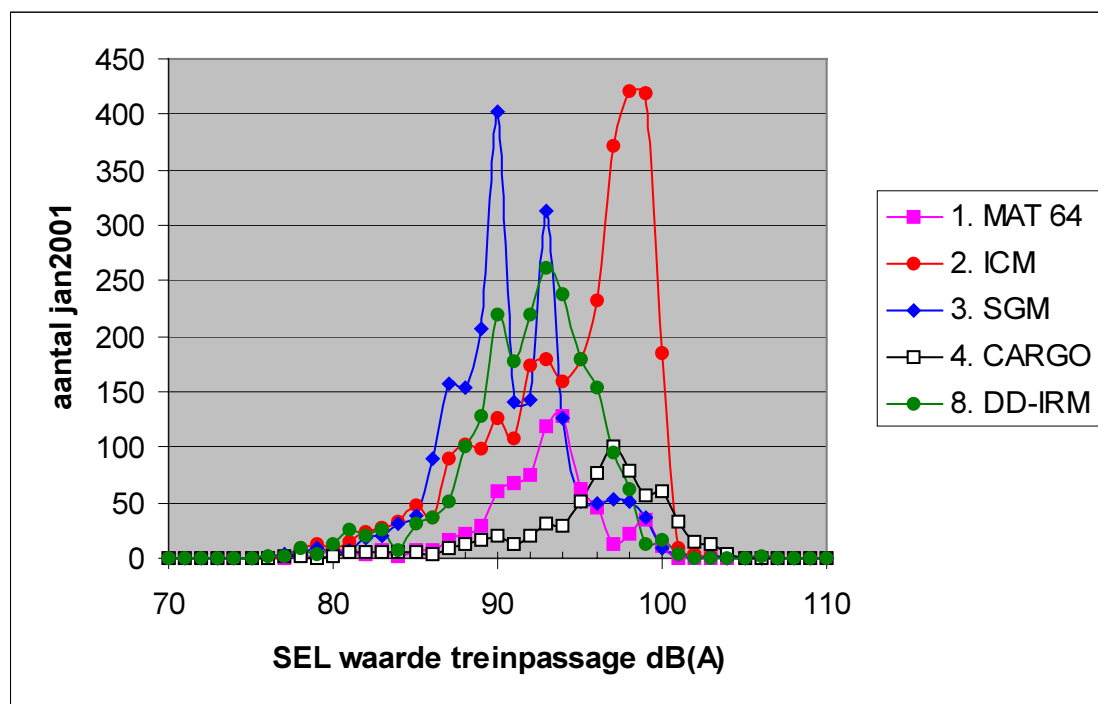


Fig 4.4 Frequentieverdeling SEL waarden van treincategorieën. Spoor Utrecht-Amsterdam locatie Breukelen 'de Aa'; periode: januari 2001

In tabel 4.3 is nader aangegeven hoeveel treinen van de diverse categorieën in januari 2001 zijn geregistreerd. Tevens is daarin het de gemiddelde SEL-waarde over alle passages weergegeven.

Tabel 4.3 Aantal geregistreerde treinen over de periode januari 2001; spoor Utrecht-Amsterdam

Cat		Dag	Avond	Nacht	Totaal	Gem SEL
1	Mat64	706	2	42	750	94
2	ICR/ICM	2269	612	195	3076	96
3	SGM	1358	494	275	2127	92
4	Cargo	263	108	303	674	98
8	DD-IRM	1389	485	222	2096	93

De hoogste SEL-waarden bij de passages worden veroorzaakt door materieel van het type Cargo (goederenvervoer) en type ICR/ICM (schijf- en blokgeremd reizigersmaterieel). Op deze manier is kan aanzienlijk meer inzicht worden verkregen in de mate waarin de diverse categorieën bijdragen aan de totale geluidemissie van het betreffende spoortraject. Om de resultaten echter te kunnen vergelijken met emissiegegevens uit rekenvoorschriften moeten echter weer aannamen worden gedaan over het aantal bakken per treinpassage en de rijnsnelheden van de verschillende categorieën. Een op die manier verkregen vergelijking van de resulterende bakken per categorie met de waarden uit het akoestisch spoorboekje en het genormeerde emissiegetal E* is weergegeven in tabel 4.4.

Tabel 4.4 Vergelijking van het gemeten aantal bakken per uur en het genormeerde emissiegetal met de waarden uit het akoestisch spoorboekje per categorie

Cat.		bakken /passage ¹	Gemeten				Ak. spoorboekje			
			dag	Avond	Nacht	E*	Dag	Avond	Nacht	E*
1	MAT64	4(8)	11,9	0,1	0,6	65,4	11,2	8,0	2,6	67,5
2	ICM	5(8)	42,8	29,2	3,9	67,5	68,6	65,1	11,4	67,2
3	SGM	2(4)	11,5	10,0	2,2	67,1	17,8	9,4	3,5	61,3
4	CARGO	25	17,7	21,8	30,5	62,9	15,4	25,1	25,3	67,9
8	DD-IRM	3(6)	17,5	14,8	2,7	66,5	22,3	16,0	7,5	61,2

¹Aanname (Spitsuren)

Uit de tabel 4.4 blijkt dat de gemeten emissie per bak voor categorie 3 (SGM) bijna 6 dB(A) hoger ligt dan volgens het Ak. Spoorboekje; de gemeten emissie van Cargo-materieel daarentegen ligt 5 dB(A) lager. De totale geluidemissies voor de dag-, avond- en nachtperiode volgen uit de tabel volgens: $E_{\text{totaal}} = E^* + 10 \cdot \log(N)$, waarin N het aangegeven aantal bakken per uur is. Hoewel dus de totale emissie over alle categorieën volgens de meting redelijk overeenstemmen met de totale emissie uit het rekenvoorschrift kunnen de emissiegetallen per categorie, met name in de avond- en de nachtperiode, uiteen lopen. Met name voor de categorie 'MAT64' is dit het geval. In de beschouwde maand januari 2001 zijn in de avond en nachtperiode nauwelijks passages van dit type geregistreerd, maar hoofdzakelijk in de dagperiode.

De vorm van monitoren, waarbij een gemiddelde emissie over alle categorieën wordt bepaald, geeft een redelijk beeld van de ontwikkeling van de geluidemissie van het betreffende spoortraject maar geeft geen inzicht in de geluidemissie van het verschillende materieel. Het gebruik van de TNV-gegevens geeft globaal een nader onderscheid naar de emissies per categorie, maar doordat bij elke passage de rijsnelheid en het aantal bakken niet bekend zijn is nauwkeurig monitoren en valideren van de emissiegetallen per categorie niet mogelijk. De resultaten in tabel 4.4 geven daarom slechts een indicatie van de emissies en de ontwikkeling daarvan.

4.2 Pilot categorie herkenning Nieuwerkerk aan den IJssel

Hoewel een koppeling van de categorieën met de gemeten passages met behulp van de TNV gegevens mogelijk blijkt te zijn, ontbreekt in deze gegevens nog de mogelijkheid om een aantal belangrijke gegevens mee te nemen. Dit zijn met name het werkelijke aantal bakken, de rijsnelheid en een verder onderscheid naar subcategorieën (met name verschillen in remsystemen)

Om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden om deze informatie mee te nemen is daarom een pilot uitgevoerd naar simultane geluidmetingen en treindetectie in Nieuwerkerk a/d IJssel. In de periode van 23 mei tot en met 5 juni 2002 zijn op deze locatie aan de lijn Utrecht-Rotterdam SEL waarden van individuele treinpassages gemeten. De locatie is weergegeven in bijlage 2. De meetmethode was identiek aan de methode gebruikt op de locatie Breukelen 'De Aa'. Door Nedtrain Consulting B.V. werden tegelijkertijd met behulp van een treindetectiesysteem (GOTCHA) de volgende parameters bepaald:

- Treintype;
- Aantal assen per treinsamenstelling;

- Snelheid;
- Rijrichting.

Door een nauwkeurige synchronisatie van de klokken van beide meetsystemen bleek de koppeling tussen beide gegevensbestanden eenvoudig mogelijk. In de genoemde periode werden 3274 passages door het GOTCHA systeem geregistreerd. Bij 2700 van passages is een SEL-waarde gemeten. Het verschil wordt veroorzaakt doordat GOTCHA alle passages meet, terwijl van alleen die treinpassages met een geluidsniveau boven 75 dB(A) de SEL-waarde werd bepaald. Na inspectie werd van de 2700 gelijktijdige registraties ca. 5% afgekeurd. Dit betrof passages waarbij het detectiesysteem geen treintype detecteerde, dubbelpassages (gelijktijdige passage van een trein uit de richting Utrecht en Rotterdam en passages waarbij de geluidmeter de passage wel had gemeten maar het geluidsniveau te kort boven de drempelwaarde kwam.

Van de resterende registraties kon het aantal bakken precies worden bepaald uit het treintype en het aantal assen. Voor de genoemde periode is het aantal bakken per uur en per periode (dag, avond, nacht) bepaald en 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 2002)

Tabel 4.5 Vergelijking meetgegevens Nieuwerkerk aan de IJssel met AKS gegevens; Aantal bakken/uur voor de periode mei/juni 2002

Categorie	Dag		avond		nacht	
	Gemet	Aksp	Gemet	Aksp	gemet	aksp
1. MAT64	3,6	24	1,7	14	0,7	4
2. ICR/ICM	33,8	17	28,2	11	6,1	2
3. SGM	14,8	0	10,9	0	5,8	0
4. CARGO	45,5	9	56,1	29	65,3	17
8. IRM/DDM	3,2	9	2,7	7	1,9	0

Uit tabel 4.5 blijkt dat voor de categorieën ICR/ICM, SGM en CARGO het werkelijke aantal bakken per uur aanmerkelijk hoger is dan op grond van het akoestisch spoorboekje wordt aangenomen. De intensiteit van de categorie MAT64 is in alle perioden echter lager dan het akoestisch spoorboekje aangeeft, dat geldt ook voor de categorie IRM/DDM voor de dag- en avondperiode.

Met behulp van de aanvullende gegevens (treincategorie, aantal bakken en de rijsnelheid) kan zonder verdere aannamen het genormeerde emissiegetal per bak worden bepaald. Dit emissiegetal is afhankelijk van de rijsnelheid en voor de in tabel 4.5 aangegeven meest voorkomende categorieën zijn in fig. 4.5a t/m 4.5e scatter-diagrammen bepaald waarin de uit de metingen bepaalde emissiegetallen afhankelijk van de rijsnelheid zijn weergegeven. In deze diagrammen zijn de 'best passende' regressiecurven gefit die het verband tussen de rijsnelheid en het genormeerde emissiegetal E^* geven. Deze zijn eveneens in de figuren weergegeven.

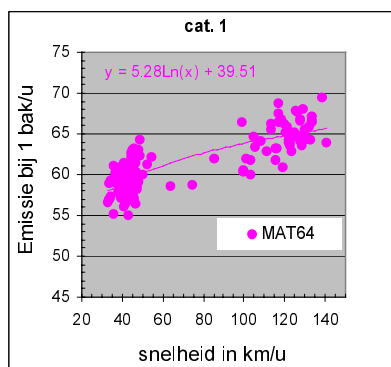


fig 4.5a

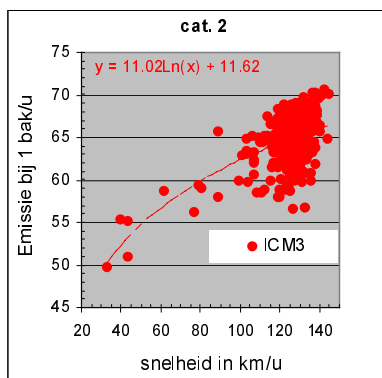


fig 4.5 b

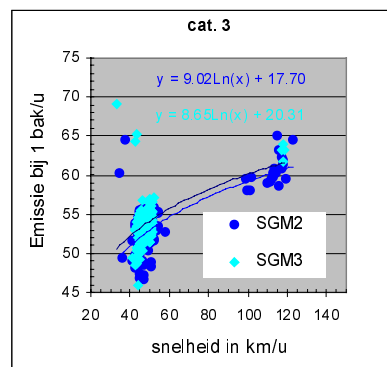


fig 4.5c

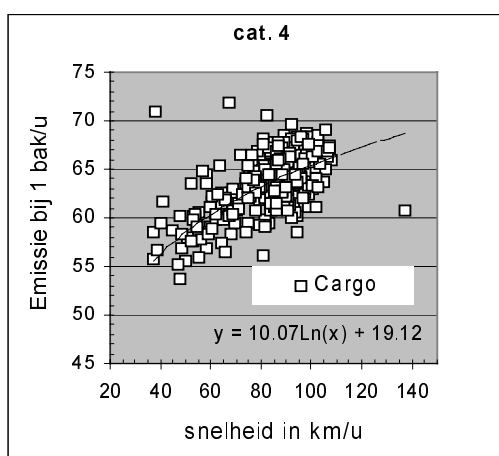


fig 4.5d

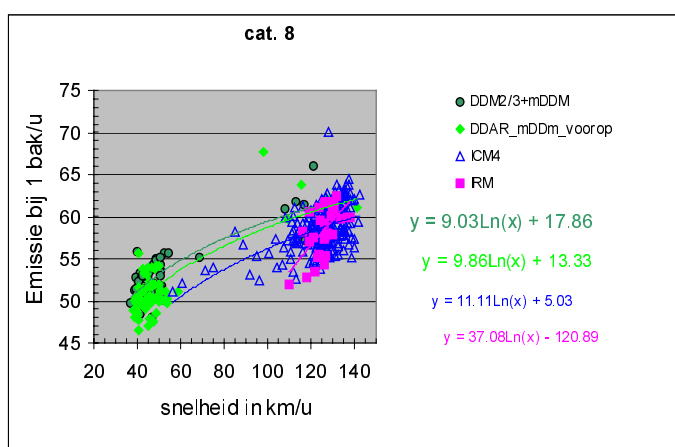


fig 4.5 e

Fig. 4.5a t/m 4.5e genormerd emissiegetal afhankelijk van de rijsnelheid bepaald voor diverse categorieën op de locatie Nieuwerkerk aan de IJssel 23 mei t/m 5 juni 2002

4.2.1 Resumé

- In vergelijking met 2001 zijn de gemeten geluidniveau's praktisch gelijk aan die van 2000.
- De jaargemiddelde geluidbelasting gemeten langs het spoor Utrecht-Amsterdam wijkt niet veel af van de waarde die volgt uit het standaard rekenvoorschrift (het akoestisch spoorboekje).
- Door het ontbreken van informatie over passerende treinen kunnen de meetresultaten op de locatie langs het spoor Utrecht-Amsterdam niet direct worden toegewezen aan treincategorieën. Een koppeling van geluidgegevens met TNV gegevens van NS-RIB levert wel treincategorieën maar geen treinsamenstelling of rijsnelheid. Emissie van de verschillende treincategorieën op deze wijze berekend, laat afwijkingen t.o.v. het akoestisch spoorboekje zien, maar kunnen slechts als indicatie worden gebruikt.
- Koppeling van geluidmetingen met een detectiesysteem, waarmee treintype, rijsnelheid en het aantal assen per passage kunnen worden geregistreerd, levert met hoge betrouwbaarheid alle gegevens die nodig zijn voor een bepaling van de emissie per treincategorie en subcategorieën. Het lijkt een veelbelovende techniek om de emissie per treincategorie en de effectiviteit van beleidsmaatregelen over langere tijd te monitoren.

5 Luchtvaart

5.1 Geluid door militair vliegverkeer, vliegbasis Volkel

5.1.1 Meetlocatie

Nabij de militaire vliegbasis Volkel bevindt zich een geschikte behuizing van het LML meetnet van het RIVM. Deze ligt op ca. 2 km ten zuidwesten van het vliegveld in het verlengde van de startbaan en de militaire vliegtuigen passeren deze meetpost op enkele honderden meters hoogte. De locatie is weergegeven in bijlage 2. Sinds maart 2000 vinden hier permanente metingen plaats. Over de resultaten van de metingen in 2000 is uitvoerig gerapporteerd in [9]. Deze metingen zijn vergeleken met berekende waarden van het NLR in het kader van de zonering [10]. De metingen zijn in 2001 gecontinueerd en worden navolgend toegelicht en vergeleken met de metingen uit 2000.

5.1.2 Meetresultaten

- Jaarverloop van de geluidbelasting

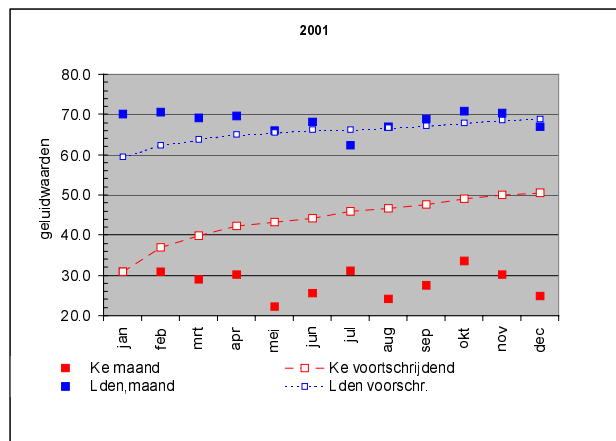
Op de militaire vliegbasis zijn F16-jachtvliegtuigen gestationeerd. Op de locatie van de meetpost komen deze vliegtuigen over op een hoogte van ca. 250 m. Incidenteel doen ook andere vliegtypen de basis aan. De niveaus zijn relatief hoog zodat het eventuele stoorlawaaai geen invloed heeft op de gemeten waarden.

In 2001 hebben ruim 3500 registraties plaatsgevonden. In de voorafgaande periode (van maart 2000 tot en met december 2001) bedroeg dit aantal ruim 4100. Een overvlucht is geregistreerd als het geluidniveau gedurende minimaal 3 seconde hoger is dan 85 dB(A). Tabel 5.1 geeft het overzicht van de registraties per maand. De opsplitsing naar de periodes is hierbij gebaseerd op de indeling voor de toepassing van zogenaamde nachtstraffactoren in de Ke-systematiek.

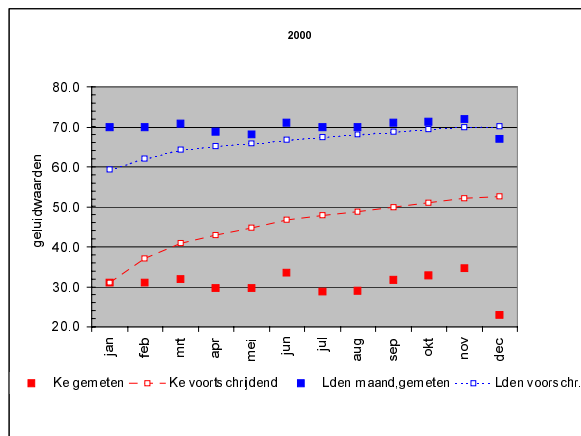
Tabel 5.1: Overzicht van de geregistreerde vliegtuigpassages in 2001

Maand	Aantal registraties							Totaal
	0-6u + 23-24u	6-7u + 22-23u	21-22u	7-8u + 20-21u	19-20u	18-19u	8-18u	
jan	0	0	6	27	0	11	280	324
feb	0	1	18	0	0	12	359	390
mrt	0	1	12	3	18	17	248	299
apr	0	4	18	0	2	24	237	285
mei	0	0	0	0	0	0	238	238
jun	0	0	0	2	0	5	291	298
juli	0	0	0	0	0	0	360	360
aug	0	0	0	1	0	0	259	260
sept	0	2	0	0	0	0	298	300
okt	0	2	43	23	1	6	266	341
nov	0	0	11	39	7	9	337	403
dec	0	1	3	15	1	6	114	140
totaal	0	11	111	110	29	90	3287	3638

Het resultaat van deze verwerking staat voor 2001 weergegeven in figuur 5.1. Hieruit blijkt dat de waarde voor de geluidbelasting in Kosteneenheden in 2001 uitkomt op ruim 50 Ke. De geluidbelasting in L_{den} bedraagt ca. 69 dB(A). Tevens is in figuur 5.2 het verloop in 2000 weergegeven.



Figuur 5.1: Ontwikkeling van de gemeten geluidbelasting op de meetpost bij Volkel in 2001

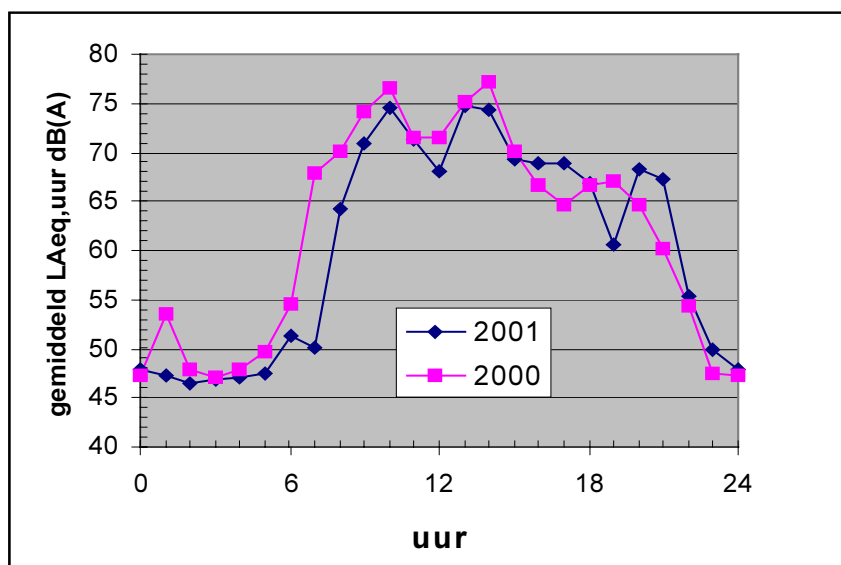


Figuur 5.2: Gemeten geluidbelasting op de meetpost bij Volkel in 2000

Uit de figuren blijkt dat de gemeten geluidbelasting in 2001 lager is dan de geluidbelasting die is gemeten over de periode maart tot en met december 2000. In 2001 is een geluidbelasting gemeten van 50 Ke. In de geluidmaat L_{den} bedraagt de gemeten geluidbelasting 69 dB(A). In 2000 werd hiervoor 53 Ke resp. 70 dB(A) L_{den} bepaald, waarbij voor januari en februari (er is vanaf maart 2000 gemeten) een gemiddeld baangebruik is verondersteld.

- *Etmaalverloop van de geluidbelasting*

In fig. 5.3 is het gemiddelde verloop van de uurwaarde van het geluidniveau is weergegeven over 2001 en over 2000.



Figuur 5.3: Etmaal verloop van de geluidbelasting (gemiddelde uurwaarde van het LAeq) over 2000 en 2001 op de meetpost bij vliegbasis Volkel

Het blijkt dat ten opzichte van het jaar 2000 het jaar 2001 een gunstiger 24-uur verloop heeft in de zin dat minder geluid wordt veroorzaakt in de nachtperiode, met name in het uur van 6 tot 7. Dit illustreert dat met een enkele meetpost al veel inzicht kan worden verkregen in het patroon van de geluidbelasting en in de trendontwikkeling van dit patroon. In tabel 5.2 zijn de gemiddelde (LAeq) niveau's in de verschillende perioden van het etmaal weergegeven.

Tabel 5.2 Gemiddelde geluidniveau's in 2001 en 2000 gemeten op de locatie bij vliegbasis Volkel

Geluidmaat	Periode	Betrouw. Intv	2001	2000
LAeq	Dag 7.00-19.00	± 1 dB(A)	71	73
LAeq	Avond 19.00-23.00	± 1 dB(A)	65	64
LAeq	Nacht 23.00-7.00	± 1 dB(A)	48	50
Letmaal	Jaar	± 1 dB(A)	71	73
L _{den}	Jaar	± 1 dB(A)	69	70
B65	Jaar	± 2 Ke	50	53

5.1.3 Maximale geluidniveau's tijdens registratie van passages

In fig. 5.4 is een frequentieverdeling gegeven van de maximale geluidniveau's gemeten in de stand slow voor 2001 en 2000.

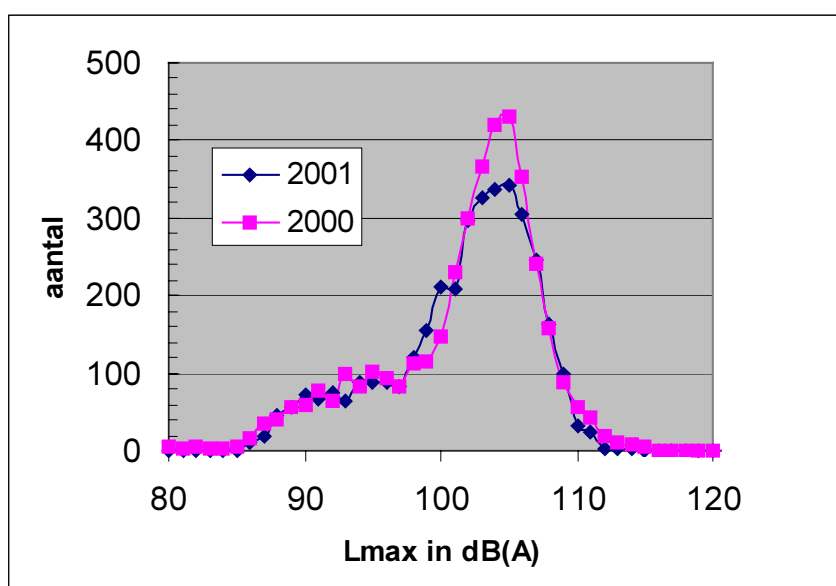


Fig 5.4 Frequentieverdeling van het Lmax gemeten in de meterstand 'slow' gemeten tijdens vliegruigevents op de meetlocatie bij de vliegbasis te Volkel in 2000 en 2001

De hoogste pieken liggen rond de 114 dB(A); de gemiddelde waarde van de piekniveaus zijn ongeveer 104 dB(A), zowel in 2001 als in 2000.

5.1.4 Meetnauwkeurigheid

Bij de analyse van de meetresultaten over de voorgaande periode (maart - december 2000) is ruime aandacht besteed aan de invloed van de meetapparatuur en de meteo- en omgevingsomstandigheden op de nauwkeurigheid van de metingen. Dit is onder andere gedaan om een vergelijking mogelijk te maken met de jaargemiddelde geluidbelasting zoals die wordt berekend in het kader van de handhaving van de geluidszone (verder: de jaarberekening). Uit de analyse kwam naar voren dat de totale, gecombineerde invloed leidt

tot een onzekerheidsinterval van ruim 1 dB(A) op de individuele meetwaarden. Dit laat zich vertalen in een onzekerheidsmarge voor de jaarwaarde in Ke's van ± 2 Ke. Voor de waarde in dB(A)'s (L_{den}) geldt een marge van ± 1 dB(A), zie [9].

5.1.5 Vergelijking met berekende waarden

- Jaar 2001

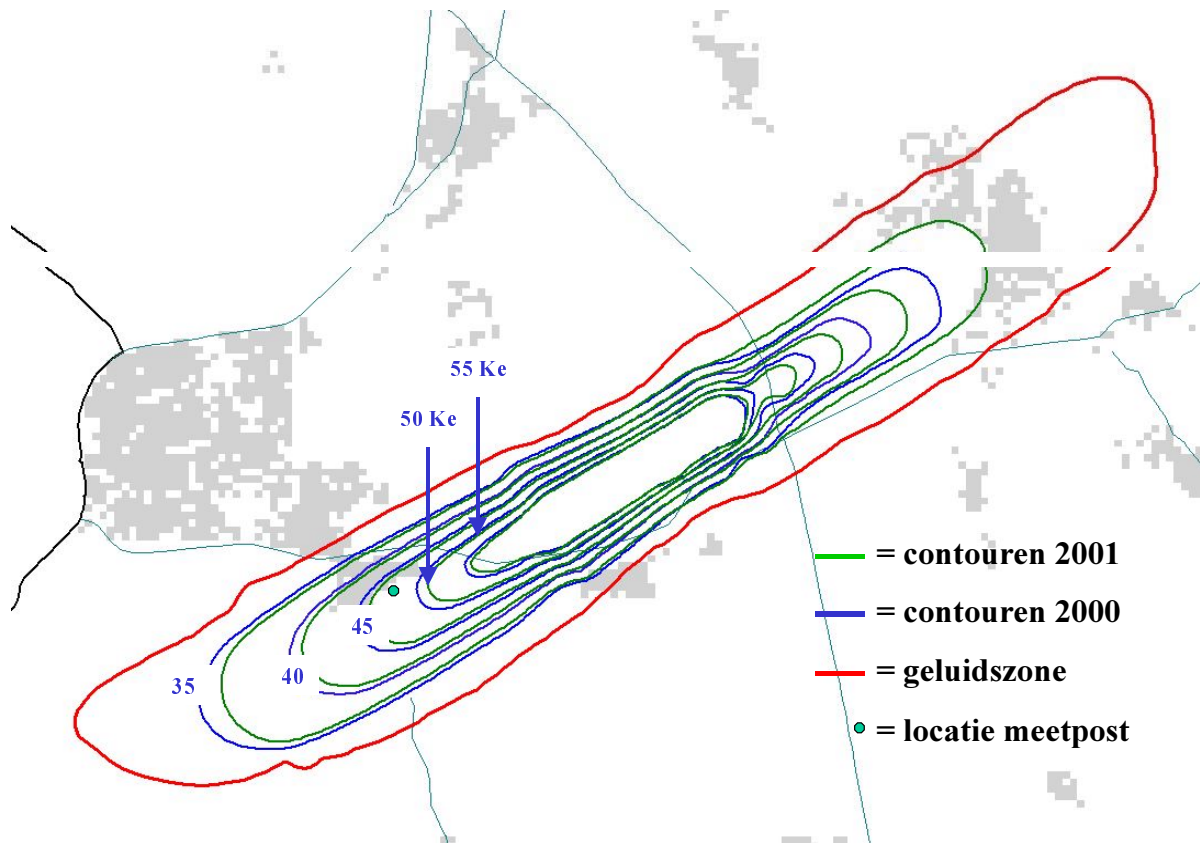
Uit de jaarberekening voor Volkel voor het jaar 2001 is door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) een waarde van 47 Ke bepaald op de locatie van de meetpost. De berekende waarde is daarmee minimaal 1 Ke en maximaal 5 Ke lager dan de gemeten waarde van 50 Ke. Uit de vergelijking die vorig jaar is uitgevoerd is naar voren gekomen dat het verschil zeer waarschijnlijk wordt veroorzaakt doordat in de berekening een uniforme spreiding van de vluchten over een (horizontaal) gebied met een breedte van ca. 1 kilometer (500 m aan beide kanten van het nominale vliegp pad) wordt aangenomen. Een uniforme spreiding is conform het voorschrift voor de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden.

Nadere analyse van de radartracks door de Koninklijke Luchtmacht heeft aangetoond dat de vliegtuigen in werkelijkheid binnen een veel kleiner spreidingsgebied vliegen. Dit wordt door de vliegers gedaan om het overvliegen van bebouwde gebieden te vermijden. Om de invloed op de geluidbelasting daarvan te kunnen kwantificeren is door het NLR een extra berekening uitgevoerd zonder spreiding. Dit leidt tot een geluidbelasting van bijna 50 Ke op de locatie van de meetpost. De aanname van een uniforme spreiding leidt derhalve op de meetlocatie tot een onderschatting van 3 Ke.

- Jaar 2000

Inclusief de maanden januari en februari 2000 bedraagt de geluidbelasting op de meetlocatie in dat jaar op bijna 53 Ke. Dit is bijna 3 Ke hoger dan de gemeten jaarwaarde over 2001 en ligt tevens 5 Ke hoger dan de voor dat jaar berekende waarde (48 Ke). Het laatstgenoemde verschil wordt waarschijnlijk ook weer verklaard door het feit dat in de berekeningen een ruimere spreiding in de vliegrou te is aangehouden, hetgeen op de meetlocatie tot ca. 3 Ke onderschatting leidt. Inclusief deze 3 Ke zou het berekende resultaat op 51 Ke komen hetgeen nog juist binnen de aangehouden onzekerheidsmarge valt.

Figuur 5.5 toont de geluidcontouren uit de jaarberekeningen van 2000 en 2001. Uit dit figuur blijkt dat de geluidbelasting aan de zuidwestkant enigszins is afgenomen. Aan de noordoostkant is een toename opgetreden. Deze verschuiving heeft te maken met een verschuiving in het percentage starts dat in zuidwestelijke dan wel noordoostelijke richting is uitgevoerd. In 2001 bedroeg het percentage dat in zuidwestelijke richting is uitgevoerd bijna 71% van het totaal. In 2000 was dit percentage bijna 88% .



Figuur 5.5: Vergelijking van de berekende geluidbelasting rondom de basis Volkel in 2000 en in 2001. Voor beide jaren is de geluidbelasting berekend op basis van een uniform spreidingsgebied (bron: NLR)

De metingen bij Volkel hebben aangetoond dat het gebruik van permanente meetposten op relatief korte afstand van luchthavens goede mogelijkheden biedt om de trend in de geluidbelasting in de verschillende perioden te monitoren en rekenvoorschriften die in het kader van de zonering worden toegepast te toetsen. In dit kader zou een soortgelijke meetexercitie, bijvoorbeeld op semi-permanente basis gedurende 1 of 2 jaar, in de toekomst mogelijk ook bij andere luchthavens zinvol kunnen zijn.

5.1.6 Resumé

- Op de meetlocatie bij het militaire luchtvaartterrein Volkel bedraagt de in 2001 gemeten jaargemiddelde geluidbelasting uitgedrukt in de geluidmaat B_{65} : 50 ± 2 Ke en uitgedrukt in de geluidmaat L_{den} : 69 ± 1 dB(A). Deze waarden zijn lager dan de waarden gemeten in 2000;
- Bij een berekening met een niet uniforme spreiding van vliegbewegingen komt de geluidbelasting in 2001 overeen met de gemeten waarde (50 Ke). De berekende waarde voor 2000 valt dan nog juist binnen de onzekerheid van de meetuitkomst. Een berekening waarbij een uniforme spreiding wordt aangehouden leidt op de meetpositie tot een onderschatting met 3 Ke van de gemeten geluidbelasting;
- De hoogste pieken (L_{max} in dB(A)) liggen rond de 114 dB(A); de gemiddelde waarde van de piekniveaus is ongeveer 104 dB(A), zowel in 2001 als in 2000;
- Het gebruik van permanente meetposten op relatief korte afstand van luchthavens biedt goede mogelijkheden om de trend in de geluidbelasting te monitoren en rekenvoorschriften die in het kader van de zonering worden toegepast te toetsen;
- In het kader van validatie van modelberekeningen zou een soortgelijke meetexercitie als bij Volkel, bijvoorbeeld op semi-permanente basis gedurende 1 of 2 jaar, in de toekomst mogelijk ook bij andere luchthavens zinvol kunnen zijn.

6 Conclusies

Wegverkeer

- Op de locatie Breukelen is in 2001 het verkeersvolume nagenoeg gelijk gebleven aan dat in 2000;
- In vergelijking met 2000 zijn in 2001 geen significante verschillen gemeten in de geluidbelasting ten opzichte van de gemeten waarden in 2001;
- De emissies per voertuig is het hoogst in de nachtperiode (hogere rijsnelheid) en in de wintermaanden (lagere temperatuur);
- De jaargemiddelde emissies (bronvermogens) van het lichte en het zware verkeer verschillen niet significant van de emissies die zijn bepaald uit de metingen over 2000;
- In vergelijking met de gemeten waarde geeft het nieuwe reken- en meetvoorschrift (RMV2000) een onderschatting van de jaargemiddelde geluidbelasting in de nachtperiode van ca. 1 dB(A).

- In vergelijking met het verkeer op rijksweg A2 ontbreekt in de etmaalverdeling van de geluidniveau's in de Constant Erzeijstraat in Utrecht het relatieve maximum rond 6.00 u voorafgaande aan de spits;
- Ook bij de Constant Erzeijstraat is sprake van een temperatuurseffect waarbij de hoogste geluidemissie zich voordoet in het bereik van 0 tot 10 °C;
- Het effect van neerslag is een toename van 3 tot 4 dB(A) en deze situatie heeft zich over de periode van oktober tot december 14 % van de tijd voorgedaan;
- De meest ongunstige weersomstandigheden voor geluidhinder op gemeentelijke wegen zijn een temperatuur van 0-10 °C gecombineerd met neerslag;
- De praktische effectiviteit van zeer open asfalt ten opzichte van standaard dicht asfalt beton zal bij nat wegdek waarschijnlijk nog toenemen;
- Aan de Constant Erzeijstraat zouden de mogelijkheden om stedelijke trends in geluidemissie te monitoren kunnen worden vergroot door de registratie van telgegevens en rijsnelheden te verbeteren.

Railverkeer

- In vergelijking met 2001 zijn de gemeten geluidniveau's aan het spoor tussen Utrecht en Amsterdam praktisch gelijk aan die van 2000;
- De jaargemiddelde geluidbelasting gemeten langs het spoor Utrecht-Amsterdam wijkt niet veel af van de waarde die volgt uit het standaard rekenvoorschrift (het akoestisch spoorboekje);
- Door het ontbreken van informatie over passerende treinen kunnen de meetresultaten op deze locatie niet direct worden toegewezen aan treincategorieën. Een koppeling van geluidgegevens met TNV gegevens van NS-RIB levert wel treincategorieën maar geen treinsamenstelling of rijsnelheid op. De emissie van de verschillende treincategorieën op deze wijze bepaald, laat afwijkingen t.o.v. het rekenvoorschrift zien, maar kunnen slechts als indicatie worden gebruikt;
- Koppeling van geluidmetingen met een detectiesysteem, waarmee treintype, rijsnelheid en het aantal assen per passage kunnen worden geregistreerd, levert met hoge betrouwbaarheid alle gegevens die nodig zijn voor een bepaling van de emissie per treincategorie en subcategorieën. Het lijkt een veelbelovende techniek om de

emissie per treincategorie en de effectiviteit van beleidsmaatregelen over langere tijd te monitoren.

Luchtvaart

- Op de meetlocatie bij het militaire luchtvaartterrein Volkel bedraagt de gemeten 'gemiddelde' geluidbelasting in de geluidmaat $B_{65} 50 \pm 2$ Ke en uitgedrukt in de $L_{den} 69 \pm 1$ dB(A) dB(A). Deze waarden zijn lager dan de waarden gemeten in 2000;
- Bij een berekening met een niet-uniforme spreiding van vliegbewegingen komt de geluidbelasting in 2001 overeen met de gemeten waarde (50 Ke). De berekende waarde voor 2000 valt dan nog juist binnen de onzekerheid van de meetuitkomst. Een berekening waarbij een uniforme spreiding wordt aangehouden leidt op de meetpositie tot een onderschatting met 3 Ke van de gemeten geluidbelasting;
- De hoogste pieken (L_{max} in dB(A)) liggen rond de 114 dB(A); de gemiddelde waarde van de piekniveaus is ongeveer 104 dB(A), zowel in 2001 als in 2000.
- Het gebruik van permanente meetposten op relatief korte afstand van luchthavens biedt goede mogelijkheden om de trend in de geluidbelasting te monitoren en rekenvoorschriften die in het kader van de zonering worden toegepast te toetsen;
- In het kader van validatie van modelberekeningen zou een soortgelijke meetexercitie als bij Volkel, bijvoorbeeld op semi-permanente basis gedurende 1 of 2 jaar, in de toekomst mogelijk ook bij andere luchthavens zinvol kunnen zijn.

Referenties

1. Ministerie van VROM, 'Naar een landelijk beeld van verstoring', Publicatiereeks verstoring nr. 12, 1997
2. Dassen A.G.M. et al, 'Uitbouw en optimalisatie van het landelijk beeld verstoring', RIVM rapportnr. 725401001, juni 2001
3. Ministerie van VROM, 'Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï', Den Haag: Staatsuitgeverij 1981
4. CROW, Herziening Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï2000, maart 2002
5. Ministerie van VROM, 'Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï', Den Haag: Staatsuitgeverij 1981
6. Ministerie van VROM, 'Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï 1996', Publicatiereeks Verstoring nr 14, 1997
7. Ministerie van V&W, Voorschrift voor de berekening van de LAeq-geluidbelasting in dB(A) ten gevolgen van vliegverkeer, rapport RLD/BV02, 1998
8. Jabben J. , Potma C., Swart W.J.R., 'Monitorresultaten geluid 2000', RIVM rapport 725201203, mei 2001
9. Dassen AGM et al, 'Monitoring van de geluidbelasting door militaire luchtvaart bij Volkel - resultaten 2000', RIVM rapport 725201204, juli 2002
10. den Hoedt P.C., van Veen T.A., 'De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2001', NLR rapport CR-2002-094, maart 2002
11. Miedema, H.M.E Geluid, geur en milieukwaliteit, Publicatiereeks Verstoring nr 4a, Den Haag1994

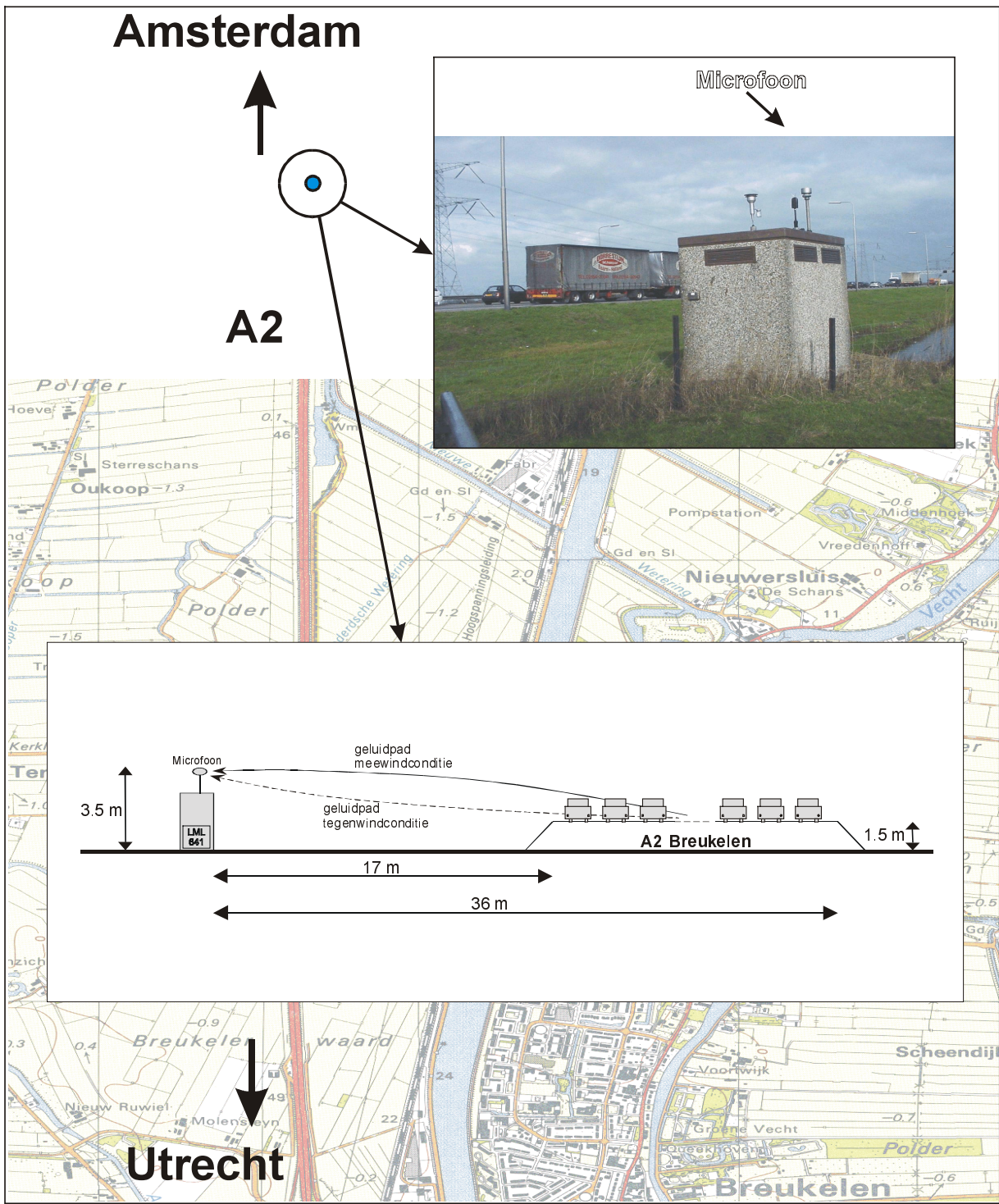
Bijlage 1 Verzendlijst

- 1 Directeur-Generaal Milieubeheer, Ir. J. van der Vlist
- 2 Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 3 Dr. C. M. Plug – VROM DGM
- 4 Drs. J.A. Verspoor – VROM DGM
- 5 Ir. M. van den Berg – VROM DGM
- 6 Drs. T. C. Welkers – VROM DGM
- 7 Drs. H.C.G.M. Brouwer – VROM DGM
- 8 Ir. D. de Gruijter – VROM DGM
- 9 Ir. L. Jacobs – VROM DGM
- 10 Ir. B.J.F. Kortbeek – VROM DGM
- 11 Drs. M. Zegbregts – VROM DGM
- 12 Dr. P.I. Loeff – VROM DGM
- 13 Ir. A.W. Bezemer – VROM DGM
- 14 Mr. R. Parqui – VROM DGM
- 15 Drs. J. van der Waals – VROM DGM
- 16 Drs. R. Bouman – VROM/DGM
- 17 Drs. P. Tops – EZ
- 18 Drs. R. Smaak – V&W DGP
- 19 Drs. B. van der Westen – V&W DGP
- 20 Drs. R. Braakenburg van Backum – V&W DGP
- 21 Ir. G. Debeus V&W – DGG
- 22 B. Koppert V&W, – V&W DG Luchtvaart
- 23 J. Kamphuis – NS-RIB B&I
- 24 Ir. P.A. van Wijngaarden – NS-RIB
- 25 Ing. H. Hendriks – Kon. Luchtmacht, Den Haag
- 26 Drs. A.N. Lefferts – Ministerie van Defensie, Den Haag
- 27 Drs. J. Können – Ministerie van Defensie, Den Haag
- 28 Dr. Ir. M.E.S. Vogels – NLR, Amsterdam
- 29 Ir. S.P. Klein Bog – Handhavingdienst Luchtvaart, Schiphol
- 30 Ir. P.C.M. Polak – RWS AVV Rotterdam
- 31 Drs. P. Paffen – RWS AVV Rotterdam
- 32 J.H. de Roover – RWS AVV Rotterdam
- 33 M.T. Loskamp – RWS AVV Rotterdam
- 34 Ir. C. Padmos – RWS DWW Delft
- 35 Drs. W. Alberts – RWS DWW Delft
- 36 Ir. J. Mank – RWS DWW Delft
- 37 Ir. J.J. van Ettinger – RWS Zuid Holland
- 38 Ing. B. van der Roest – RWS Utrecht
- 39 I. Venema RWS – Utrecht
- 40 Ing. P. Sloven – DCMR
- 41 G.H.J. Peters – DCMR
- 42 Ing. Elzinga, – prov. Flevoland
- 43 Ir. R. Boone – TUD
- 44 Ir. F. v.d. Berg – RUG
- 45 Ing. A. Beeks – TNO-TPD
- 46 Ir. F. de Roo – TPD-TNO
- 47 Ir. J. D. van der Toorn – TNO-TPD

-
- 48 Ir. H.C. Borst – TNO-PG
 - 49 Drs. C. M. Goossen – Alterra
 - 50 Ir. G Janssen – dB-Vision
 - 51 H.J. de Graaf – Nedtrain B.V.
 - 52 Ing. R. Degenhart – AEA Technologies
 - 53 Ir. P. de Vos – AEA Technologies
 - 54 Ing. J. J. van Leeuwen – DGMR
 - 55 Ir. E. de Graaff – M + P
 - 56 Directie RIVM
 - 57 Prof. Ir. N.D.van Egmond
 - 58 Ir. F. Langeweg
 - 59 Dr. Ir. D. Van Lith
 - 60 Dr. Ir. E. Lebret
 - 61 Dr. J.A. Hoekstra
 - 62 Dr. B.J. M. Ale
 - 63 Ir. W. van Duijvenbooden
 - 64 Drs. B.A.M. Staatsen
 - 65 Ir. R.A.W. Albers
 - 66 Ir. H.S.M.A. Diederren
 - 67 Dr. A.van der Meulen
 - 68 Ir. W.J.A. Mol
 - 69 Drs. G.P.Van Wee
 - 70 Drs. J.A. Annema
 - 71 Drs. H.A. Nijland
 - 72 Ir. H. Kruize
 - 73 Ir. D.J.M. Houthuijs
 - 74 Auteurs
 - 75 SBC/Voorlichting
 - 76 Bureau Rapportenregistratie
 - 77 Bibliotheek RIVM
 - 78-90 Bureau Rapportenbeheer

Bijlage 2 Overzicht meetlocaties

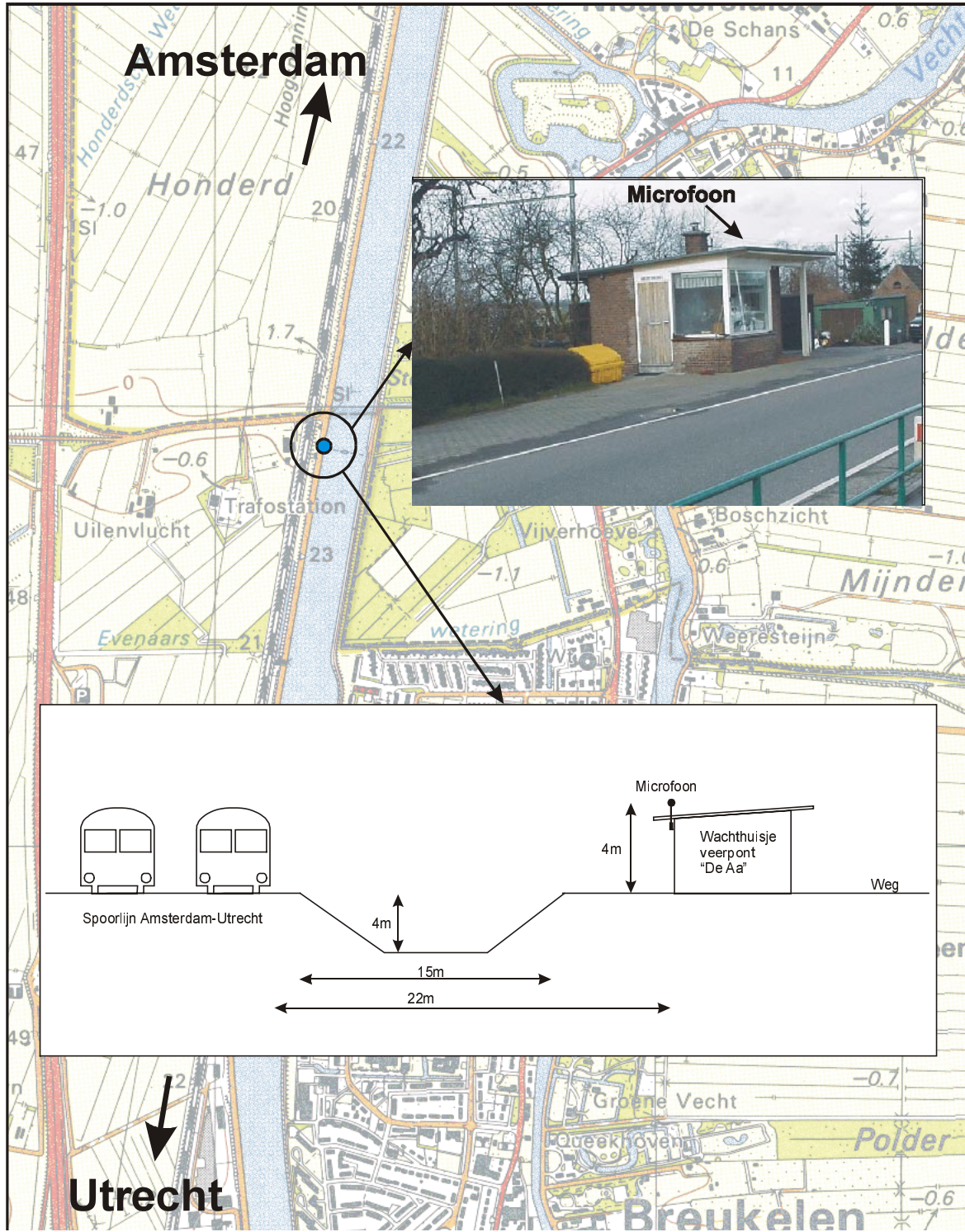
Situatieoverzicht meetlokatie Breukelen A2



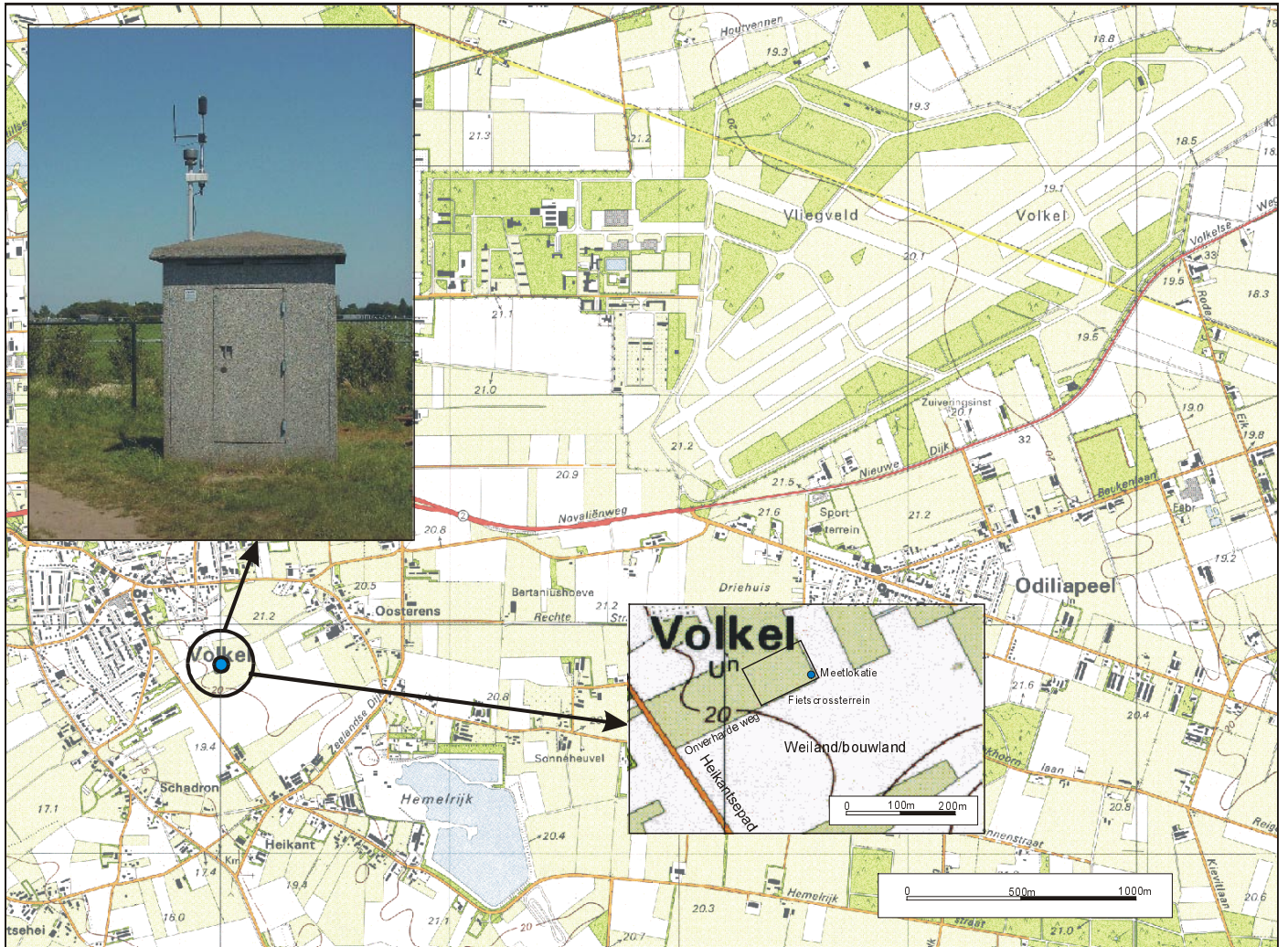
Situatieoverzicht meetlokatie Utrecht Constant Erzeijstraat



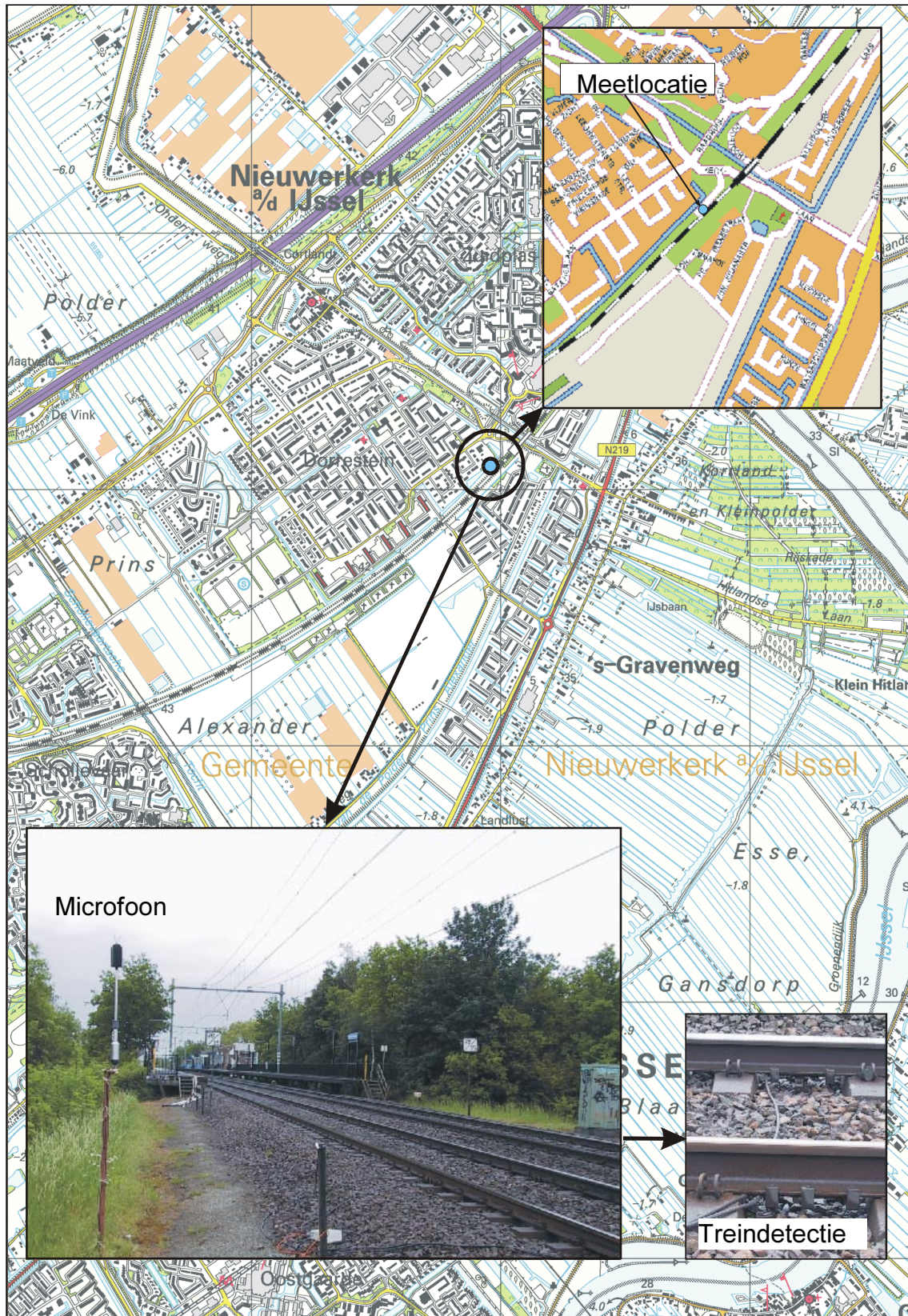
Situatieoverzicht meetlokatie Breukelen "De Aa"



Situatieoverzicht meetlokatie Volkel



Meetlocatie Nieuwerkerk aan den IJssel



Bijlage 3 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: $I_u = 10^{(L_{Aeq, w/10})}$ 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:

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

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 geluidvermogeniveau L_w een betrouwbaarheidsinterval van :

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

In tabel B4.1 zijn de resultaten van de regressieanalyse als toegepast op de gemeten geluidniveaus, verkeersintensiteiten en rijksnelheden voor het jaar 2000 en (ook per maand) voor 2001 A2 Breukelen weergegeven.

Tabel B4.1 resultaten regressieanalyse A2 rijksweg Breukelen: geluidvermogens per categorie in dB(A)

Periode	Licht verkeer			zwaar en middelzwaar vrachtverkeer		
	dag	Nacht	etmaal	dag	Nacht	Etmaal
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
Jan 2001	107,9 ± 0,5	109 ± 0,5	108 ± 0,3	110,2 ± 2,5	111,6 ± 1,1	110,9 ± 1,3
Feb 2001	107,1 ± 0,6	109,4 ± 0,5	107,5 ± 0,4	112,0 ± 1,5	110,3 ± 1,5	111,8 ± 1,0
Mrt 2001	107,9 ± 0,5	107,9 ± 1,0	108,0 ± 0,3	109,6 ± 2,2	112,3 ± 1,3	110,3 ± 1,2
April 2001	107,8 ± 0,5	108,6 ± 0,6	107,8 ± 0,3	108,0 ± 4,2	111,5 ± 1,2	109,5 ± 1,5
Mei 2001	104,6 ± 0,7	107,4 ± 0,4	105,0 ± 0,4	110,9 ± 1,1	110,5 ± 0,7	111,1 ± 0,6
Juni 2001	105,7 ± 0,5	107,0 ± 0,6	105,9 ± 0,3	109,5 ± 1,4	110,4 ± 0,9	109,9 ± 0,8
Juli 2001	106,4 ± 0,5	107,8 ± 0,4	106,3 ± 0,3	107,5 ± 3,2	110,4 ± 0,8	109,4 ± 1,1
Aug 2001	106,5 ± 0,5	108,1 ± 0,3	106,4 ± 0,3	110,0 ± 1,5	111,4 ± 0,5	111,0 ± 0,8
Sep 2001	105,5 ± 0,5	108,4 ± 0,3	106,0 ± 0,3	109,7 ± 1,3	108,9 ± 1,0	109,9 ± 0,8
Okt 2001	105,9 ± 0,5	106,8 ± 0,7	106,5 ± 0,3	111,5 ± 1,0	111,1 ± 1,0	110,7 ± 0,8
Nov 2001	106,3 ± 0,6	106,3 ± 1,4	106,5 ± 0,4	111,1 ± 1,5	111,7 ± 1,7	110,3 ± 1,2
Dec 2001	108,4 ± 0,5	109,1 ± 0,5	108,3 ± 0,3	-	110,8 ± 1,2	107,3 ± 3,3
Jaar 2001	106,9 ± 0,2	108,0 ± 0,2	107,0 ± 0,1	109,9 ± 0,7	111,0 ± 0,3	110,0 ± 0,4
Meewind	107,0 ± 0,2	107,9 ± 0,2	107,2 ± 0,1	109,8 ± 0,7	111,2 ± 0,4	110,2 ± 0,4
Tegenwind	106,7 ± 0,3	108,0 ± 0,2	106,7 ± 0,2	107,8 ± 1,3	110,7 ± 0,5	109,7 ± 0,6

Voor de maand december 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. De resultaten voor de nachtperiode, met daarbij het onderscheid tussen licht en zwaar verkeer, moeten daarom met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd

Bijlage 4 Normering van emissiegetallen railverkeer

Het genormeerde emissiegetal heeft betrekking op een passage van 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^*	:	genormeed emissiegetal in dB(A) gebaseerd op 1 bakken per uur
Q	:	het aantal bakken per uur volgens de telling (aantal gemeten SEL waarden)
L_{Aeq}	:	het gemeten equivalente geluidniveau over de periode
a	:	afstand tot hartlijn van het spoor (22 m)
D_{bodem}	:	bodemverzwakking (0,7 dB(A))
D_{meteo}	:	meteocorrectie (0 dB(A))
D_{lucht}	:	verzwakking door luchtdemping (0,3 d(A))

Bijlage 5 Omschrijving van treincategorieën uit het reken- en meetvooschrift railverkeer (RMV 1996)

cat	omschrijving	Typen
1	blokgeremd reizigersmat	mat64
2	schijf+blokgeremd reizigers	icr; icmIII; ddm1
3	schijfgeremd reizigersmat	sgm II/III
4	blokgeremd goederenmat	Cargo
5	blokgeremd dieselmaterieel	De
6	schijfgeremd dieselmaterieel	Dh
7	schijfgeremd metro en sneltram	
8	schijfgeremd intercity en stoptreinmat.	ddm2/3+1700; ddm2/3+mddm;icm-IV;irmIII/IV;sm90
9	schijf+blokgeremd hoge snelmat	tgv/thalys hslzuid
10	gereserveerd	Thalys