

RIVM rapport nr. 725201.201

Doelen en opties meetnet geluid

Haalbaarheidsstudie monitoren van geluidemissies
wegverkeer op rijkswegen

J. Jabben

maart 2000

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van DGM-GV, in het kader van project 725201, Ontwikkeling monitoringssysteem geluid en verstoring, mijlpaal 01.

Abstract

In the National Environmental Balances and Environmental Outlooks, the Dutch National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), is reporting the current state of the environmental quality and its development. These studies are part of the Environmental policy cycle, that consists of assessment and prediction, setting targets, implementing measures and reassessment. Monitoring of environmental quality is a vital part of this cycle. One of the aspects to be evaluated and monitored is the impact of noise problems in the Netherlands, caused by road- and railway traffic and airport noise.

This report gives the results of a feasibility study aimed at determining the options of supporting the monitoring of noise impact by means of continuous noise measurements on a limited number of strategically well chosen sites.

A first evaluation was made by a 10-days noise measurement on a site located along the highway A2 at Breukelen, in order to determine the options of monitoring noise emission from road traffic. The measured data was combined with traffic volume- and velocity data in order to differentiate between the various vehicle categories and to determine noise emission levels, independent of traffic volume. Also the measurements were compared with model predictions.

The first results indicate that continuous monitoring of noise levels on sites along a highway offers possibilities of keeping emission data up to date, to check model predictions and to evaluate the effect of policies regarding noise emission of road traffic. It is envisaged to continue the measurements in the year 2000 over a longer period. Also the advisability and options of monitoring noise levels from other sources, such as airport noise will further be investigated.

Voorwoord

Dit onderzoek vond plaats in het kader van het project “Ontwikkeling monitoringssysteem geluid en verstoring” en was gericht op de mogelijkheden om modelprognoses voor geluid op zinvolle manier te onderbouwen door middel van aanvullende metingen. Een goede beoordeling van de mogelijkheden was niet mogelijk geweest zonder de medewerking van de afdeling AVV van Rijkswaterstaat (Koos de Roover). Daarnaast was ook de medewerking van de meetafdeling van LLO (Hans Wiese, Edith van Putten, Ton van der Meulen) bij het opzetten en installeren van de meetapparatuur belangrijk. Tenslotte dank ik Ronald Albers, Ton Dassen en Willem Hoffmans, voor commentaar en suggesties.

Jan Jabben.

Inhoud

- 1. Inleiding 6**
 - 2. Doelstelling en opties meetnet geluid 8**
 - 2.1 *Doelstelling 8*
 - 2.2 *Opties 8*
 - 2.3 *Conclusie 9*
 - 3. Meetstrategie per bron 11**
 - 3.1 *Metingen gericht op monitoren van emissie 11*
 - 3.1.1 *Weg- en railverkeerslawaai 11*
 - 3.1.2 *Vliegtuiglawaai 12*
 - 3.1.3 *Industrie lawaai 13*
 - 3.2 *Metingen gericht op modeloptimalisatie 13*
 - 4. Emissie metingen wegverkeer 14**
 - 4.1 *Emissie metingen bij voertuigtypekeuringen 14*
 - 4.2 *Statistical Pass By methode 14*
 - 4.3 *Emissiemetingen met een permanente meetpost 15*
 - 5. Emissiemetingen langs de A2 bij Breukelen 17**
 - 5.1 *Meetopzet 17*
 - 5.2 *Meetopstelling 17*
 - 5.3 *Meetapparatuur 18*
 - 5.4 *Resultaten 19*
 - 5.4.1 *Metingen equivalent geluidniveau 19*
 - 5.4.2 *Meteocondities 19*
 - 5.4.3 *Verkeersgegevens 20*
 - 5.5 *Analyse 23*
 - 5.5.1 *Vergelijking met LBV rekenmethode 23*
 - 5.5.2 *Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse 25*
 - 5.6 *Resumé 26*
 - 6. Conclusies en aanbevelingen 29**
 - 6.1 *Conclusies 29*
 - 6.2 *Aanbevelingen 29*
- Literatuur 31**
Bijlage 1 32

Samenvatting

In Milieubalansen en Milieuverkenningen rapporteert het RIVM over de ontwikkeling van geluidbelasting en geluidhinder in Nederland. In dit kader is een verkenning gemaakt van de waarde en mogelijkheden om deze monitoringsactiviteiten met behulp van een geluidmeetnet te ondersteunen. De voorkeur gaat daarbij uit naar een meetnet dat bestaat uit een beperkt aantal meetposten op strategisch goed gekozen locaties.

Het onderzoek is verricht in het kader van het project “*Ontwikkeling monitoringsysteem geluid en verstoring*” en omvat een opzet van een haalbaarheidsstudie naar een meetprogramma geluid, in eerste instantie gericht op monitoring van de geluidemissie van het wegverkeer op rijkswegen. In het bijzonder komt de kennisvraag *GV59: Ontwikkeling van een monitoringsprogramma geluid; opties, doelen en haalbaarheid* aan de orde.

Gedurende de periode van 29 juli t/m 8 augustus 1999 zijn verkennende geluidmetingen verricht langs rijksweg A2 ter hoogte van Breukelen. 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 monitoren. Tevens is een vergelijking gemaakt met modelberekeningen met behulp van het Landelijk Beeld van Verstoring (LBV), dat momenteel voor geluidberekeningen wordt gebruikt.

Uit de verkennende studie lijkt het monitoren van geluidemissie van het verkeer op rijkswegen door middel van een permanente meetpost goed realiseerbaar. Aanbevolen wordt de metingen in het jaar 2000 bij Breukelen te continueren en na positieve afweging deze activiteit als standaardonderdeel van de monitoringscyclus voor verstoring door geluid op te nemen.

De verkenning was in eerste instantie gericht op de mogelijkheden voor wegverkeer. Voor geluidhinder door de burgerluchtvaart lopen momenteel diverse onderzoeken en in een latere fase moet beoordeeld worden wat de uitkomsten van die onderzoeken betekenen voor een eventueel op te zetten meetnet geluid gericht op deze bron.

1. Inleiding

In de Milieubalansen en de Milieuverkenningen rapporteert het RIVM over de ontwikkeling van de geluidniveaus en geluidhinder in Nederland. Het belang van een adequate monitoring van de geluidbelasting zal de komende jaren door de decentralisatie van het geluidbeleid nog toenemen. De aanleiding hiervoor is de Modernisering van de het Instrumentarium van het Geluidbeleid[1] (kortweg MIG), waarbij de lagere overheden meer bevoegdheden krijgen om op lokaal niveau een gebiedsgericht geluidbeleid vast te stellen. Het accent voor de rijksoverheid verschuift daarmee naar het uitvoeren van geluidemissiebeleid gericht op gemeenteverstijgende bronnen met als doel o.a. het beperken van geluidemissies door middel van maatregelen als de aanleg van stille asfaltwegen, het aanscherpen van typekeuringseisen voor voertuigen of mogelijk het stellen van emissieplafonds. Daarnaast is er een taak voor de rijksoverheid weggelegd in het monitoren van volksgezondheids- en hindereffecten van de nieuwe wetgeving. Daartoe is een landelijke beeld van de ontwikkeling van de geluidniveaus gewenst.

Monitoring 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 ZOAB, e.d.). De modelberekeningen zijn afgeleid van algemeen aanvaarde, wettelijk vastgelegde, standaard rekenvoorschriften[2,3].

Steeds is hierbij van belang te weten in hoeverre de modelberekeningen overeenstemmen met de fysieke werkelijkheid. De discussies over de geluidbelasting rondom luchthavens geven aan dat een wettelijk verankerde rekenmethode alleen niet voldoet maar dat behoefte bestaat om in aanvulling op modelberekeningen werkelijke meetgegevens te kunnen presenteren. 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 en civiele luchthavens betreft.

Het onderhavige project “*Ontwikkeling monitoringsysteem geluid en verstoring*” omvat een opzet van een haalbaarheidsstudie naar een aanvullend meetnet geluid. In het bijzonder komt de kennisvraag *GV59: Ontwikkeling van een monitoringsprogramma geluid; opties, doelen en haalbaarheid* aan de orde.

De voorliggende rapportage gaat in op de noodzaak en mogelijkheden om een aanvullend meetnet geluid in te richten en geeft aan hoe eventueel een dergelijk meetnet stapsgewijs kan worden opgebouwd. Daartoe wordt een beknopte uiteenzetting gegeven van algemene meetmethoden gericht op het meten van geluidemissies van wegverkeer en zijn over de periode van 29 juli t/m 8 augustus 1999 verkennende geluidmetingen verricht langs de A2 ter hoogte van Breukelen, gebruikmakend van meetpost 641 van het LML voor luchtkwaliteit.

De verkenning is in eerste instantie gericht op de mogelijkheden voor wegverkeer. Voor geluidhinder door de burgerluchtvaart lopen momenteel diverse onderzoeken en in een latere fase moet beoordeeld worden wat de uitkomsten van die onderzoeken betekenen voor een eventueel op te zetten meetnet geluid gericht op deze bron.

Naast onderzoek naar de haalbaarheid van een meetnet wordt in het project “*Ontwikkeling monitoringsysteem geluid en verstoring*” beoogd een informatieinfrastructuur te definiëren voor het structureel verzamelen van brongegevens (locaties, aantallen, emissies) die nodig zijn voor het gebruik, resp. de validatie van het LBV-model. Hierover wordt afzonderlijk gerapporteerd in de rapportage “Informatieinfrastructuur LBV”.

2. Doelstelling en opties meetnet geluid

2.1 Doelstelling

Monitoring vormt binnen het RIVM een van de vijf werkgebieden binnen de milieuplanbureaufunctie. Het is een wezenlijk onderdeel van de milieubeleidscyclus. Het project “Ontwikkeling monitoringssysteem geluid en verstoring” (MAP 725201) richt zich op het opzetten en uitbouwen van een informatiesysteem voor geluidbelasting door wegverkeer, railverkeer, en luchtvaartverkeer, waarmee de geluidbelasting in Nederland op adequate wijze kan worden gemonitord. Het monitoren van de geluidbelasting uitsluitend op basis van modelberekeningen uitgaande van volumeontwikkelingen heeft daarbij als belangrijk bezwaar dat de koppeling met de werkelijkheid een statisch karakter krijgt. Technologische ontwikkelingen waardoor de bronnen stiller worden, worden niet meegenomen in de modeluitkomsten. Zo worden bijvoorbeeld in de wettelijke rekenvoorschriften voor weg- en railverkeerslawaaai vaste emissies per voertuigcategorie gedefinieerd die sinds de jaren '70 ongewijzigd zijn. Ook de toekenning van emissiegetallen aan verkeersvliegtuigen volgens het rekenvoorschrift laat in dit opzicht veel te wensen over. Daarnaast is een zekere mate van validatie van modeluitkomsten gewenst om veronderstellingen die in de modellering worden gemaakt op hun waarde te kunnen toetsen. Het doel van aanvullende metingen ter ondersteuning van modelberekeningen is de realiteitswaarde van de uiteindelijke resultaten en de daarop gebaseerde planbureauproducten te verbeteren. Navolgend worden vanuit deze doelstelling een aantal opties geformuleerd en wordt ingegaan op de noodzaak en haalbaarheid ervan.

2.2 Opties

Bij de opzet van een meetnet kan men zich richten op:

1. het verkrijgen van een globaal geluidbeeld van Nederland, los van de resultaten van modelberekeningen, uitsluitend op basis van metingen;
2. het optimaliseren van de fysieke beschrijving op basis waarvan de geluidoverdracht in het LBV momenteel is gemodelleerd.
3. het verkrijgen van een aantal referentiepunten waarmee de geluidniveaus en emissiegetallen (invoergegevens) uit de modellen, die door het RIVM ten behoeve van haar milieuplanbureau producten worden ingezet, kunnen worden gevalideerd en gemonitord.

Ad 1. Hierbij is de schaal waarop de geluidbelasting varieert een onoverkomelijk probleem voor het realiseren van een bruikbaar meetnet. Er zijn te veel meetposten nodig, een beperkt aantal meetposten geeft onvoldoende informatie om beleid op te voeren. Zo heeft het geen zin om alle bestaande meetposten van het LML te voorzien van een geluidmeter. Dit zou elk jaar een set getallen opleveren waaruit noch landelijke, noch regionale en evenmin stedelijke conclusies kunnen worden getrokken. De uitkomsten zijn te zeer afhankelijk van locatie en de omstandigheid ter plaatse van de meting. De enige mogelijkheid in dit verband ligt in het

monitoren van geluidbronnen waarvan het invloedsgebied relatief beperkt is. Hierbij kan met name worden gedacht aan Schiphol (waar overigens al een meetnet bestaat) en eventueel nog andere luchthavens. Als randvoorwaarde moet dan worden gesteld dat de geluidbelasting op de meetpunten representatief is voor de ontwikkeling van de geluidbelasting van de bron als geheel. Een meetnet met voldoende resolutie voor heel Nederland is niet haalbaar.

Ad 2. Feitelijk richt men zich bij deze metingen niet op het monitoren van de geluidbelasting, maar op het verbeteren van de overdrachtsberekeningen die in het model zijn gemaakt. Doorgaans gaat het hierbij om specifiek akoestisch onderzoek gericht op het verbeteren van de fysieke beschrijving van het overdrachtsmodel.

Ad 3. Hierbij wordt afgezien van het invoeren van een landsdekkend meetnet, en is de meetinspanning gericht op het monitoren van emissie (invoer) gegevens ten behoeve van het akoestisch model en op de validatie daarvan. In deze variant worden de modelberekeningen getoetst aan metingen op een beperkt aantal specifieke goed gekozen locaties, waarbij:

- de locatie van de maatgevende bronnen bekend is;
- kan worden geregistreerd in welk aantal de bronnen aanwezig zijn;
- hoofdzakelijk één type bron (weg-, rail, luchtvaart of industrie) domineert;
- meteorologische condities kunnen worden geregistreerd.

Dit levert niet alleen informatie op over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de modeluitkomsten maar biedt tevens zicht op de jaarlijkse trendontwikkeling van geluidemissies. Men gaat er vervolgens vanuit dat de modelberekeningen met voldoende betrouwbaarheid het landelijke beeld kunnen genereren. Op die manier wordt een directe koppeling gelegd tussen model en werkelijkheid, en worden ontwikkelingen met betrekking tot geluidemissie rechtstreeks gevolgd, zonder dat hierbij veronderstellingen behoeven te worden gemaakt.

2.3 Conclusie

Het monitoren van de geluidbelasting op basis van uitsluitend modelberekeningen heeft een aantal bezwaren. Met name de onzekerheden rond de emissieniveaus van de bronnen, en de noodzaak van validatie zijn punten waarbij aanvullende metingen sterk kwaliteitsverbeterend en kwaliteitsborgend kunnen worden ingezet. Voor de beschreven opties om de modellering met behulp van een aanvullend meetnet te versterken geldt het volgende:

- Monitoring, uitsluitend op basis van meten, optie 1, is door het lokale karakter van geluid onmogelijk voor heel Nederland door te voeren. Deze optie is alleen aan te bevelen in de vorm van lokale meetnetten voor bronnen met een sterke maatschappelijke impact, als bijvoorbeeld belangrijke luchthavens waar veel geluidklachten zijn. Overigens zal ook dan een sterke behoefte aan een “dekkend” rekenmodel blijven bestaan.
- Optie 2, specifieke metingen gericht op de fysieke beschrijving van geluidoverdracht is zeker aan te raden, maar is in het licht van het specifieke karakter ervan geen monitoringsactiviteit. Deze vorm van akoestisch onderzoek, is doorgaans specialistenwerk en kan worden uitbesteed aan gespecialiseerde wetenschappelijke instituten (TNO-TPD, NLR) en /of erkende adviesbureaus. Om deze reden wordt hier in de navolgende rapportage niet verder op ingegaan. Verwezen wordt naar het project “Uitbouw en optimalisatie

rekensysteem geluid en verstoring” 725401, waarin de fysieke modelbeschrijving van het LBV centraal staat.

-De meest geschikte vorm van een aanvullend meetnet geluid betreft optie 3, waarin structureel (permanent) meten van de geluidbelasting wordt gecombineerd met een landsdekkend akoestisch model en waarin men zich richt op monitoring van emissie(invoer) gegevens en (ruimtelijk beperkte) modelvalidatie door middel van metingen op een beperkt aantal strategisch goed gekozen locaties met behulp van permanente geautomatiseerde meetposten.

3. Meetstrategie per bron

Navolgend wordt ingegaan in hoeverre de in hoofdstuk 3 geformuleerde doelstelling voor de verschillende bronnen van geluid kan worden benaderd.

3.1 Metingen gericht op monitoren van emissie

3.1.1 Weg- en railverkeerslawaaai

Emissiegegevens van weg- en railverkeer zijn van groot belang voor de uitkomsten van modelberekeningen. In de standaardrekenmodellen, die in het LBV worden gebruikt, wordt gewerkt met een emissiegetal dat wordt bepaald uit een (in het verleden gemeten) individuele bronsterkte van de voertuigen (personenauto's, vrachtauto's, reizigerstreinen, goederentreinen) in combinatie met de aantallen waarin het betreffende type op de verkeersweg of spoorlijn gemiddeld voorkomt. Voor wegverkeer zijn de emissiegetallen voor licht, middelzwaar en zwaar vrachtverkeer gebaseerd op metingen uit de jaren '70 (TNO-TPD). De emissiegetallen voor het railverkeer zijn in 1997 herzien (NSTO). Bij deze benadering worden de volgende veronderstellingen gemaakt:

1. De emissies van de onderlinge voertuigen/het materieel wijzigen zich in de loop van de tijd slechts langzaam en in geringe mate en worden in het model als constant verondersteld;
2. De emissiegegevens zijn sterk afhankelijk van de intensiteiten en de rijsnelheden van het verkeer en de geluidbelasting van een verkeersweg of spoorlijn is dus altijd afhankelijk van deze parameters. De intensiteit wordt doorgaans gebaseerd op verkeersstellingen of dienstregeling en de rijsnelheden meestal gerelateerd aan het type weg;
3. De totale emissie tengevolge van het totale verkeersbeeld kan zonder grote fouten als som van de individuele voertuigen worden verkregen.

Als gevolg van deze veronderstellingen kunnen verschillen optreden tussen de in het model ingevoerde emissie en de werkelijke emissie op de weg of spoorlijn. Dit is het met name het geval wanneer de emissies van de voertuigen als gevolg van het voortschrijden van de techniek niet meer overeenkomen met de emissie die aan de hand van een (beperkt) aantal metingen in het verleden is vastgesteld en die dan voor de betreffende categorie niet meer representatief is en wanneer de aangenomen rijsnelheden en verkeersgegevens niet overeenkomen met het werkelijke verkeersbeeld.

Een mogelijkheid om de geluidemissie continu te meten bestaat uit het invoeren van een permanente meetpost op korte afstand van een verkeersweg of spoorlijn in combinatie met het gelijktijdig registreren van het verkeersaanbod. Met betrekking tot weg- en railverkeerslawaaai kan als geschikte locatie daarbij in eerste instantie worden gedacht aan polderlocaties tot op ca. 100 m afstand tot de verkeersweg cq. spoorlijn. Gelijktijdig zal daarbij registratie plaats moeten vinden van het verkeer dat tijdens de meting aan de geluidbelasting bijdraagt en de meteorologische condities. Stedelijke locaties zijn meestal minder geschikt aangezien de geluidsniveaus dan, in verband met de grote diversiteit van de

bronnen en de complexe wisselende overdrachtscondities, moeilijk zijn te herleiden tot brongegevens. Dit maakt generalisatie van de uitkomsten bijzonder lastig.

Met een permanente meetpost op een geschikte locatie zou men op directe wijze een emissiegetal kunnen bepalen, zonder dat veronderstellingen over individuele emissies, rijnsnelheden of aantallen worden gemaakt. Deze methode is niet geschikt om langs alle verkeerswegen een emissiegetal te meten, aangezien er dan te veel locaties nodig zijn, maar kan wel worden gebruikt om de gemaakte veronderstellingen te verifiëren. Tevens wordt de veronderstelling dat de geluidemissies in de loop van de tijd niet veranderen losgelaten. De effectiviteit van beleidsmaatregelen gericht op het verminderen van de geluidemissie kan op rechtstreekse wijze worden bepaald. In het vervolg van deze rapportage wordt nader ingegaan op de resultaten van een aantal verkennende metingen die volgens deze methode zijn verricht in de periode juli – augustus 1999 langs de A2 ter hoogte van Breukelen .

Indien de ontwikkeling van de emissies op genoemde wijze met voldoende betrouwbaarheid kan worden gemonitord zou dit vooral met betrekking tot het beleid voor wegverkeerslawaai waardevolle informatie zijn. Er is momenteel namelijk weinig zicht op de effectiviteit van het aanscherpen van typekeuringseisen, daar de omstandigheden waaronder deze worden verricht weinig representatief zijn voor de werkelijke situatie op de weg. Door middel van een aantal meetposten, waarmee langs een aantal belangrijke rijkswegen op jaarbasis permanent kan worden gemonitord zou een actueel beeld van de ontwikkeling van de emissie kunnen worden verkregen.

3.1.2 Vliegtuiglawaai

Naast de geluidemissie van weg- en railverkeerslawaai is er behoefte aan het monitoren van de geluidemissie van vliegverkeer. Bij deze bronnen is men in vergelijking met weg- en railverkeerslawaai echter gedwongen om de metingen op grotere afstand tot de bronnen te verrichten. Verder is de localisatie van de bronnen (positie ten opzichte van het meetpunt) veel moeilijker en omvat een veel grotere bandbreedte of spreiding. Het weg- en railverkeer is immers steeds gebonden aan de verkeersweg resp. spoorlijn. Door deze factoren is de relatie tussen de gemeten geluidniveaus en de ontwikkeling totale geluidemissie van de luchthaven als geheel over haar invloedsgebied veel complexer en zal men met een enkele meetpost onvoldoende informatie verkrijgen en zeker voor de grotere luchthavens pas zinvolle uitspraken kunnen genereren indien men de beschikking heeft over een voldoende groot aantal meetposten. In dit kader zijn de voor Schiphol en Rotterdam Airport de meetnetten NOMOS en RANOMOS (nog niet operationeel) opgezet. Voor het RIVM lijkt met betrekking tot deze bronnen vooralsnog geen extra meetinspanning nodig en gewenst. In elk geval dient voorafgaand aan enige meetactiviteiten de mogelijkheden van “aftappen” van meetgegevens te worden onderzocht. In goed overleg met betrokken partijen kan wellicht aansluiting op genoemde meetnetten met jaarlijks overleg van meetdata worden gerealiseerd. Voor de overige civiele luchthavens (bijv. Beek) moeten de mogelijkheden en wenselijkheid van een meetnet nog nader worden onderzocht.

Een andere geluidbron van betekenis wordt gevormd door de militaire luchthavens. Deze hebben meestal maar één startbaan. Een mogelijkheid om de jaarlijkse geluidemissie te monitoren is bestaat in het plaatsen van twee permanente meetposten op relatief korte afstand (1 tot 2 km) bij voorkeur in het verlengde van de baan. In combinatie met hoogtegegevens kunnen de gemeten geluidniveaus dan worden gerelateerd aan de geluidemissie van de luchthaven. Er is op dit gebied echter nog nauwelijks praktijkervaring. In hoeverre dit

mogelijk is zou in de loop van 2000 kunnen worden onderzocht, mits een geschikte testlocatie voor een meetpost kan worden gevonden.

3.1.3 Industrie lawaai

Metingen met betrekking tot deze vorm van geluidhinder zijn voorlopig niet voorzien. Enerzijds geven hinderenquêtes aan dat de hinder die deze bron veroorzaakt veel lager ligt dan de hiervoor besproken bronnen. Anderzijds zullen de metingen grote problemen ondervinden door stoorlawaai en de diversiteit van de bronnen. Indien er metingen kunnen worden verricht dan waarschijnlijk alleen voor grote petrochemische industrieën, zoals bijvoorbeeld Rijnmond.

3.2 Metingen gericht op modeloptimalisatie

Het uitvoeren van metingen gericht op modeloptimalisatie lijkt niet een taak die RIVM zich op zich moet nemen. Doorgaans betreft dit specialistisch onderzoek dat onder gecontroleerde omstandigheden dient te worden verricht. Optimalisatie van modelparameters op basis van meettechnisch akoestisch onderzoek naar geluidoverdracht is specialistenwerk, waarbij de specifieke omstandigheden ter plaatse zorgvuldig moeten worden meegenomen. Dit kan het beste worden uitbesteed aan goede akoestische adviesbureaus of instituten als TNO-TPD en het NLR.

Resumerend zijn navolgend de verschillende overwegingen per bron weergegeven:

Tabel 3.1: metingstrategie per bron

Bron	Belang/ noodzaak aanv. Meetnet	Bestaande meetposten	Aanvullende metingen	Opmerking
Wegverkeer	+++	Geen	Meetposten langs rijkswegen	Gericht op emissie
Railverkeer	+	Geen	Meetposten langs spoorwegen	Gericht op emissie
Civiel luchtvaart	++++	NOMOS (Schiphol) RANOMOS (Rotterdam Airport)	Zoek aansluiting op bestaande meetnetten	Gericht op immissie
Mil. Luchtvaart	+++	Geen	Meetposten nabij startbaan	Gericht op emissie; Haalbaarheid onzeker
Industrie	+	DCMR (Rijnmond)	Alleen grote industrieën	Haalbaarheid twijfelachtig

4. Emissie metingen wegverkeer

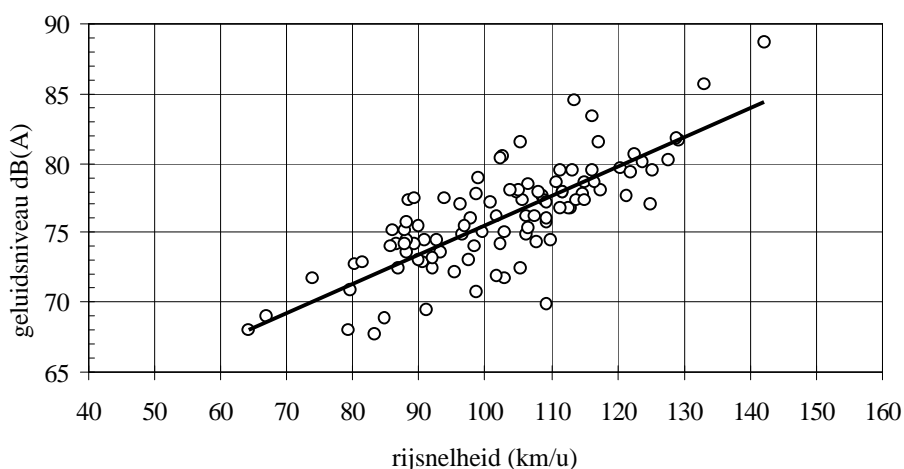
Met betrekking tot weg- en railverkeerslawaai kan als geschikte locatiekeuze in eerste instantie worden gedacht aan polderlocaties langs rijkswegen tot op ca. 100 m afstand tot de verkeersweg cq. spoorlijn. Gelijktijdig zal daarbij een registratie moeten plaatsvinden van het verkeer dat tijdens de meting aan de geluidbelasting bijdraagt en de meteorische condities.

4.1 Emissie metingen bij voertuigtypekeuringen

De standaard waaraan alle binnen de EU geregistreerde voertuigen aan moeten voldoen is de ISO R263, richtlijn 92/97/EG. Hierbij wordt van het voertuig over 20 m vol accelererend het maximaal optredend geluidniveau gemeten. Het maximale optredende geluidniveau mag een bepaalde grenswaarde bij deze “afnametest” niet overschrijden (de typekeuringseis). Probleem bij deze methode is dat het geluidniveau maar gedeeltelijk representatief is voor de in de praktijk op de weg gerealiseerde geluidemissies. Met name op rijkswegen is niet het motorgeluid (dat bij deze norm het max. geluidniveau sterk bepaald), maar het rolgeluid veruit maatgevend voor de geluidemissie van de voertuigen.

4.2 Statistical Pass By methode

Een in de praktijk vaak toegepaste methode voor het in de praktijk meten van geluidemissies is de Statistical Pass By methode (SPB-methode) Bij de SPB-metmethoden wordt per individuele voertuigpassage het langs de weg (op 7,5m van de rijstrook) veroorzaakte geluidniveau (L_{Aeq} over enkele seconden, SEL-waarde of maximaal optredend geluidniveau $L_{A,max}$) gemeten. Dit resulteert dan doorgaans in het volgende resultaat.



Figuur 4.1 voorbeeld van een meting volgens de Statistical Pass By Method

Elke voertuigpassage draagt bij aan de puntenwolk die behoorlijke spreiding vertoont (in het bijzonder bij vrachtauto's) en waaruit m.b.v. lineaire regressie de best passende rechte wordt bepaald. De voor de verschillende voertuigcategorieën (personenauto's, middelzware en zware vrachtauto's, motoren) gevonden regressielijnen bepalen, samen met het gemiddeld aanwezige verkeer, aldus "de emissie" van het onderzochte wegvak. Dit type meetmethode is indertijd gebruikt voor de opstelling van het rekenvoorschrift (standaardmethoden I en II) voor wegverkeerslawaaï [2],[3].

Het voordeel van SPB -metingen is dat per broncategorie (licht verkeer, middelzwaar- of zwaar vrachtverkeer) de emissie kan worden bepaald. Tevens kan uit de snelheidsregistratie (eveneens per individuele voertuigpassage) de snelheidsafhankelijkheid van de emissies worden bepaald. Het nadeel van de methode is dat de samenstelling van de verkeersstroom steeds zodanig moet zijn dat de voertuigen daadwerkelijk individueel kunnen worden gemeten, hetgeen betekent dat de voertuigen op voldoende afstand van elkaar moeten rijden. Op drukke wegen (rijkswegen) is daarom alleen een SPB -meting in de nachtperiode mogelijk en dan alleen nog in de uren van minimale verkeersintensiteit (2-4u). Een ander nadeel van de SPB -methode is dat een meting niet over een langere (jaarlijkse) periode wordt uitgevoerd maar steeds een "dagopname" is en onder specifieke meteorologische omstandigheden plaatsvindt.

4.3 Emissiemetingen met een permanente meetpost

Bij een vaste meetpost langs de verkeersweg, waarbij op jaarbasis een geluidniveau wordt geregistreerd gaat het onderscheid tussen de verschillende voertuigen verloren als niet gelijktijdig verkeerstellingen worden uitgevoerd. In de emissie die men aan het eind van een periode vindt zitten dan de emissies van alle voertuigen. Om na te gaan of de emissies die in het rekenmodel worden gehanteerd correct zijn zullen dan ook de tijdens de metingen aanwezige verkeersstromen moeten worden geregistreerd. Men is anders niet in staat om na te gaan voor welke categorie in een rekenmodel een van het meetresultaat afwijkend emissiegetal wordt gebruikt. Evenmin kan men zonder voertuigregistratie bij het monitoren van emissietrends niet nagaan aan welke categorie de trend kan worden toegeschreven (dus worden de personenauto's stiller of zijn het de vrachtauto's)

Een voordeel van een permanente emissiemeting ligt in de volgende overweging: De rekenmodellen die indertijd zijn ontwikkeld dateren allen uit de jaren 70-80. De geluidmaat die in deze modellen worden gebruikt, het equivalente geluidniveau, impliceert een middeling over een dag- avond en nachtperiode op basis van voertuigverdeling- en aantallen. Daarbij wordt verondersteld dat de bijdrage van de verschillende voertuigen op een bepaalde manier doorwerkt in het meetresultaat; een aanname die niet kan worden geverifieerd op basis van metingen aan individuele voertuigpassages, maar alleen door daadwerkelijk over de volledige etmaalperiode te meten. Een permanente meetpost is in dit verband zeker zinvol.

Verder kan een permanente meetpost waarmee per uur over een heel jaar het equivalente geluidniveau wordt geregistreerd, gelijktijdig met windrichting, temperatuur, neerslaggegevens belangrijke onderzoeksgegevens opleveren:

- Hoe groot is de spreiding in de meetuitkomsten. Stel bijvoorbeeld dat het rekenmodel op basis van de betreffende verkeersgegevens een niveau van 70 dB(A) oplevert, in welke mate doen zich dan perioden voor waarbij het niveau hoger of lager is ?
- Wat is de invloed van meteorologische omstandigheden als neerslag en temperatuur, seizoeninvloeden (zomer, winter)

In vergelijking met de SPB methode biedt een permanente meetpost het voordeel dat niet slechts een dagopname wordt verkregen, maar een gemiddelde over een vrij te kiezen periode (dag, week, maand of jaar). Navolgend wordt aan de hand van geluidmetingen, uitgevoerd langs de A2 bij Breukelen in de periode juli -augustus 1999, ingegaan op de mogelijkheid door gelijktijdige registratie van verkeersintensiteiten het onderscheid per voertuigcategorie bij deze methode mee te nemen.

5. Emissiemetingen langs de A2 bij Breukelen

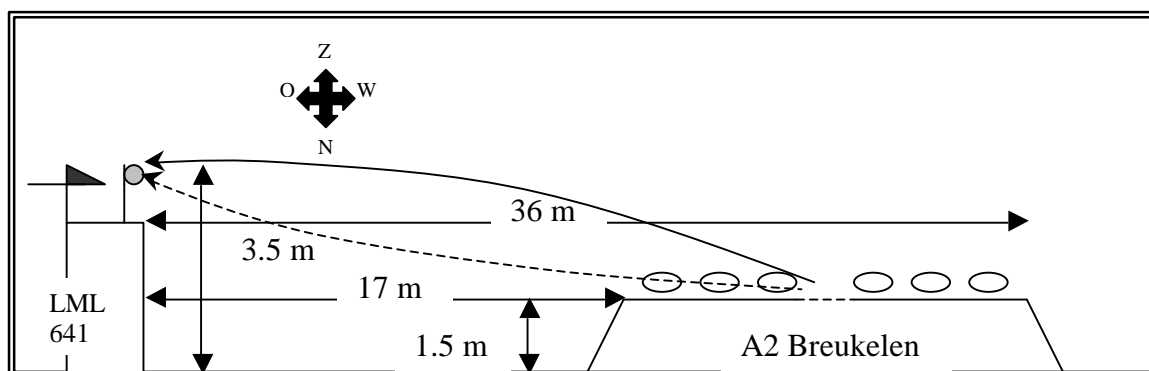
5.1 Meetopzet

Om na te gaan in hoeverre het verrichten van metingen met een permanente meetpost een efficiënte methode is voor het monitoren van de geluidemissies van wegverkeerslawaaï op rijkswegen zijn bij meetpost 641 uit het LML netwerk in de periode van do 29 juli 10:00 u tot en met zo 8 augustus 21.00 u (in totaal 164 meeturen) geluidmetingen verricht aan het verkeer op de rijksweg A2 aldaar. Tevens zijn in die periode gelijktijdig de windsnelheid en windrichting gemeten. Doel van de meting was na te gaan:

- In hoeverre wijken de geluidniveaus volgens het standaardrekenvoorschrift [2] (dat als basis voor het LBV dient) af van de werkelijk gemeten waarden, op korte afstand van de verkeersweg;
- In hoeverre is het mogelijk op basis van telgegevens van de aldaar aanwezige meetlus van Rijkswaterstaat het geluid emissieonderscheid tussen de voertuigcategorieën licht, middelzwaar en zwaar verkeer te maken.

5.2 Meetopstelling

Een schets van de meetopstelling is weergegeven in figuur 5.1



*Figuur 5.1 meetopstelling A2 Breukelen met microfoon en windvaan
 — : geluidpad meewindconditie; - - - : geluidpad tegenwindconditie*

De A2 heeft ter plaatse van de A2 in totaal 6 rijstroken verdeeld over twee rijbanen. De bronposities zijn als cirkels in de figuur aangegeven samen met de afstand en hoogte waarop de geluidmetingen zijn verricht.

Gedurende de 164 uur vanaf 29 juli 10:00 uur is steeds een equivalent geluidniveau in dB(A) op uurbasis geregistreerd.

Het equivalente geluidniveau 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 $Lp(t) = 10 \log(I(t))$. Het momentane, A-gewogen geluiddrukkniveau $Lp(t)$ wordt steeds over perioden van 1 uur energetisch gemiddeld tot een equivalent geluidniveau. Over de genoemde periode resulteert dit in 252 equivalente geluidniveau's.

Naast het equivalente geluidniveau is ook op uurbasis de gemiddelde windsnelheid en windrichting geregistreerd. Door een verkeerde instelling zijn neerslaggegevens voor de gemeten periode niet geregistreerd.

De AVV heeft op uurbasis verkeersintensiteiten en snelheidsgegevens over de gemeten periode geleverd. 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)

5.3 Meetapparatuur

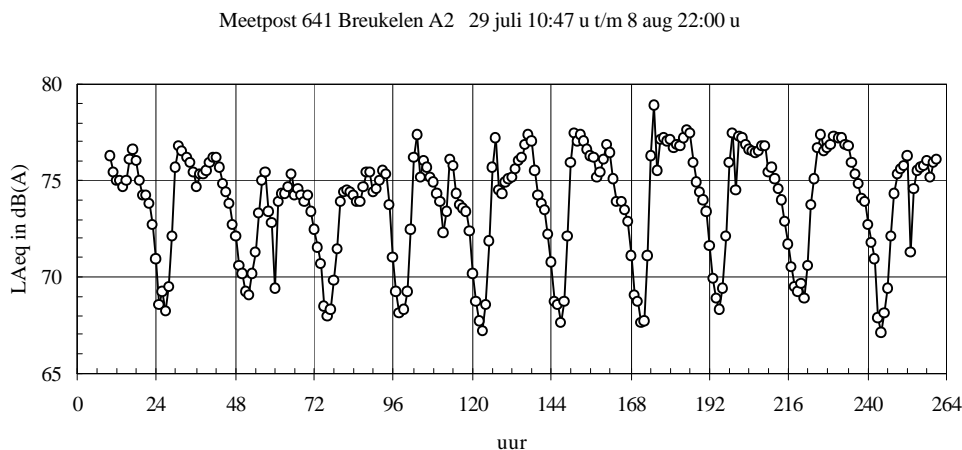
Er is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- Larson & Davis Statistische analyser/monitor type 870 B
- Larson & Davis buiten microfoon met wind en regenbescherming, microfoonverwarming en -Calibratie controlesysteem, type 2541
- SEN 001 transducer voor windsnelheid- en richting
- SEN 015 transducer voor neerslaghoeveelheid

5.4 Resultaten

5.4.1 Metingen equivalent geluidniveau

In figuur 5.2 zijn de gemeten equivalente geluidniveaus voor elk uur weergegeven. Dit is het totale geluidniveau veroorzaakt door al het verkeer op beide rijbanen en als som van de geluidbijdragen van alle voertuigcategorieën.



Figuur 5.2 Meetresultaten equivalent geluidniveau, elke cirkel geeft een op uurbasis equivalent gemiddeld geluidniveau

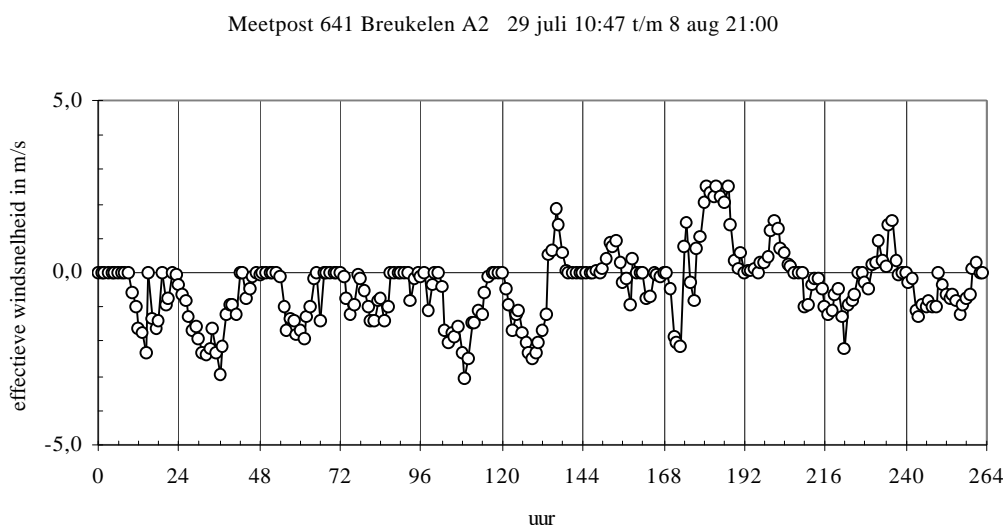
Uit figuur 5.2 blijkt duidelijk het dag- en nacht verloop van de geluidniveaus in samenhang met het verkeersaanbod op de verschillende uren. De hoogste geluidniveaus doen zich voor in de ochtend- en avondspits. De laagste niveaus zijn gemeten in de periode van 2 tot 4 uur in de nachtperiode.

5.4.2 Meteocondities

Naast het verloop van het geluidniveau is tevens op uurbasis de gemiddelde windsnelheid gemeten. Met betrekking tot geluid is daarbij 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 gedefinieerd:

$$eff.windsterkte = windsterkte \times \sin(\mathbf{j})$$

waarin \mathbf{j} de hoek is tussen de invalrichting en de verticaal (bij noordenwind geldt $\mathbf{j} = 0$ en bij westenwind geldt $\mathbf{j} = 90$). Het verloop van de effectieve windsnelheid is weergegeven in figuur 5.3. Negatieve waarden geven een tegenwindsituatie (oostenwind) aan.



Figuur 5.3: Effectieve windsnelheid, positieve waarden bij windrichting vanuit de weg naar de ontvanger

De eerste 5 dagen is overwegend sprake van een tegenwindsituatie(oostenwind, effectieve windsnelheid negatief). Daarna doen zich ook meewindsituaties voor.

5.4.3 Verkeersgegevens

De metingen kunnen niet tot een genormeerd emissiegetal worden herleid zonder dat 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 5.4 t/m 5.7 zijn de uurintensiteiten en rijnsnelheden voor de verschillende categorieën aangegeven:

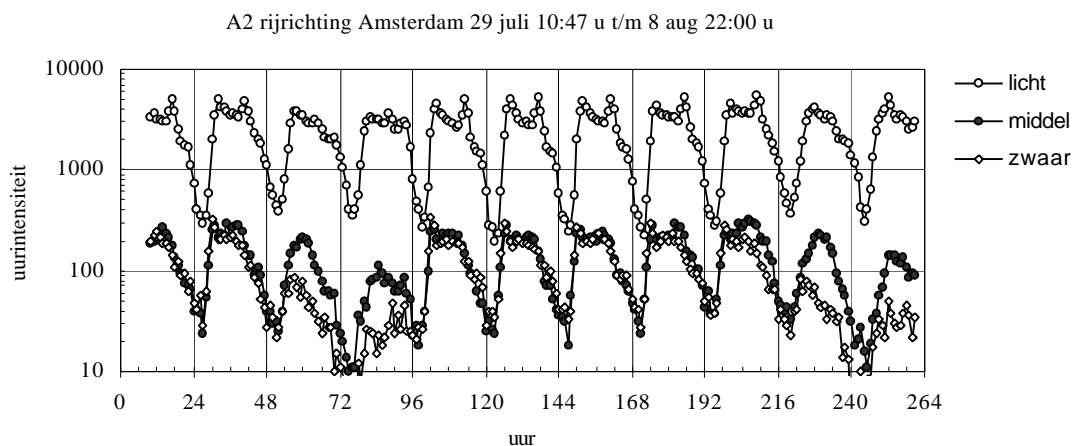


Fig 5.4 uurintensiteiten A2 Breukelen volgens opgave AVV

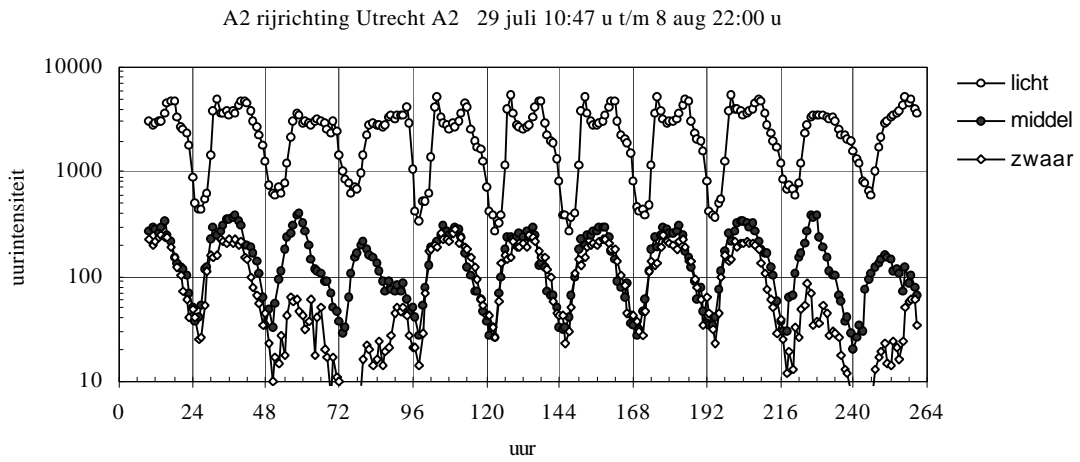


Fig 5.5 uurintensiteiten A2 Breukelen volgens opgave AVV

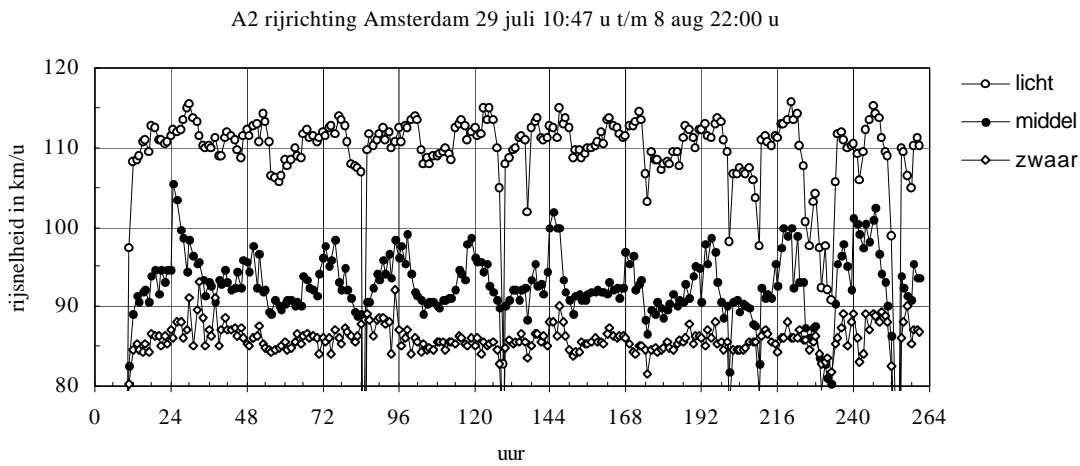


Fig 5.6 gemiddelde rijksnelheden (uurbasis) A2 Breukelen volgens opgave AVV

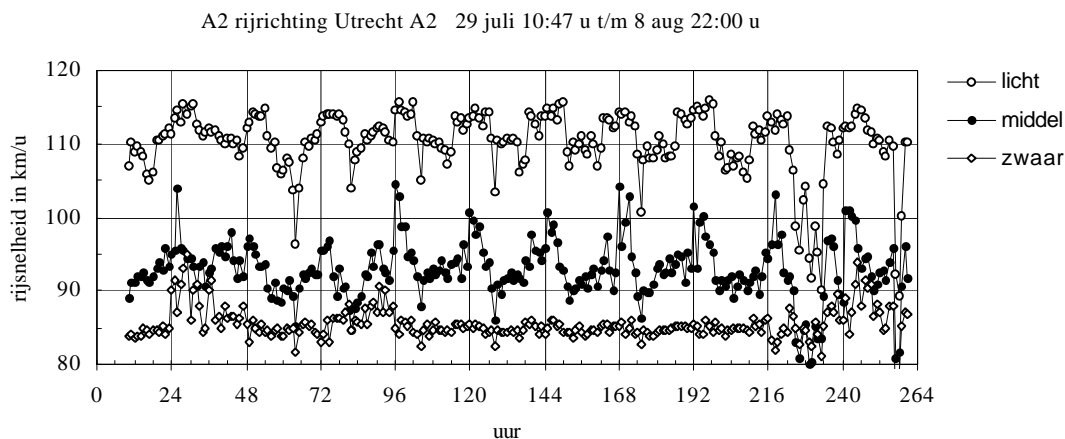


Fig 5.7 gemiddelde rijksnelheden (uurbasis) A2 Breukelen volgens opgave AVV

In tabel 5.1 zijn de gemiddelde rijksnelheden voor de verschillende voertuigcategorieën weergegeven:

Tabel 5.1 gemiddelde rijksnelheden in km/u over de gemeten periode

	Dag (7:00-19:00)			Avond (19:00-23:00)			Nacht(23:00-7:00)		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
29-jul	105	87	82	111	94	85	113	96	85
30-jul	111	94	88	110	94	87	113	97	89
31-jul	107	90	85	111	92	86	113	94	85
1-aug	108	89	85	111	94	88	113	95	86
2-aug	109	91	85	113	94	85	114	97	86
3-aug	108	90	84	113	94	86	113	96	85
4-aug	110	91	85	113	93	86	113	96	86
5-aug	108	91	84	113	94	86	113	95	85
6-aug	107	90	84	111	92	86	113	96	86
7-aug	100	85	85	111	96	87	113	96	85
8-aug	104	89	84	109	94	87	112	98	87
gem	107	90	85	111	94	86	113	96	86

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

Opvallend in de figuren is verder de aanwezigheid van abrupte snelheidsverminderingen (voorbeeld in de uren 84, 129, 234 rijrichting Amsterdam). Dit is geen uitval van meetapparatuur, maar moet worden toegeschreven aan filevorming.

5.5 Analyse

5.5.1 Vergelijking met LBV rekenmethode

In fig. 5.8 is een vergelijking gemaakt tussen de gemeten geluidniveaus en de geluidniveaus die op basis van de overdrachtsformules uit het LBV[4] en de verkeers- en snelheidsgegevens van de AVV zijn worden berekend. (De beide rijbanen zijn daarbij verdeeld over een zestal rijlijnen).

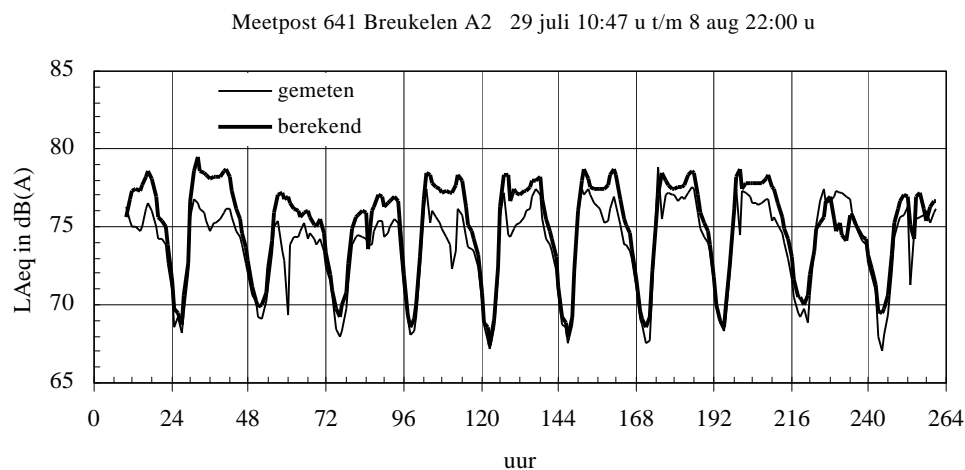


Fig 5.8 vergelijking gemeten- en berekende geluidbelasting

In het algemeen is de overeenkomst vrij goed. De standaarddeviatie over de totale meetperiode bedraagt 1,6 dB(A), hetgeen ook wel kan worden geëist van een adequaat model op korte afstand van de weg. (Op 100 m afstand zouden de verschillen zonder twijfel groter zijn). In de nachtperiode is de overeenkomst zeer goed. In deze periode is in verband met temperatuursinversie (temperatuurstoename met toename van de hoogte) meestal sprake van een “meewindconditie” in de zin dat de geluidsoverdracht van bron naar ontvanger dan eveneens optimaal is (zie textbox). Pieken in de ochtend- avondspits komen duidelijk tot uiting, zowel in de metingen als in de berekeningen. Bij de metingen is soms een sterke terugval van het LAeq te vinden die kan worden toegeschreven aan filevorming. De verschillen tussen de gemeten en berekende waarden zijn het grootst in de eerste 5 dagen (do 29 juli t/m di 2 aug.). Daarna komen zij vrijwel overeen. In dit verband is het aardig om ook de effectieve windrichting beoordeling te nemen; in fig 5.9 is het verschil tussen gemeten en berekende waarde samen met de effectieve windrichting aangegeven:

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 stralkromming, zoals in fig. 5.1 (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”

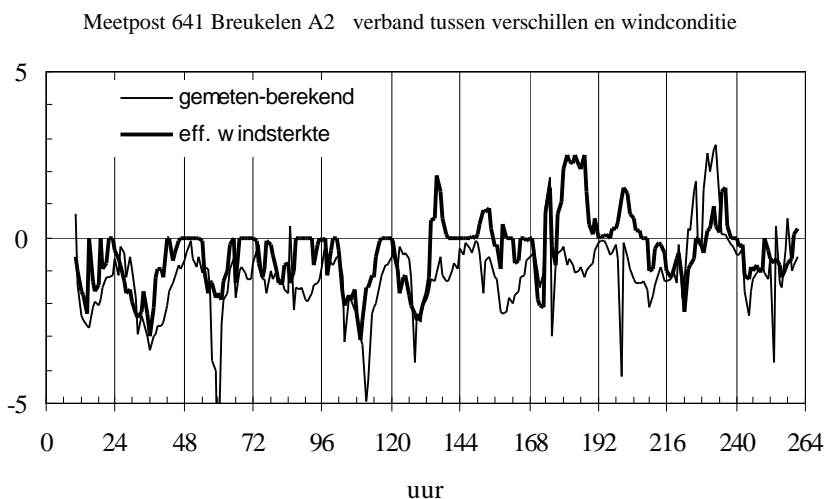


Fig 5.9 verband tussen meewindconditie en verschillen tussen meten en rekenen

Uit fig 5.9 blijkt duidelijk dat de modelberekening, waarin is uitgegaan van een meewindsituatie, de gemeten geluidniveaus enigszins overschat in tegenwindsituaties. De verschillen bedragen ca. 2,5 dB(A).

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. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5.2

Tabel 5.2: Overzicht gemeten en berekende 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
29-jul	74,4	76,3	1,9	75,7	77,3	1,6	71,6	72,5	0,9
30-jul	75,9	78,5	2,6	76,0	77,5	1,5	70,8	71,6	0,7
31-jul	74,1	76,3	2,2	75,2	76,4	1,2	70,8	71,7	0,9
1-aug	74,3	75,7	1,4	75,9	77,6	1,7	72,0	72,7	0,8
2-aug	75,2	77,7	2,5	75,2	76,8	1,6	71,2	71,8	0,6
3-aug	76,0	77,6	1,6	76,0	77,1	1,1	71,4	71,8	0,3
4-aug	76,6	78,0	1,4	75,7	77,3	1,6	71,6	71,8	0,2
5-aug	77,2	77,9	0,7	76,5	77,5	1,0	71,9	72,2	0,3
6-aug	76,6	78,0	1,3	76,0	77,5	1,5	70,6	71,8	1,2
7-aug	76,6	75,3	-1,3	76,4	76,2	-0,3	70,8	71,6	0,8
8-aug	75,1	76,0	0,9	75,8	77,2	1,4			
Gemid.	75,7	77,1	1,4	75,9	77,2	1,3	71,3	72,0	0,7

De verschillen tussen berekende en gemeten waarde zijn het kleinst in de nachtperiode, aan de “meewindsituatie” wordt in deze periode vaker voldaan dan in de dag- en avondperiode.

5.5.2 Bepaling van emissiegegevens door middel van regressieanalyse

Van belang voor het doelmatig registreren van emissies is de mogelijkheid om bij de gekozen methode onderscheid te kunnen maken naar voertuigcategorie. Het is voor het beleid immers interessant om na te gaan in hoeverre op emissiereductie gericht beleid voor de verschillende voertuigcategorieën effectief is. Indien men een beleid voorstaat waarbij bijvoorbeeld typekeuringseisen voor zware vrachtauto's worden aangescherpt is het gewenst de emissie van deze categorie afzonderlijk te kunnen meten. Bij de gekozen meetopstelling waarbij het geluid van de rijksweg door een meetpost continu wordt gemeten wordt echter altijd de geluidbelasting als totaal van alle voertuigcategorieën gemeten. Zonder aanvullende gegevens over de verkeersintensiteiten kan men uit de metingen dus 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. Op voorhand is echter niet duidelijk welke mate van betrouwbaarheid hierbij hoort en dit op aspect wordt dan ook nader ingegaan. Het regressiemodel wordt nader uiteengezet in de tekstbox aan het eind van dit hoofdstuk.

Uit de regressieanalyse (zie box 1 eind van dit hoofdstuk) zijn de volgende geluidvermogeniveaus uit tabel 5.3 bepaald:

Tabel 5.3 : Geluidvermogeniveaus op basis van metingen in dB(A)
ref. 10^{-12} W/m² met 95% betrouwbaarheids interval (zie box 1)

	Dag (7:00-19:00)	Avond (19:00-23:00)	Nacht (23:00-7:00)	Etmaal (0:00-24:00)
C1 Licht	105 ± 0,6	106,6 ± 0,2	106,8 ± 0,1	105,4 ± 0,5
C2 Middel	110,7 ± 2,4	107,6 ± 3,3	108,3 ± 1,7	106,7 ± 4,6
C3 Zwaar	109,8 ± 2,5	110,9 ± 1,5	113,4 ± 0,5	112,3 ± 1,6

Het valt op dat de bronvermogens van het lichte en het zware verkeer in de avond- en nachtperiode hoger zijn dan in de dagperiode. Verder zijn de betrouwbaarheidsmarges in de nachtperiode het kleinst. Vooral in deze periode lijkt het monitoren van geluidemissies door middel van het permanent meten van de geluidbelasting en het gelijktijdig registreren van het verkeersvolume en rijksnelheden goede perspectieven te bieden om de ontwikkeling van de geluidemissie van het verkeer structureel te monitoren. De onzekerheid is het grootst voor categorie C2 (vrachtauto's zonder aanhangwagen, zware bestelauto's, autobussen). Waarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat het onderscheid middelzwaar/zwaar vrachtverkeer in het akoestisch rekenvoorschrift (dat uitgaat van het aantal assen), niet altijd overeenstemt met die welke door de meetlus wordt gebruikt (met of zonder aanhangwagen). Zo zijn er zware vrachtauto's zonder aanhangwagen met meer dan drie assen die volgens het standaardrekenvoorschrift in categorie C3 moeten worden ingedeeld, maar die bij de telling in categorie C2 zijn ingedeeld.

5.6 Resumé

Uit de haalbaarheidsstudie blijkt dat berekende en gemeten waarden vrij goed overeenkomen. In het algemeen zijn iets hogere niveaus berekend dan gemeten. In de nachtperiode zijn de verschillen tussen de gemeten en de berekende geluidniveaus het kleinst. De verklaring is dat in deze periode als gevolg van temperatuursinversie in het algemeen beter wordt voldaan aan de “meewindconditie” (waarin in de berekeningen steeds vanuit is gegaan) dan in de avond- en nachtperiode. Verder blijkt dat de geluidemissies in de nachtperiode als gevolg van hogere rijsnelheden de hoogste waarde aannemen. De betrouwbaarheidsanalyse laat zien dat het monitoren van geluidemissies door middel van het permanent meten van de geluidbelasting en het gelijktijdig registreren van het verkeersvolume en rijsnelheden, met name in de nachtperiode voor het lichte en zware verkeer, goede perspectieven biedt om de ontwikkeling van de geluidemissie van het verkeer structureel te monitoren. In hoeverre de gevonden betrouwbaarheidsintervallen over langere perioden consistent zullen blijken en mogelijk nog kunnen worden verkleind zal door vervolgonderzoek kunnen worden vastgesteld. Aanbevolen wordt daarom de emissiemetingen, die in 1999 slechts over een relatief korte periode in de eerste week van augustus plaatsvonden, in het jaar 2000 over langere periode te continueren. Tevens zou dan ook een beter inzicht kunnen worden verkregen in allerlei praktische aspecten die bij het meten over langere periode aan de orde komen (bijvoorbeeld calibratie van meetapparatuur en efficiënt databeheer en analyse).

BOX 1: Regressieanalyse ter bepaling van emissies per categorie

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 :

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

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:

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

vervolg *BOX 1*

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:

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

In benadering volgt daarmee voor het geluidvermogeniveau L_W een betrouwbaarheidsinterval van :

$$dL_{W_{95,c}} \approx 10 \log \left(1 + \frac{dW_{95,c}}{W_c} \right)$$

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Het invoeren van een aantal vaste meetposten op strategisch goed gekozen locaties biedt de mogelijkheid een koppeling van brongegevens t.b.v. modelberekeningen met werkelijke geluidemissies tot stand te brengen. Daarmee wordt de waarde van het LBV -model (Landelijk Beeld Verstoring) als monitoringsinstrument vergroot, mits de emissies met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden gemeten. Groot voordeel van een permanent opererende meetpost is het feit dat geen veronderstellingen over samenstelling van het verkeer behoeven te worden gemaakt en dat in statistische zin voordeel wordt gehaald ten opzichte van een incidentele meting, die steeds onder een bepaalde weersomstandigheid en voor een beperkt aantal voertuigen wordt verricht.

De verkennende metingen langs de A2 ter hoogte van Breukelen tonen aan dat een permanent registerende meetpost in combinatie met het registreren van verkeersintensiteiten en snelheidsgegevens goede perspectieven biedt om de geluidemissies van voertuigen op snelwegen te monitoren. Voor het beoordelen van de effectiviteit van het overheidsbeleid inzake typekeuring van voertuigen is het belangrijk om bij het meten van emissies ook onderscheid per voertuigcategorie (licht, middelzwaar en zwaar verkeer) te kunnen maken. De verkennende metingen bij Breukelen laten zien dat door combinatie van de metingen met de volume- en snelheidsgegevens dit onderscheid kan worden gemaakt, met de kanttekening dat de onzekerheidsmarge daarbij met name voor het middelzware vrachtverkeer eigenlijk nog aan de hoge kant is. Voor personenauto's en het zware vrachtverkeer is de onzekerheidsmarge, vooral met betrekking tot de metingen in de nachtperiode (resp. 0,1 en 0,5 dB(A)), alleszins acceptabel en doet niet onder voor de onzekerheidsmarges die bij de gebruikelijke emissie -meetmethoden een rol spelen. Mogelijk dat deze onzekerheden nog kunnen worden verkleind door over een langere periode te meten.

6.2 Aanbevelingen

De relatief korte meetperiode 29 juli t/m 8 augustus 1999 heeft een aantal interessante resultaten opgeleverd, maar er spelen nog een aantal vragen waarover door metingen over een langere periode uit te voeren meer duidelijkheid kan komen. Dit zijn met name:

- Hoe consistent zijn de betrouwbaarheidsmarges wanneer de metingen over langere periode kunnen worden uitgevoerd;
- Hoe kan het databeheer en de analyse van gegevens over langere periode efficiënt worden gevoerd?
- Hoe vaak dient de meetapparatuur te worden gecalibreerd?
- Is het wenselijk en haalbaar om nog meer meetposten langs rijkswegen in te richten?

Om op deze vragen nader antwoord te verkrijgen wordt aanbevolen gedurende de periode 2000-2001 de LML metingen langs de A2 bij Breukelen te continueren en de gegevens over langere periode te monitoren.

Daarnaast kan in 2000 een aanzet worden gemaakt naar een inventarisatie van de mogelijkheid om ook voor andere bronnen een aantal permanente meetposten in te richten.

Te denken valt hierbij met name aan de luchtvaart en grote industrieterreinen. Gefaseerd ziet een opzet en eventuele uitbreiding van een meetnet voor het monitoren van geluidemissies er als volgt uit:

2000	2001	2002	2003
Verkennde metingen monitoring emissies rijkswegen/spoorwegen; 2 meetposten			
Evaluatie & Go/no go ⇒	Uitbreiding tot 3-5 permanente meetposten		
	Data acquisitie	Publicatie emissies MB 02	Publicatie emissies MB 03
	Verkennde metingen monitoring emissies overige bronnen (Luchtvaart, grote industrieterreinen)		
	Evaluatie & Go/no go ⇒	Uitbreiding tot 5-8 meetposten	Uitbreiding tot 8-10 meetposten

Met betrekking tot specifieke meetstudies ter validatie van overdrachtsberekeningen als bedoeld in optie 2 in hoofdstuk 2, wordt aanbevolen gebruik te maken van specifieke meetexpertise bij derden. Het gaat daarbij om wetenschappelijke kenniscentra van geluid als TNO-TPD en het NLR en een aantal gespecialiseerde adviesbureaus die de over specifieke meetervaring beschikken. Bij specifiek meetonderzoek kan met name gedacht worden aan metingen gericht op fysieke modelparameters ter ondersteuning van de modelontwikkeling. In tegenstelling tot permanente monitoring betreft dit steeds eenmalige meetexercities.

Literatuur

- [1] Nota “Modernisering Instrumentarium Geluidbeleid”; nota DGM, maart 1998.
- [2] VROM. Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaai, Den Haag: Staatsuitgeverij 1981
- [3] VROM. Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai, Den Haag: Staatsuitgeverij 1987
- [4] Naar een landelijk beeld van verstoring, VROM, publicatiereeks verstoring nr. 12, 1997

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 Nublicaties en Nederlandse Bibliografie
- 4 Drs. J.A.Verspoor - DGM
- 5 Drs. J. Swager- DGM
- 6 Ir. M. van den Berg- DGM
- 7 Mw. 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 Ir. P.C.M. Polak AVV-Rotterdam
- 14 J.H. de Roover AVV-Rotterdam
- 13 Ir. C. Padmos RWS-DWW
- 14 Ir. J. Mank RWS-DWW
- 15 Ir. J.J. van Ettinger RWS-ZH
- 16 Directie RIVM
- 17 Prof. Ir. N.D.van Egmond
- 18 Ir. F. Langeweg
- 19 Dr. Ir. D. Van Lith
- 20 Dr. Ir. E. Lebret
- 21 Mw. Dr. J.A. Hoekstra
- 22 Dr.B.J. M. Ale
- 23 Ir. W. van Duijvenbouden
- 24 Mw. Drs. B.A.M. Staatsen
- 25 Ir. R.A.W. Albers
- 26 Ir. H.S.M.A. Diedereren
- 27 Dr. A.van der Meulen
- 28 Ir. W..J.A. Mol
- 29 Drs. G.P.Van Wee
- 30 Drs. J.A. Annema
- 31 Drs. H.A. Nijland
- 32 Ir. A.G.M.Dassen
- 33 Ir. D.J.M. Houthuijs
- 34 Ing. C.J.M. Potma
- 35 Mw. Ing. E.M. van Putten
- 36 Dr. ir. P.H.M.Janssen
- 37 Dr. ir. A.L.M.Dekkers
- 38 Drs. W. Hoffmans
- 39 Auteur
- 40 SBD/Voorlichting & Public Relations
- 41 Bureau Rapportenregistratie
- 42 Bibliotheek RIVM
- 42-52 Bureau Rapportenbeheer reserveexemplaren