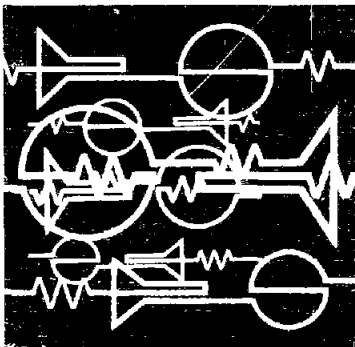


VL-HR-10-02

Geluidmetingen langs
proefvakken in Rijksweg
A-28

onderzoekprogramma
interdepartementale
commissie
geluidhinder



VERKEERS
LAWAAI

IEG

99B110-VL-HR-10-02/001

VL-HR-10-02

- Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg A-28
- Schallmessungen an Streckenabschnitten der Autobahn A28
- Noise measurement on test sections of the A28 motorway
- Mesure du bruit en bordure de sites expérimentaux sur l'autoroute A-28

BIBLIOTHEEK

Ministerie VROM

Dokter van der Stamstr. 2

2265 BC LEIDSCHENDAM

SIGN. : 9911 - VL - HR - 10 - 02

Tijd. HB-SIGN.:

Bestelnr. :

Invoernr. :

**INTERDEPARTEMENTALE
COMMISSIE
GELUIDHINDER**

1 Rapport nr. VL-HR-10-02	7 Archief nr.					
2 Sub-titel Rapport Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28	8 Datum Publicatie februari 1983					
3 Schrijver(s) ir. C.J.M. van Ruiten	9 Rapport nr. Instituut 122-828					
4 Uitvoerend Instituut, Naam Adres Technisch Fysische Dienst TNO-TH Stieltjesweg 1, Delft	10 Tijdschrift nr.					
	11 Opdracht nr.					
5 Opdrachtgever(s) Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat)	12 Rapporttype en periode Hoofdrapport 1979-1981					
6 Titel Onderzoekproject Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie.						
13 Samenvatting <p>Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken.</p> <p>Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten. Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën.</p> <p>Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald. Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.</p> <p>Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.</p> <p>De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.</p>						
14 Begeleidingscommissie <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%; border: none;"> mw. ir. A.G. de Vries ing. G.D. Westendorp de heer C.P.A. Verdoorn ir. L.C. Vos ing. H. Tuin ing. J. in 't Veld ir. A.J. ten Cate </td> <td style="width: 10%; border: none; text-align: center;">} V en W</td> <td style="width: 60%; border: none;"> ir. C.J. Padmos ir. L.J.M. Jacobs </td> <td style="width: 10%; border: none; text-align: center;">} V en M</td> </tr> </table>	mw. ir. A.G. de Vries ing. G.D. Westendorp de heer C.P.A. Verdoorn ir. L.C. Vos ing. H. Tuin ing. J. in 't Veld ir. A.J. ten Cate	} V en W	ir. C.J. Padmos ir. L.J.M. Jacobs	} V en M	15 Bijbehorende Rapporten Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28. Werkrapport nr. Instituut 022.828 d.d. 9 mei 1980	
	mw. ir. A.G. de Vries ing. G.D. Westendorp de heer C.P.A. Verdoorn ir. L.C. Vos ing. H. Tuin ing. J. in 't Veld ir. A.J. ten Cate	} V en W	ir. C.J. Padmos ir. L.J.M. Jacobs	} V en M		
16 Aantal blz. 51	17 Prijs f 10,-					

Voorwoord behorend bij het rapport "Geluidmetingen langs proefvakken in
rijksweg 28".

Als leidraad voor de bestrijding van geluidhinder door wegverkeer is bij het opstellen van de Wet Geluidhinder het model "bron-overdracht-ontvanger" gehanteerd. De tot nu toe uitgebrachte rapporten in "bron"-sfeer betreffen voornamelijk onderzoek naar het stiller maken van voertuigen.

Naast de motor levert de interactie tussen band en wegdek een aanzienlijke bijdrage aan de totale geluidproduktie.

Toen, om andere dan akoestische redenen, op rijksweg 28, een aantal verschillende verhardingstypen bij wijze van experiment werden aangelegd, is aan de Technisch Fysische Dienst TNO-TH opdracht gegeven geluidmetingen te verrichten, teneinde de invloed van de verschillende wegdekken op de geluidproduktie te bepalen.

Met nadruk wordt hier gewezen op het feit, dat eisen met betrekking tot stroefheid, gladheidsbestrijding, duurzaamheid e.d. mede de toepassingsmogelijkheden van een bepaalde type verharding bepalen.

Hierop wordt in het onderhavige rapport niet ingegaan.

De voorzitter van de subcommissie
Verkeerslawaai,



mr. N.R. van Ravesteyn.

Titel: Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg A-28.

Samenvatting

Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken.

Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten.

Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën.

Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's

is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald.

Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.

Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.

De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.

Titel: Schallmessungen an Streckenabschnitten der Autobahn A28.

Zusammenfassung

An vier Streckenabschnitten der Autobahn A-28 wurde die Lärmerzeugung durch Kraftfahrzeuge gemessen, um die Strassenbeläge im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Lärmerzeugung miteinander vergleichen zu können.

Im Abstand von 7,5 und 15 m wurden die von einzelnen Fahrzeugen im Verkehrsstrom erzeugten maximalen und äquivalenten Schallpegel gemessen. Dabei wurden mehrere Fahrzeugkategorien unterschieden. Bei einer Gruppe von Kraftfahrzeugen, die Speziell für diese Untersuchung eingesetzt wurden, wurde die Relation zwischen Motor- und Reifengeräusch bestimmt.

Dabei wurde auch untersucht, welchen Einfluss die Eigenschaften der Strassenbeläge, der Reifen und der Motoren auf die Lärmerzeugung haben.

Es zeigte sich, dass zwei Arten von Strassenbelägen sich aufgrund der Eigenschaften des Belagmaterials und infolge einer Oberflächenbehandlung vom Referenzbelag unterscheiden. Diese Unterschiede sind auch in grösserer Entfernung signifikant.

Title: Noise measurement on test sections of the A28 motorway.

Abstract

The noise from vehicles was measured on four test sections of the A28 in order to compare the road surfaces for their effect on the noise emission of vehicles.

The maximum and equivalent sound levels of individual vehicles in the general flow of traffic were measured at distances of 7.5 en 15 metres. Measurements were made with a number of different categories of vehicle.

The ratio between engine noise and rolling noise was determined in the case of a number of cars which only took part in this particular test. The influence of road surface, tyres and engine characteristics were also looked at.

Two road surfaces were shown to differ from the reference road surface as a result of material characteristics and surface treatment. The differences were also significant at a distance.

Titre: Mesure du bruit en bordure de sites expérimentaux sur
l'autoroute A-28.

Résumé

Le bruit des véhicules a été mesuré en bordure de quatre sites expérimentaux sur l'autoroute A-28 en vue d'une comparaison des différents types de revêtement en ce qui concerne les émissions sonores produites par les véhicules à moteur. Les niveaux sonores maximaux et équivalents ont été mesurés, pour chaque véhicule séparément, à une distance de 7,5 m et de 15 m de la route, une distinction ayant été faite en fonction des catégories de véhicules.

En outre, on a déterminé, pour un groupe de voitures circulant spécialement pour les besoins de l'étude, le rapport entre le bruit du moteur et le bruit de roulement. On a analysé à cette occasion les effets des caractéristiques du revêtement, des pneus et des moteurs.

Il est apparu que pour deux types de revêtement, les données s'écartent de celles du revêtement de référence en raison des caractéristiques des matériaux et du traitement du revêtement en surface. Les différences enregistrées sont évidentes, même à grande distance.



adres Stieltjesweg 1
postadres Postbus 155
2600 AD Delft
telefoon (015) 56 93 00
telex ~~XXXX~~ 38091

No.: 122.828
Afd.: Geluid
Behandeld: Ir C.J.M. van Ruiten

Datum: 27 februari 1981

RAPPORT

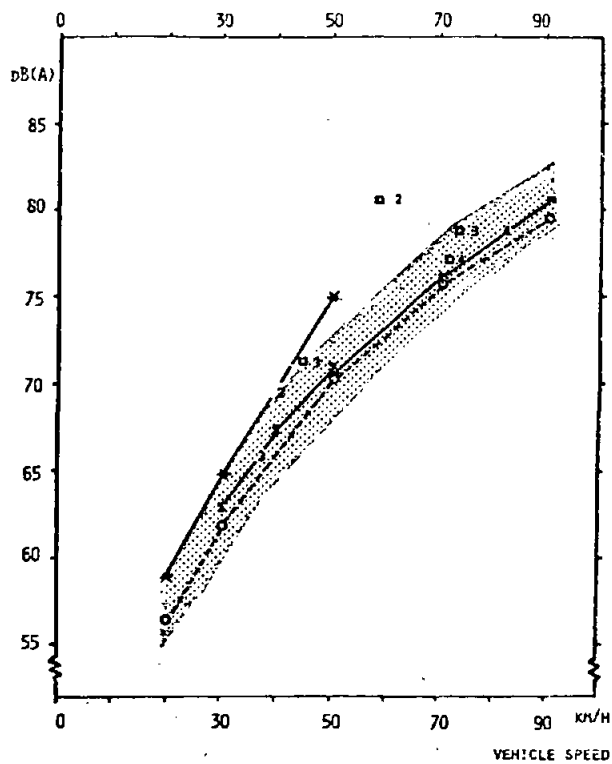
GELUIDMETINGEN LANGS PROEFVAKKEN
IN RIJKSWEG A28
- ICG-project VL 10 -

AAN

• Rijkswaterstaat, Directie Wegen
's-Gravenhage

INHOUD

	blz.
Samenvatting	
1. Inleiding	1
2. Literatuuronderzoek	1
3. Keuze van de meetplaatsen	5
4. Opzet van het onderzoek	7
5. Meetomstandigheden	11
6. Meet- en verwerkingsmethode	13
6.1 - Metingen	13
6.2 - Analyse	15
6.3 - Verwerking en opslag van de resultaten	17
7. Meetresultaten	17
8. Bespreking van de resultaten	27
8.1 Vergelijkbaarheid	27
. overdrachtverzwakking	27
. snelheid	27
. verkeerssamenstelling	29
. $L_{A,max}$ of L_{Aeq} ?	29
. betrouwbaarheid	31
8.2 Vergelijking van de geluidemissie bij de verschillende wegdekken	31
9. Opwekkingsmechanismen	33
10. Verhouding motor/rolgeluid	37
11. Relevantie van verschillen op grote afstanden	39
12. Conclusies	42
Literatuurlijst	45
Appendix A	46
B	47
C	48
D	49



Maximum sound levels from a Volvo 245 as a function of speed. Summer tires (Firestone 51 Cavallino). Dry road. A-weighted levels in fig 1,

- *—2—* Total vehicle noise at cruising (the numbers indicate the gear setting).
- D:O, maximum acceleration. Speed is the estimated speed at maximum sound level.
- - - - ○ Tire noise (vehicle noise when coasting).
- ▨ The shadowed part is the area below tire noise +3 dB. When total vehicle noise is in this area, it means that the tires are contributing more to total vehicle noise than all other sources together.

Figuur 1

De verhouding tussen rolgeluid en het totale maximale geluidniveau bij gebruik van verschillende versnellingen als funktie van de snelheid voor een personenauto. (Ontleend aan Sandberg [1])

1. INLEIDING

In het kader van het ICG-onderzoekproject VL10: "Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie" is een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een viertal wegdekken op de geluidemissie door motorvoertuigen op autosnelwegen.

In de noordelijke rijbaan van rijksweg A28 Zwolle-Amersfoort zijn proefvakken met verschillende wegdekken opgenomen waarbij per proefvak de geluidemissie vanwege op deze autosnelweg rijdend verkeer bepaald is.

De geluidmetingen zijn verricht aan afzonderlijke voertuigen uit het verkeer en aan een aantal speciaal voor dit onderzoek rijdende auto's van Rijkswaterstaat die ook met ontkoppelde en uitgeschakelde motor de meetplaatsen zijn gepasseerd.

Bij de verwerking van de ca. 300 passages per meetplaats zijn de voertuigen in vijf categorieën ingedeeld.

De proefvakken zijn vergeleken op basis van de per categorie gemiddelde tertsbandspectra: maximale geluidniveaus (L_{\max}) en equivalente geluidniveaus (L_{eq}) van de afzonderlijke passages.

Bovendien wordt voor een aantal verkeerssamenstellingen het L_{Aeq} voor ieder wegdek berekend.

2. LITERATUUROVERZICHT

Door het steeds stiller worden van de automotoren gaat het rolgeluid een belangrijker bron worden, zelfs bij snelheden lager dan 50 km/h. Voor de verkeerssituaties binnen de bebouwde kom blijkt het geluid t.g.v. band en wegdek een belangrijke bijdrage te leveren tot het verkeerslawaai van het moderne wagenpark (Sandberg [1]). In figuur 1 is de verhouding aangegeven tussen het rolgeluid en het totale geluidniveau bij verschillende bedrijfsomstandigheden van de motor.

Bij vrachtauto's is het belang van rolgeluid meer afhankelijk van belading en bedrijfsomstandigheid. Voornamelijk op autosnelwegen speelt het rolgeluid van deze categorie een rol (zie figuur 2).

De opwekkingsmechanismen die de geluidproductie veroorzaken zijn uitgebreid onderzocht (Heckl [2]).

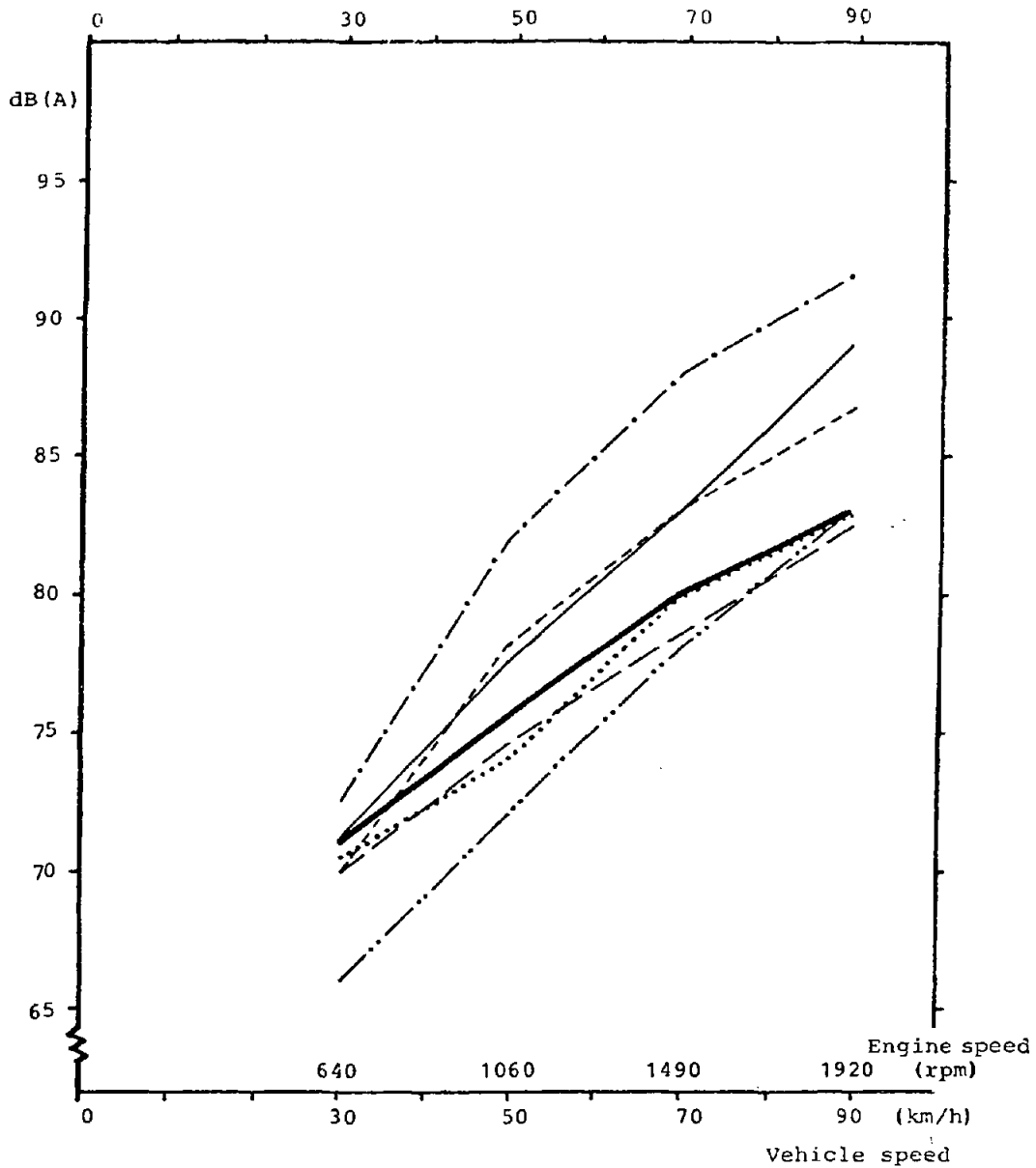


Fig 8. Tire noise (coasting) vs other vehicle noise (cruising, top gear with overdrive, 90 km/h = 1920 rpm) for Volvo G88 truck. Maximum sound levels. The level for "vehicle noise except tire noise" was calculated from differences between cruising and coasting levels. Reproduced from ref /4/.

—————	Vehicle noise except tire noise (mainly engine noise)	
— · · — · ·	Tire noise, rib tires. Unloaded. Bogie axle not used (2 axles)	(-" -)
.....	Tire noise, rib tires. Unloaded. Bogie axle active (3 axles)	(-" -)
— — — —	Tire noise, rib tires. Loaded.	(-" -)
— · — ·	Tire noise, cross-rib tires. Loaded.	(-" -)
— — — —	Tire noise, cross-rib tires. Unloaded.	(-" -)
— — — —	Tire noise, rib tires. Loaded. Trailer included.	(6 axles)

Figuur 2

Invloed van type band, belasting en snelheid op het maximale geluidniveau bij vrachtwagens (ontleend aan Sandberg.[1]).

De twee belangrijkste mechanismen in het contactvlak van band en wegdek zijn:

- trillingen in het bandoppervlak opgewekt door de ruwheid van het wegdek en het bandprofiel (Bergman [3]).
(Dit speelt een rol in het frequentiegebied tot ca. 800 Hz).
- Luchtdrukvariaties in de holten die opgesloten liggen tussen het bandprofiel en het wegoppervlak als gevolg van het in- en uitstromen van lucht (airpumping) of als gevolg van resonanties van de opgesloten lucht, aangestoten door tangentiële trillingen in de band (Nilsson [4]), ($f > 800$ Hz).

De parameters die bij banden een rol spelen in de geluidproductie zoals loopvlakprofiel, wielafmetingen, materiaaleigenschappen, rij-snelheid en belasting zijn door velen op overeenkomstige wijze onderzocht (Nilsson [5]).

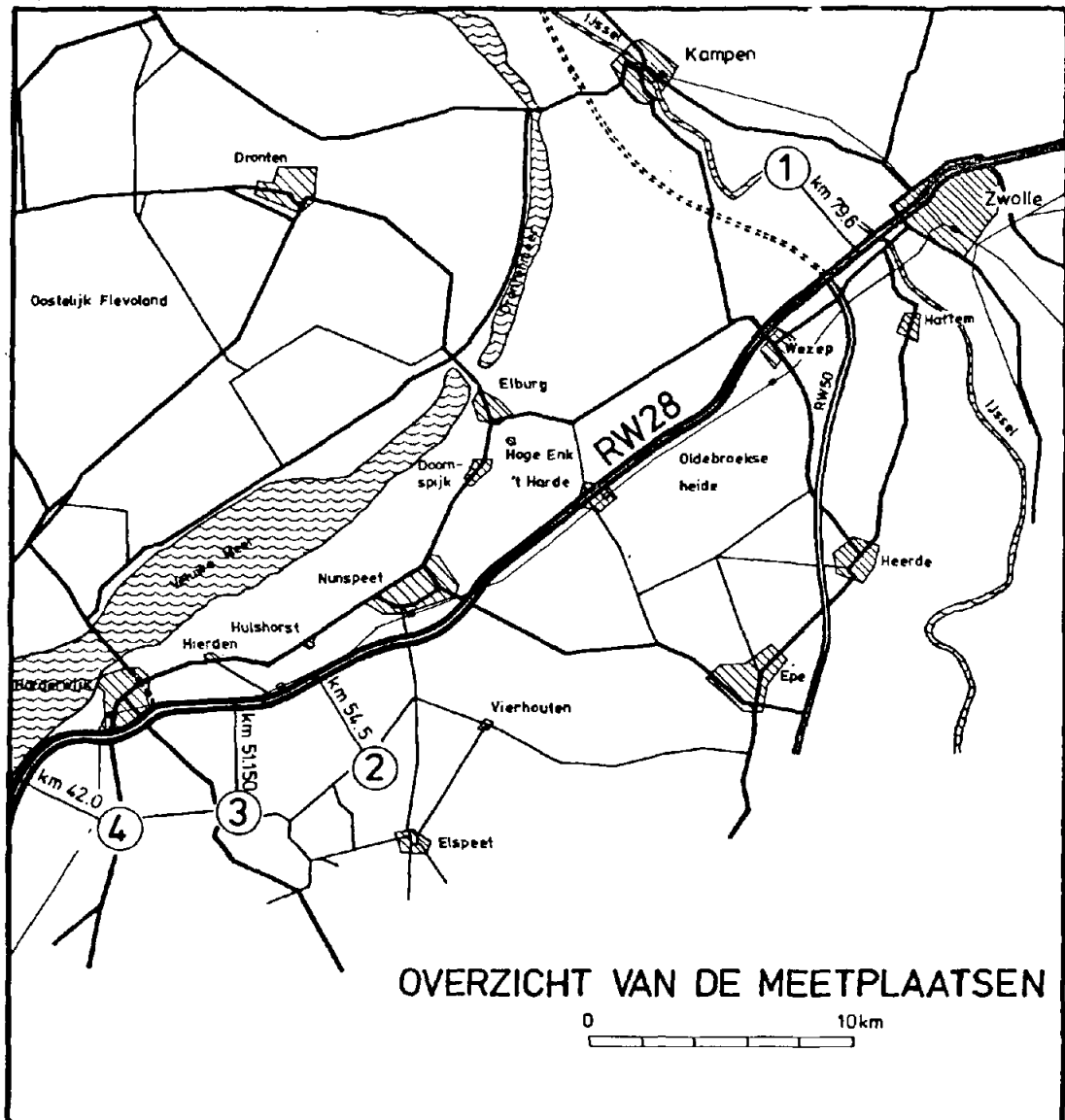
Als belangrijke wegdekparameters werden onderzocht: oppervlakte-structuur, geluidabsorptie, waterdoorlatendheid, mechanische impedantie en vochtigheid (U. Sandberg [6], [7]). De grote spreiding in de resultaten is voornamelijk het gevolg van het verschil in wegdek bij passagemetingen en verschil in gebruikte oppervlaktestructuur en meetmethode bij rollenbankmetingen.

De eisen voor een "stil wegdek" behoeven niet in strijd te zijn met de eisen voor een veilig wegdek. Afname van de geluidproductie wordt vaak ten onrechte geacht samen te gaan met vermindering van de stroefheid van het wegdek.

De oppervlakteruwheid van een wegdek wordt bepaald door kleine oneffenheden. In een zogenaamd ruwheidsspectrum komen de hoogten en de horizontale afmetingen van de oneffenheden tot uitdrukking. Onder microstructuur worden de golflengten tot 1 mm verstaan en de macrostructuur omvat golflengten van 1 tot 250 mm.

Sandberg en Descornet [8] geven een aantal aanwijzingen voor het ontwerpen van een stil wegdek:

- oppervlakteruwheden beperken tot golflengten kleiner dan 10 mm
- de ruwheid met golflengten kleiner dan 10 mm verlagen ten opzichte van de grotere golflengten.
- sterk verdichte groeven en gesloten holtes moeten vermeden worden.
- geluidabsorptie verhogen door toepassing van poreuze en open oppervlakken.



Figuur 3

Overzichtskaart met de aangegeven meetplaatsen langs Rijksweg A28.

Concluderend: een stil en veilig wegdek heeft een fijne oppervlakte-structuur, is poreus met een hoge waterdoorlatendheid.

3. KEUZE VAN DE MEETPLAATSEN

Het gekozen traject bevat proefvakken met geluidtechnisch interessante wegdekken. De proefvakken zijn op één weghelft gelegen zodat ieder meettraject door ongeveer dezelfde verkeersstroom bereiden wordt (zie figuur 3). Bij de keuze van de meetplaatsen is als algemeen uitgangspunt voor emissiemetingen gehanteerd dat de meetplaatsen zoveel mogelijk gelijk moeten zijn (op het wegdek na). Geëist werd dat bij elke meetplaats het wegdek op maaiveldhoogte ligt, de berm met gras begroeid is en er geen storende geluidreflekerende obstakels in de omgeving zijn (zie fig. 4). Op deze wijze worden de overdrachtsverschillen tussen de meetplaatsen zo klein mogelijk gehouden. Uit de resultaten zal blijken dat er niet geheel aan deze randvoorwaarden werd voldaan. Per proefvak is een wegstuk gezocht dat overeenkomt met een "gemiddeld" wegdek wat textuurdiepte, samenstelling en stroefheid betreft. Het wegstuk was vlak en vrij van slijtageplekken.

De verkeersintensiteit op de gehele weg bedraagt ca. 30000 vtg/dag.

De onderzochte wegdekken kunnen als volgt worden omschreven (zie ook tabel 1).

meetplaats 1: proefvak met zeer open asfaltbeton

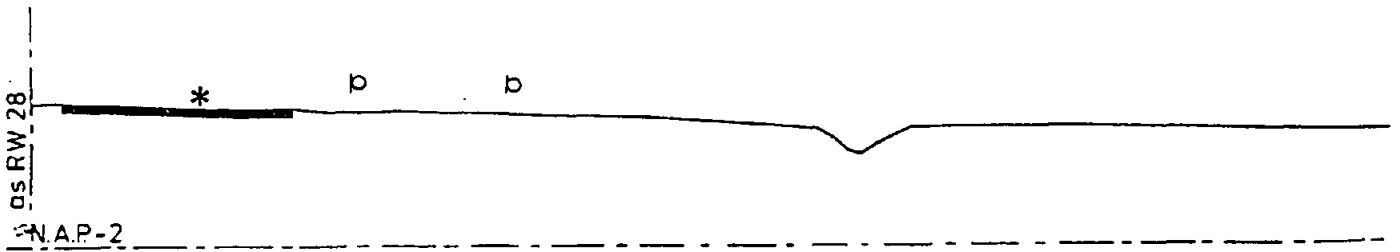
meetplaats 2: proefvak met gewapend cementbeton waarbij de oppervlakte-textuur m.b.v. een bezemmachine is aangebracht

meetplaats 3: proefvak met dicht asfaltbeton

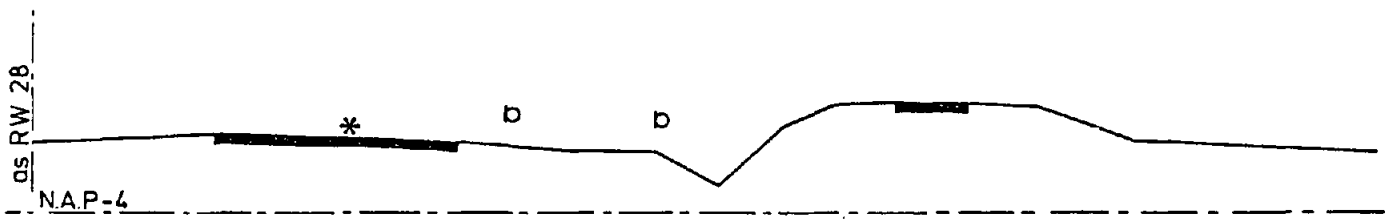
meetplaats 4: referentiemeetplaats met een referentie wegdek van het veelvuldig toegepaste grofdicht asfaltbeton.

De in tabel 1 opgegeven textuurdiepte is bepaald met behulp van de zandvlekproef. Bij wegdek 1 is deze methode echter niet relevant in verband met de zeer open structuur van de oppervlakte-laag.

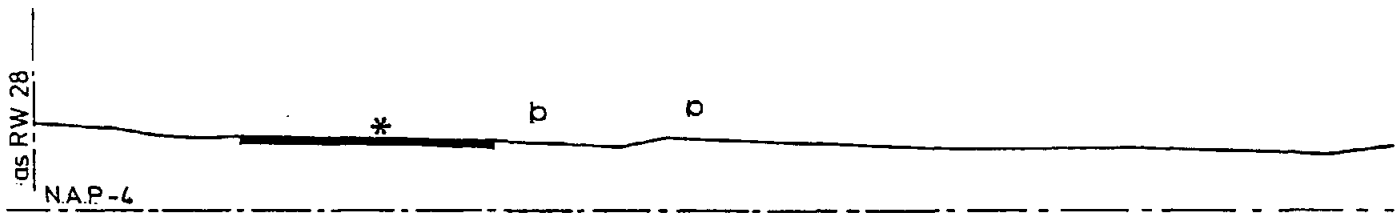
Andere wegdekeigenschappen zijn voor de geluidemissie van minder belang. Om aansluiting op eerder uitgevoerd emissie-onderzoek [11] te verkrijgen is gemeten op 7,5 en 15 m afstand uit het hart van de rechter rijstrook. De microfoons waren geplaatst op een hoogte van 1,5 m boven het plaatselijk maaiveld.



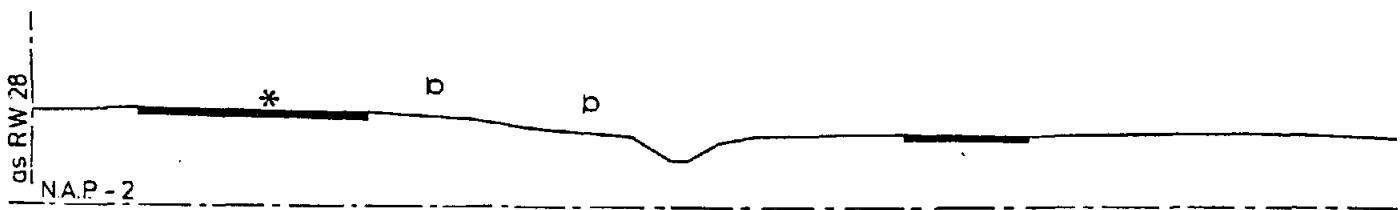
DWARSPROFIEL t.p.v. MEETPUNT 1
in km 79,600



DWARSPROFIEL t.p.v. MEETPUNT 2
in km 54,500



DWARSPROFIEL t.p.v. MEETPUNT 3
in km 51,150



DWARSPROFIEL t.p.v. MEETPUNT 4
in km 42,000

Figuur 4 : Dwarsprofielen in noordelijke rijbaan van Rijksweg A28

TABEL 1: Wegdekgegevens

meet- plaats	omschrijving wegdek	km	textuur- diepte	jaar- aanleg	opmerkingen
1	zeer open asfaltbeton	79,6	n.v.t.	1977	
2	gewapend cementbeton	54,5	0,9 mm	1977	gebezemd
3	dicht asfaltbeton	51,15	0,7 mm	1978	
4	grofdicht asfaltbeton	42,0	0,53 mm	1975	referentie wegdek

4. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Om onafhankelijk van de verkeerssamenstelling de emissie-verschillen tussen de wegdekken te kunnen bepalen, is gekozen voor geluidmeting aan afzonderlijke voertuigen. Dit betekent dat gemeten moet worden bij een zodanig lage verkeersintensiteit, dat auto's op de betreffende baan minimaal 200 m van elkaar verwijderd zijn en dat geen stoorgeluid van tegemoetkomend verkeer wordt gemeten. Gewenst leek een verkeersintensiteit van minder dan 200 vtg/h.

Omdat de invloed van het wegdek op de totale geluidemissie door een voertuig afhangt van de verhouding tussen motorgeluid en rolgeluid moest bij de verwerking onderscheid worden gemaakt tussen personenauto's en vrachtwagens. Het rolgeluid, dat wordt gemeten bij ontkoppelde en uitgeschakelde motor, omvat het geluid opgewekt door banden en wegdek, overbrengingen, afstraling van de carrosserie en het rammelen van de lading bij vrachtwagens. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat bij hoge snelheden aerodynamisch geluid een rol kan spelen. Wij hebben geen indicatie van het belang van deze geluidbron.

Onder het motorgeluid wordt verstaan: het geluid dat afkomstig is van de motor, uitlaat, koelsysteem en overbrenging. In dit onderzoek is bij vrachtwagens niet het onderscheid gemaakt tussen lichte en zware vrachtwagens zoals dit in het ICG-project VL1 [11] op basis van de geluidemissie is gedaan. Dit is het gevolg van het praktische probleem om de verschillende typen vrachtwagens in het donker te kunnen onderscheiden.

Om de verhouding tussen motorgeluid en rolgeluid te kunnen bepalen heeft de directie van Rijkswaterstaat Gelderland 15 medewerkers met hun personenauto's ingeschakeld om speciaal voor dit onderzoek te rijden. Deze auto's zijn alle meetplaatsen minimaal 3 maal gepasseerd onder normale rij-omstandigheden en 3 maal met ontkoppelde en gestopte motor.

Naar aanleiding van het bovenstaande zijn de voertuigen in 5 categorieën ingedeeld:

1. vrachtwagens, zowel licht als zwaar verkeer
2. personenauto's, waaronder ook bestelwagens
3. auto's van Rijkswaterstaat-medewerkers met motor aan
4. auto's van Rijkswaterstaat-medewerkers met ontkoppelde en gestopte motor
5. diverse voertuigen zoals auto's op linker rijstrook, personenauto's met aanhanger enz.

Bij de metingen zijn op iedere meetplaats naast het geluid ook zoveel als mogelijk bleek, de snelheid en de lengte van het passerende voertuig geregistreerd. Bovendien werd gesproken commentaar over de passerende auto, ten aanzien van soort, merk, kleur, kenteken en verdere bijzonderheden, tijdens de meting geregistreerd. Voor de analyse van de metingen is een computerprogramma ontwikkeld dat van iedere passage de volgende spectra bepaalt:

- L_{max} ; het geluidsspectrum als het totale A-gewogen geluidniveau maximaal is (dit is ongeveer het moment dat het voertuig de microfoon passeert). Hierbij geldt de eis dat het geluidniveau rond het maximum minimaal 3 dB moet afnemen voor een betrouwbaar maximum niveau.
- $L_{B,max}$; het maximum niveau in elke frequentieband dat tijdens de passage optreedt.
- L_{eq} ; het equivalente geluidsspectrum van de passage gedurende maximaal 10 seconden of zolang de meting niet gestoord wordt door andere voertuigen. Hierbij wordt de eis voor een betrouwbaar L_{eq} gehanteerd dat de afname van het niveau rond het maximum groter dan 10 dB moet zijn.

De emissie-verschillen tussen de wegdekken worden per categorie en per meetplaats bepaald uit de gemiddelde spectra, waarbij de vergelijkbaarheid wordt gecontroleerd aan de hand van de gemiddelde rij-snelheid.

Als de overdrachtverzwakking bij alle meetplaatsen nagenoeg gelijk is geweest dan komt de nauwkeurigheid overeen met die van de directe meetmethode, waarbij het emissieverschil per individueel voertuig wordt bepaald (zie TPD-rapport 722-743 [10]).

Met behulp van deze resultaten is het mogelijk het L_{Aeq} bij de verschillende wegdekken voor elke willekeurige verkeerssamenstelling te bepalen.

Voor de RWS-auto's worden bovendien emissieverschillen per voertuig bepaald.

De verwerking en opslag van de resultaten is geheel uitgevoerd met behulp van een computersysteem. Hierbij is een aantal controles ingebouwd.

5. MEETOMSTANDIGHEDEN

De metingen zijn uitgevoerd in de nacht van 4 op 5 oktober 1979 van 23.00 tot 05.30. Tussen 23.30 en 05.00 uur was de verkeersintensiteit voldoende laag om afzonderlijke voertuigen te kunnen meten. Tijdens de metingen was het wegdek droog en was er nagenoeg geen wind; de relatieve vochtigheid van de lucht bedroeg ca. 80% bij een temperatuur van 16°C.

De gegevens van de RWS-auto's, zoals autotype, cylinderinhoud en type autoband met de gemiddelde profioldiepte zijn in tabel 2 weergegeven. Deze gegevens kunnen mogelijk van invloed zijn op de geluidemissie.

Het betrof hier in alle gevallen radiaalbanden.

Iedere proefauto was gevraagd de vier meetplaatsen zowel met ingeschakelde motor als met ontkoppelde en gestopte motor te passeren met een snelheid van ca. 100 km/h. De plaatsen van stoppen en starten van de motor werden aangegeven d.m.v. pylonen op de vluchstrook 100 m voor en 100 m na de microfoonpositie. Bij de metingen is een aantal proefauto's gesignaleerd dat met ontkoppelde maar niet met gestopte motor passeerde.

TABEL 2 : Gegevens van de proefauto's van Rijkswaterstaat

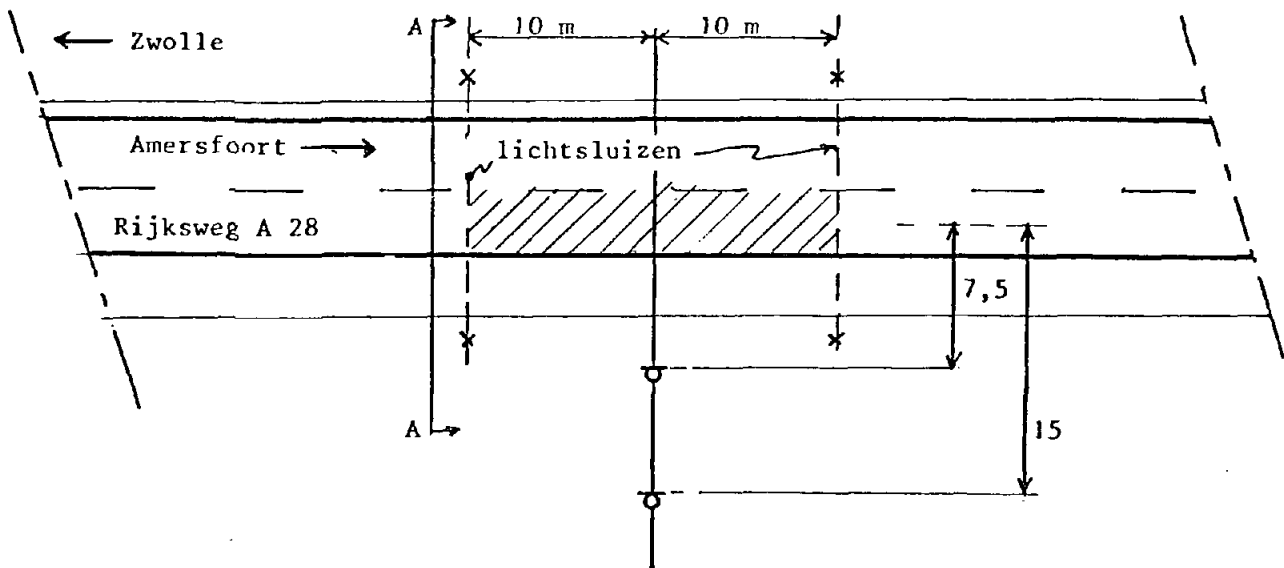
RWS no.	merk	type	kleur	cylinder inhoud	band type	profiel diepte
1	Citroën	GS-break	geel	1130 cc	145 SR 15	6 mm
2	VW	Polo	l.groen	1100 cc	145 SR 13	7,5 mm
3	Renault	16 TX	bruin	1649 cc	165 SR 14	5,5 mm
4	Simca	Horizon	bruin	1500 cc	145 SR 13	6,5 mm
5	Alfa Romeo	Alfetta	rood	1600 cc	185 SR 14	7 mm
6	Renault	4 TL	geel	845 cc	135 SR 13	5 mm
7	VW	Golf	groen	1100 cc	145 SR 13	5,5 mm
8	VW	Golf Sprinter	groen	1300 cc	175 SR 13	8 mm
9	Ford	Escort	d.bruin	1100 cc	145 SR 12	6,5 mm
10	Citroën	GS break	beige	1100 cc	145 SR 15	1,5/3mm
11	Ford	Fiësta	grijs	1300 cc	155 SR 12	6,5 mm
12	Renault	4 GTL	rood	1100 cc	135 SR 13	7 mm
13	Citroën	GS-break	rood	1130 cc	145 SR 15	5 mm
14	Citroën	GS	beige	1000 cc	145 SR 15	5 mm
15	Toyota	1000	rood	1000 cc	145 SR 13	6 mm

6. MEET- EN VERWERKINGSMETHODE

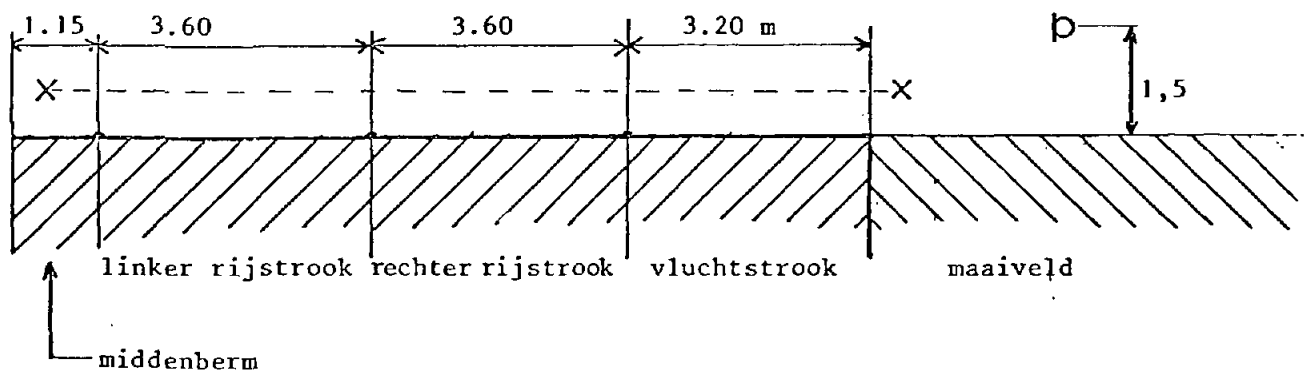
6.1 Metingen

Bij de metingen is gebruik gemaakt van $\frac{1}{2}$ "-electreetmicrofoons van het fabrikaat GenRad, type 1962-9602 en Brüel & Kjaer type 4165 met bijbehorende voorversterkers van het fabrikaat GenRad, type 1560-P42. Op meetplaats 4 zijn 1"-electreetmicrofoons type 1961-9600 en 9601 gebruikt. De afgegeven signalen zijn vastgelegd op magneetband met behulp van tweekanaalsrecorders fabrikaat Kudelski, type Nagra IV SJ. De absolute gevoeligheid van ieder meetkanaal werd bepaald met een akoestische niveau-ijkbron van Brüel & Kjaer, type 4230.

De frequentie-karakteristiek van de meetketen werd bepaald met rose ruis van een ruisijkbron van eigen fabrikaat.



Doorsnede A-A:



Figuur 5: Situatie bij de meetplaatsen langs de proefvakken in de noordelijke rijbaan van rijksweg A 28.

De snelheid en de lengte zijn bepaald met behulp van zogenaamde lichtsluizen bestaande uit twee infrarood schijnwerpers en twee fotocellen (zie fig. 5). De fotocellen worden via een 40 Hz-laagdoorlaatfilter en de commentaarmicrofoon via een 400 Hz-hoogdoorlaatfilter op de recorderingang aangesloten.

Op twee meetplaatsen (1 en 4) zijn alleen de rijsnelheden gemeten met een radarsnelheidsmeter.

6.2 Analyse

De geluidopnamen zijn geanalyseerd met behulp van een frequentie-analysator van Brüel & Kjaer, type 2131, gekoppeld aan een rekenautomaat van het fabriekaats Hewlett & Packard, type 9825 A met randapparatuur.

In een voor dit doel ontwikkeld computerprogramma werden van elke passage 20 spectra bepaald met een frequentie van 2 spectra per seconde bij een lineaire middeling met een integratietijd van 1/2 s. De triggering is zodanig uitgevoerd dat het 10e spectrum wordt bepaald rond het moment dat het voertuig de microfoon passeert.

De verwerking van deze 20 spectra tot de gewenste tertsbandspectra is in het meetrapport [9] uitgebreider beschreven. Het programma controleert de aanwezigheid van stoorgeluid t.g.v. andere voertuigen en voert een correctie hiervoor uit op het maximale geluidniveau. Het maximale geluidniveau per tertsband wordt slechts bepaald als de afname van het niveau rond het maximum groter dan 3 dB is. Voor de bepaling van het L_{eq} per tertsband geldt de eis voor een minimale afname van 10 dB. Het L_{eq} wordt bepaald uit de 20 spectra volgens:

$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int \frac{p_i^2}{p_o^2} dt \right) = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_i \frac{\overline{p_i^2}}{p_o^2} \Delta t \right)$$

waarin:

p_i = geluiddruk in de beschouwde frequentieband van het spectrum dat in het i-de interval van een 0,5 s werd gemeten,

p_o = referentie geluiddruk

T = periode waarover het L_{eq} bepaald wordt [s]

Δt = 0,5 s, integratietijd waarmee p_i bepaald is

TABEL 3a: Overzicht van maximale geluidniveaus in dB(A) met de bijbehorende gemiddelde rijsnelheid

meet- plaats	afstand (m)	categorie							
		vrachtwagens		pers.auto's		RWS		RWS-rolgeluid	
		L _{max} dB(A)	v km/h	L _{max} dB(A)	v km/h	L _{max} dB(A)	v km/h	L _{max} dB(A)	v km/h
1	7,5	84,8		77,0		74,4		71,7	
	15	77,7	81	70,6	108	67,8	99	64,5	95
2	7,5	88,1		83,0		79,7		78,5	
	15	80,5	86	76,6	110	73,2	93	72,2	91
3	7,5	86,1		81,2		77,9		75,0	
	15	80,2	89	74,2	112	70,7	99	67,7	91
4	7,5	87,5		80,4		75,9		74,2	
	15	77,7	92	72,4	110	68,1	97	66,3	90

TABEL 3b: Overzicht van de equivalente geluidniveaus in dB(A)

meet- plaats	afstand (m)	categorie							
		vrachtwagens		pers.auto's		RWS		RWS-rolgeluid	
		L _{Aeq} dB(A)	v km/h	L _{Aeq} dB(A)	v km/h	L _{Aeq} dB(A)	v km/h	L _{Aeq} dB(A)	v km/h
1	7,5	79,8		71,4		69,3		66,7	
	15	74,4	81	66,9	108	64,6	99	61,5	95
2	7,5	83,2		78,3		75,5		74,4	
	15	77,5	86	73,2	110	70,8	93	69,2	91
3	7,5	82,0		76,1		73,3		70,7	
	15	77,3	89	70,5	112	67,6	99	65,0	91
4	7,5	82,8		75,9		72,3		70,8	
	15	74,7	92	69,0	110	65,7	97	64,0	90
gemiddelde aan- tal passages		80		130		35		30	

Het L_{eq} voor 1000 vtg/h wordt gevonden met:

$$L'_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{3,6} \cdot \frac{0,5}{T} \sum_i \overline{p_i^2} / p_o^2 \right)$$

6.3 Verwerking en opslag van de resultaten

Als meetresultaten afkomstig van het analyseprogramma zijn per passage de volgende A-gewogen tertsbandspectra op datacassette opgeslagen: de 20 ingelezen spectra van iedere passage, L_{max} , $L_{B,max}$, en L_{eq} (zie appendix 1).

Verder zijn alle gegevens m.b.t. het betreffende voertuig opgeslagen zoals metingnummer, plaats van opslag, categorie, snelheid, lengte (alleen van vrachtwagens), nummer van de RWS-auto's en beschrijving van het voertuig (zie appendix 2).

Bij de verwerking van de resultaten van de afzonderlijke voertuigen tot een gemiddelde per meetplaats en per categorie zijn aan de hand van een ranglijst van $L_{A,max}(7,5)$ o.a. controles op de invoergegevens uitgevoerd ten aanzien van de juiste categorie, het al dan niet draaien van de motor, de invloed van de rijsnelheid enz. (zie appendix 3).

Het middelingsprogramma bepaalt per frequentieband het energetisch gemiddelde van L_{max} en L_{eq} en geeft daarbij de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen van dit gemiddelde op.

Bovendien worden de extreme waarden en het aantal bij de middeling betrokken waarden gegeven (zie appendix 4).

De opgegeven extremen maken een extra controle op de meetresultaten mogelijk.

7. MEETRESULTATEN

De gemiddelde spectra L_{max} en L_{eq} zijn per categorie en per meetplaats in tabelvorm en in grafiekvorm weergegeven in het meetrapport [9].

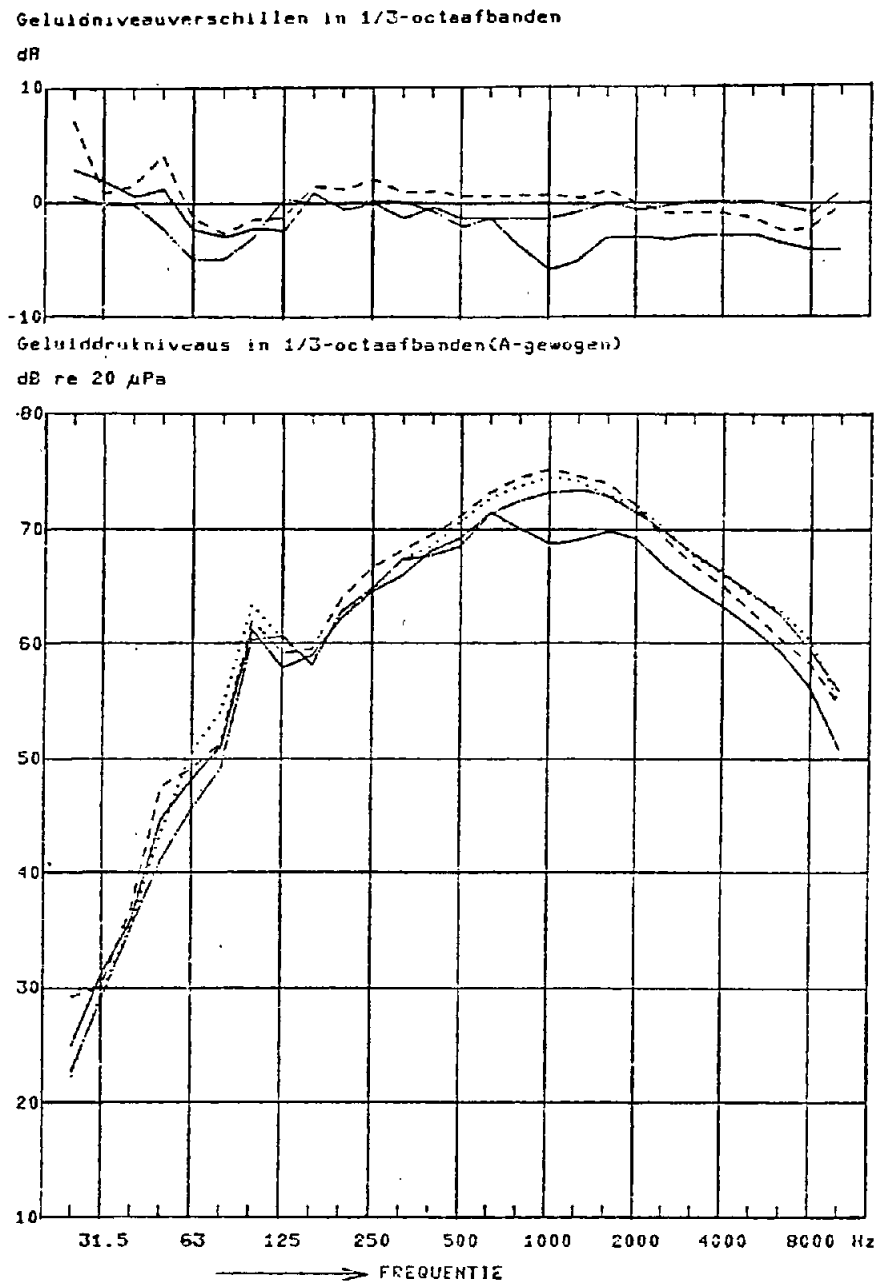
Hier beperken wij ons tot die meetgegevens die voor vergelijking en interpretatie van de resultaten van belang zijn.

In tabel 3 zijn alle gemiddelde geluidniveaus gegeven met de bijbehorende gemiddelde snelheden.

Tabel 4 geeft een overzicht van de maximale geluidniveaus gemeten bij de individuele passages van de RWS-auto's die gebruikt zullen worden voor de bepaling van de verhouding tussen de sterkten van motorgeluid en rolgeluid.

De invloed van de verschillende wegdekken op het spectrum van L_{eq} van de 4 categoriën volgt uit de figuren 6 tot en met 9. Hierin zijn de gemiddelde spectrā van L_{eq} , gemeten op 7,5 m afstand, van de vier verschillende wegdekken in één grafiek geplaatst. Bovendien zijn de verschillende spectra t.o.v. het referentiewegdek 4 gegeven.

In de volgende hoofdstukken wordt de vergelijkbaarheid van deze resultaten gecontroleerd voor wat betreft snelheid, overdrachtverzwakking, verkeerssamenstelling en rijgedrag.

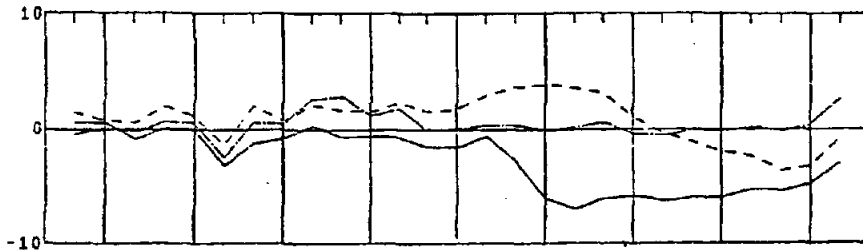


Figuur: 6 Gemiddelde spectra van afzonderlijke voertuigen
 gemeten langs rijtsweg A28
 Leq 7,5; categorie 1 (vrachtwagens)

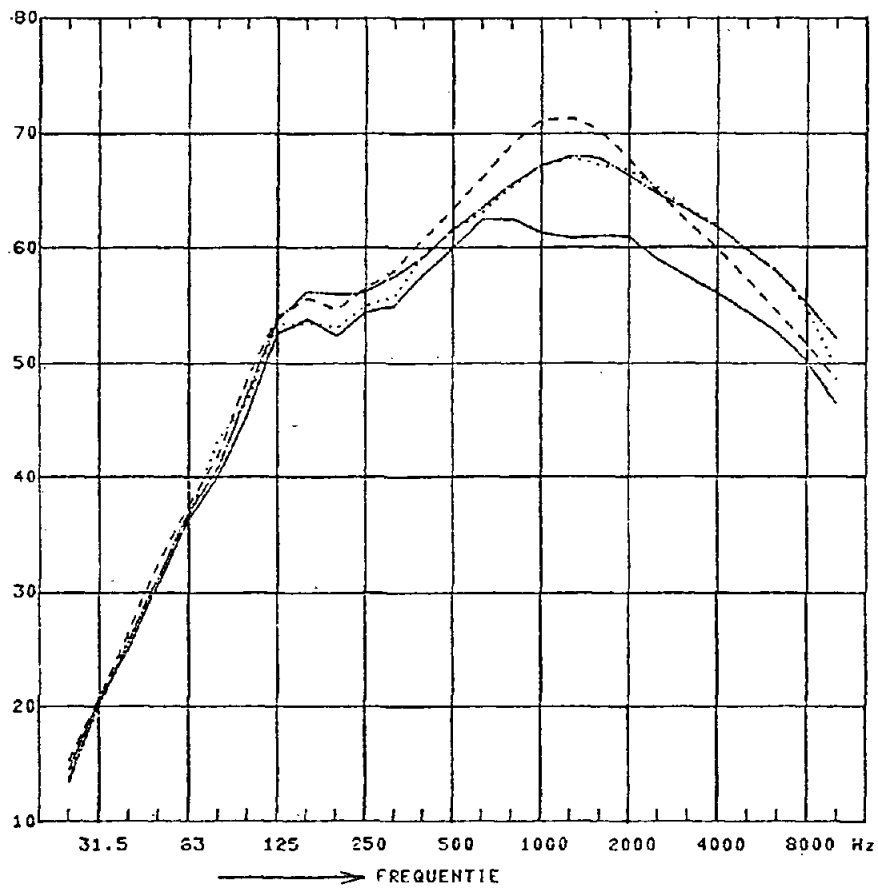
—————	meting 10311 meetplaats 1	79.3 dB(A)
- - - - -	meting 10321 meetplaats 2	83.2 dB(A)
—————	meting 10331 meetplaats 3	82.0 dB(A)
.....	meting 10341 meetplaats 4	82.8 dB(A)

Geluidniveauverschillen in 1/3-octaaftanden

dB

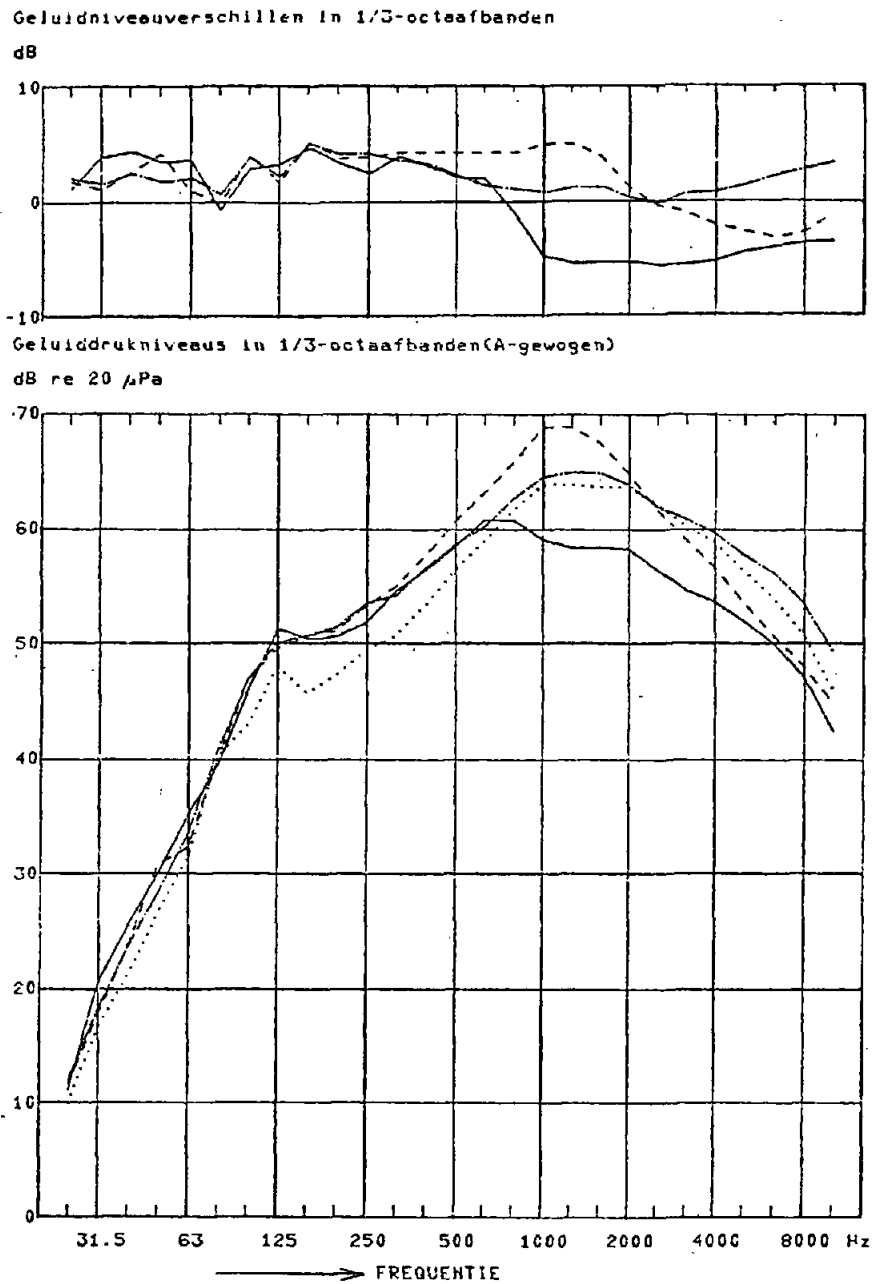


Geluiddruk-niveaus in 1/3-octaaftanden(A-gewogen)

dB, re 20 μ Pa

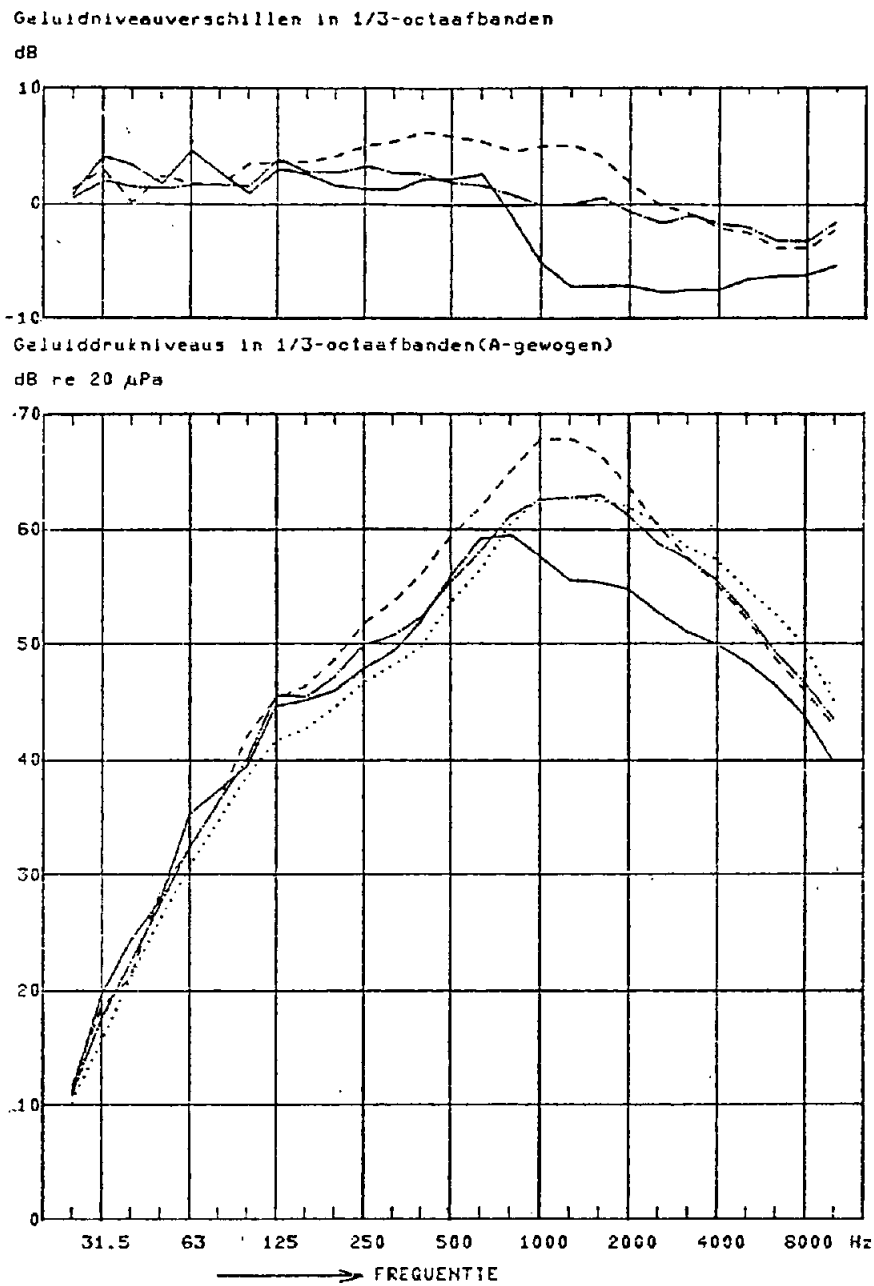
Figuur 7 Gemiddelde spectra van afzonderlijke voertuigen
 gemeten langs rijksweg A28
 Leq 7,5; categorie 2 (personenauto's)

—————	meting 10312 meetplaats 1	71.4 dB(A)
- - - - -	meting 10322 meetplaats 2	78.3 dB(A)
—————	meting 10332 meetplaats 3	76.1 dB(A)
.....	meting 10342 meetplaats 4	75.9 dB(A)



Figuur: 8 Gemiddelde spectra van afzonderlijke voertuigen
gemeten langs rijksweg A28
Leq 7,5; categorie 3 (RWS)

—————	meting 10313 meetplaats 1	69.3 dB(A)
- - - - -	meting 10323 meetplaats 2	75.5 dB(A)
—————	meting 10333 meetplaats 3	73.3 dB(A)
.....	meting 10343 meetplaats 4	72.3 dB(A)



Figuur. 9 Gemiddelde spectra van afzonderlijke voertuigen
gemeten langs rijksweg A28
Leq 7,5; categorie 4 (RWS-rolgeluid)

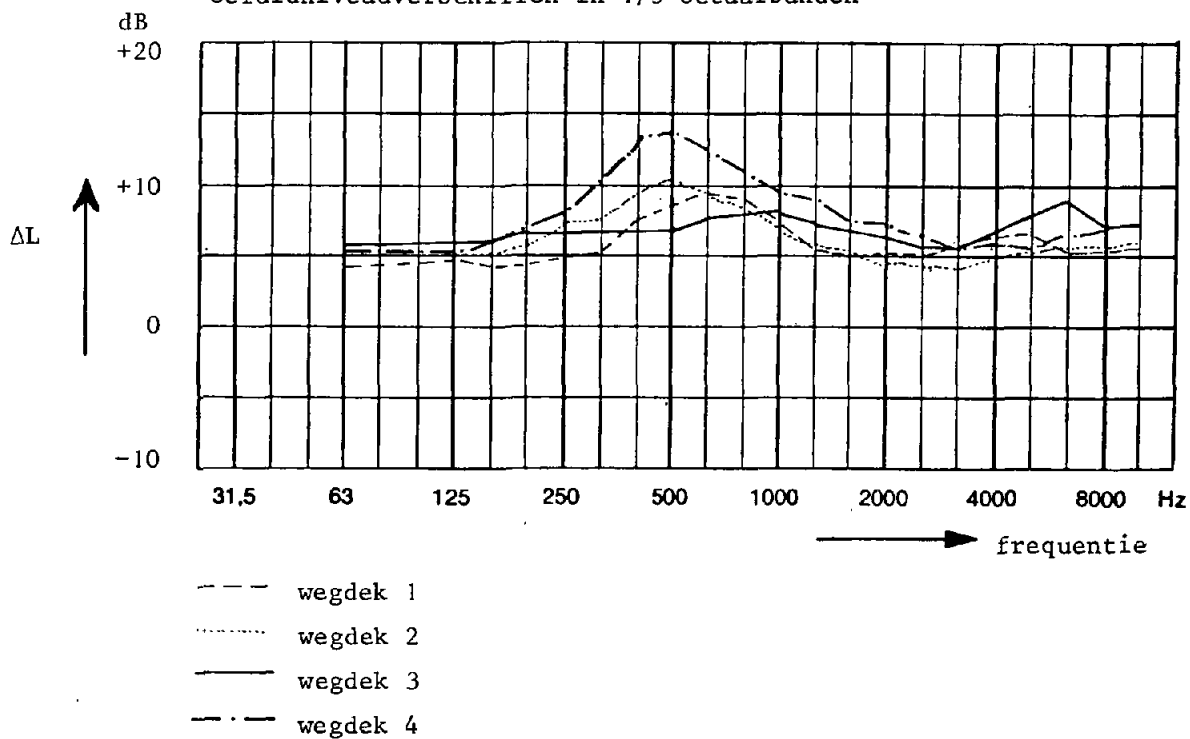
—————	meting 10314 meetplaats 1	66,7 dB(A)
- - - - -	meting 10324 meetplaats 2	74,4 dB(A)
—————	meting 10334 meetplaats 3	70,7 dB(A)
.....	meting 10344 meetplaats 4	70,8 dB(A)

Tabel 5: Gemiddelde verschillen tussen de geluidniveaus gemeten op 7,5 en 15 m afstand

$$\Delta L = L_{7,5} - L_{15}$$

meet- plaats	$L_{7,5} - L_{15}$	categorie			
		1	2	3	4
1	ΔL_{\max}	7	6,5	7	7
	ΔL_{eq}	5	5	5	5,5
2	ΔL_{\max}	7,5	6,5	6,5	6,5
	ΔL_{eq}	5,5	5	5	5
3	ΔL_{\max}	6	7	7	7
	ΔL_{eq}	5	5,5	5,5	5,5
4	ΔL_{\max}	10	8	8	8
	ΔL_{eq}	8	7	7	7,5

Geluidniveaoverschillen in 1/3-octaaftanden



Figuur 10 : Geluidniveaoverschillen tussen $L_{\text{Aeq}}(7,5)$ en $L_{\text{Aeq}}(15)$

$$\Delta L = L_{7,5} - L_{15}$$

8. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

8.1 Vergelijkbaarheid

Overdrachtverzwakking

Op de eerste plaats is nagegaan of de meetplaatsen vergelijkbaar zijn ten aanzien van overdrachtverzwakking. Bij een meetafstand van 7,5 m ligt het meetpunt aan de rand van de vluchtstrook en deze situatie was op alle meetplaatsen identiek (zie figuur 4). De gemeten verschillen in de geluidemissie op deze afstand zijn specifiek voor de onderzochte wegdekken en worden niet beïnvloed door de verschillen in de omgeving (maaiveld).

Op 15 m afstand speelt deze omgeving wel een rol in de geluidimmissie verschillen. Tabel 5 geeft aan dat de verschillen in overdrachtverzwakking het grootst zijn bij wegdek 4. Spectrale vergelijking van immissieverschillen tussen metingen op 7,5 m en 15 m in figuur 10 bevestigen deze overdrachteffecten.

Een nadere beschouwing van de dwarsprofielen in figuur 4 doet vermoeden dat het aflopende maaiveld bij meetplaats 4 deze verschillen op kan leveren als gevolg van scherpende inval op 15 m afstand.

Wegdek 3 en 4 zijn wat de geluidemissie betreft met elkaar vergelijkbaar (zie figuur 7). Op basis van tabel 4 worden voor de niveaus op 15 m afstand bij meetplaats 4 correcties bepaald. $L_{A,max}$ wordt met 1 dB(A) verhoogd en L_{Aeq} met 1,5 dB(A).

Snelheid

Bij de vergelijking dienen de gemiddelde snelheden op alle meetplaatsen aan elkaar gelijk te zijn. Een correctie op de snelheid is uitgevoerd volgens de snelheidsverbanden:

$$L_{A,max} \div 0,14.v$$

$$L_{Aeq} \div 0,14.v - 10.1gv$$

Deze verbanden gelden voor het totale geluidniveau in dB(A) en zijn zowel voor vrachtwagens als voor personenauto's aangehouden. De invloed van de snelheid op de geluidemissie is bepaald op autosnelwegen met een wegdek van grof, dicht asfaltbeton, dus overeenkomend met wegdek 4. (ICG-rapport VL-HR-01-01 [11]). De afwijkingen van de gemiddelde

snelheden zijn echter zo klein dat de fouten die we maken door te corrigeren met afwijkende snelheidsverbanden geen invloed op de resultaten zal hebben.

Verkeerssamenstelling

Hoewel er verschillende categorieën onderscheiden worden blijkt de spreiding van voertuigtypen binnen één categorie nog groot te zijn.

Categorie 1 bevat zowel ongeladen, lichte, twee-assige vrachtwagens als beladen zes-assige vrachtwagencombinaties.

Categorie 2 bevat naast alle personenauto's ook lichte bestelauto's.

Categorie 3 en 4 is vrij homogeen van samenstelling doch niet helemaal representatief voor het Nederlandse wagenpark. Deze categorie bevat geen auto's met dieselmotor of auto's met automatische overbrenging.

De variatie in voertuigtypen is voor alle meetplaatsen ongeveer gelijk geweest.

Wat de bedrijfsomstandigheden betreft valt te vermelden dat bij meetplaats 1 vrachtwagens mogelijk nog aan het optrekken waren. Op meetplaats 4 zijn auto's uit categorie 3 de microfoons gepasseerd met teruggenomen gas als gevolg van de ter plaatse aanwezige afrit. Het uitlaatgeluid rond ca. 125 Hz in figuur 8 laat dit duidelijk zien.

$L_{A,max}$ of L_{Aeq} ?

De meetomstandigheden lieten het toe om voor een groot aantal voertuigen behalve het maximale geluidniveau ook het equivalente geluidniveau per passage te meten.

In het L_{Aeq} is de geluidemissie van een voertuig tijdens de gehele passage betrokken inclusief het optredende richteffect, zodanig dat er over richtingen wordt gemiddeld. Met name bij vrachtwagencombinaties zouden de bronnen van het bandengeluid het beste door een "stukje" lijnbron kunnen worden gemodelleerd en de motor door een puntbron. De ge-

TABEL 6a: Emissieverschillen t.o.v. referentiewegdek 4
in L_{\max} , dB(A)

meet- plaats	afstand (m)	categorie			
		1	2	3	4
1	7,5	-1	-3	-2	-3
	15	+0,5	-2,5	-1,5	-3,5
2	7,5	+1,5	+2,5	+4,5	4
	15	+3	+3,5	+5	+5
3	7,5	-1	0,5	+1,5	0,5
	15	+2	0,5	+1,5	+0,5

TABEL 6b: Emissieverschillen t.o.v. referentiewegdek 4
in L_{Aeq} , dB(A)

meet- plaats	afstand (m)	categorie			
		1	2	3	4
1	7,5	-2	-4,5	-3	-4,5
	15	-0,5	-3	-1,5	-4,5
2	7,5	+1	+2,5	+3,5	+3,5
	15	+2	+3	+3,5	+4
3	7,5	-0,5	0	+1	0
	15	+1,5	0	+0,5	-0,5

meten verschillen uitgedrukt in $L_{A,max}$ zijn dan sterk afhankelijk van de afstand geworden.

Uitgaande van bovenstaande wordt de vergelijking tussen de wegdekken op basis van L_{Aeq} gemaakt.

Betrouwbaarheid

De presentatie van de berekeningsresultaten in de tabellen suggereert een nauwkeurigheid van centibels (0,1 dB), t.g.v. meeton-
nauwkeurigheden zijn echter hele decibels significant.

De spreiding in de resultaten van afzonderlijke passages binnen één categorie zijn behalve van meeton-
nauwkeurigheden nog van verschillen in motorvermogen, toerental, uitlaat, bandprofiel, profieldiepte en bandenspanning (belading) en van snelheidsverschillen tussen voertuigen afhankelijk.

Bij de vergelijking van motor- en rolgeluid zal op de invloed van de verschillende factoren teruggekomen worden.

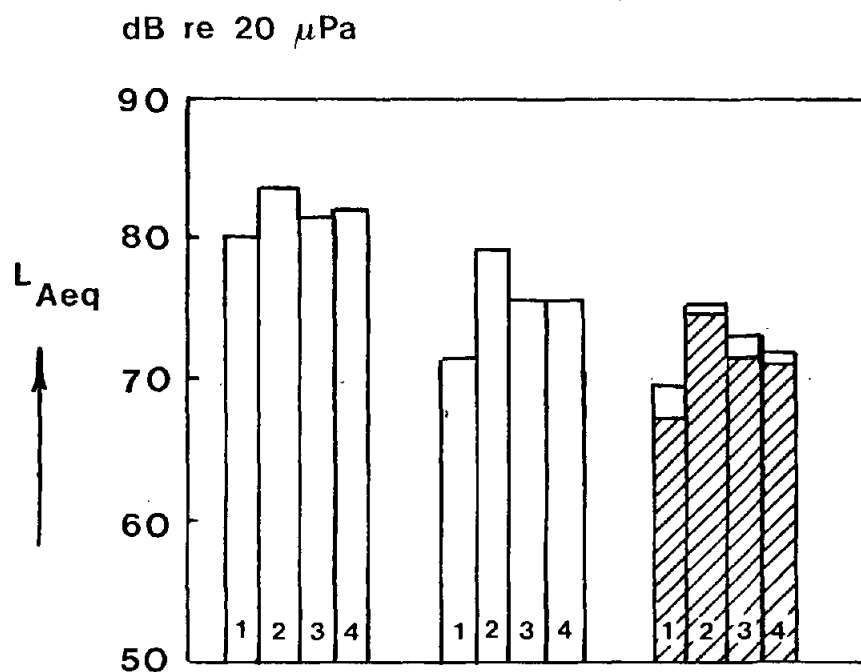
Het 95%-waarschijnlijkheidsgebied rond het gemiddelde per categorie en per meetplaats is kleiner dan $\pm 1\text{dB(A)}$. Bij de beoordeling van de verschillen kunnen de volgende criteria gehanteerd worden:

- 0-2 dB(A) met het gehoor niet waarneembaar; verschillen liggen binnen de meetnauwkeurigheid en hebben weinig betekenis.
- 2-5 dB(A) de verschillen zijn juist waarneembaar
- > 5 dB(A) de verschillen zijn duidelijk waarneembaar.

8.2 Vergelijking van de geluidemissie bij de verschillende wegdekken

In tabel 6 zijn de verschillen t.o.v. het referentiewegdek weergegeven. Hierbij is gecorrigeerd voor snelheidsverschillen en voor de afwijkende overdrachtverzwakking op 15 m op meetplaats 4. Voor het L_{Aeq} op 7,5 m zijn deze resultaten verduidelijkt weergegeven als histogram in figuur 11. Hieruit blijken twee wegdekken sterk af te wijken van het referentiewegdek.

Bovendien zijn de verschillen het grootst bij personenauto's en het kleinst bij vrachtauto's. Dit verschil tussen voertuigcategorieën wordt veroorzaakt door het verschil tussen de relatieve bijdragen van het motorgeluid tot het equivalente geluidniveau.



categorie : vrachtwagens pers.auto's RWS-auto's
 gem.snelheid : 85 km/h 110 km/h 95 km/h
 type wegdek : 1 zeer open asfaltbeton
 2 gebezemd cementbeton
 3 dicht asfaltbeton
 4 grofdicht asfaltbeton (referentie)

Figuur 11

Histogram van het gemiddelde L_{Aeq} gemeten op 7,5 m afstand van de rijbaan aan afzonderlijke voertuigen.

De arcering heeft betrekking op rolgeluid.

Op het zeer open asfaltbeton (wegdek 1) is het geluidniveau op 7,5 m afstand bij vrachtwagens ca. 2 dB(A) lager en zijn personenauto's ruim 4 dB(A) stiller t.o.v. het referentiewegdek.

Bij het gebezemde cementbeton (wegdek 2) treedt een toename van het geluidniveau op van ca. 1 dB(A) voor vrachtwagens en ca. 3 dB(A) voor personenauto's.

In figuur 12 wordt het L_{eq} op 7,5 m afstand als functie van het percentage vrachtwagens voor de vier onderzochte wegdekken met elkaar vergeleken. Hierbij zijn de gemiddelde niveaus genormeerd op een gemiddelde snelheid van 85 km/h voor vrachtwagens en 110 km/h voor personenwagens. Het L_{eq} voor 1000 vtg/h wordt berekend volgens de formule:

$$10^{L_{eq}/10} = 10^{L'_{eq,p}/10} \cdot (1-p/100) + 10^{L'_{eq,vr}/10} \cdot p/100$$

waarin $L'_{eq,p}$ = gemiddeld equivalent geluidniveau voor 1000 vtg/h van categorie 2 ($v_{gem} = 110$ km/h)
 $L'_{eq,vr}$ = gemiddeld equivalent geluidniveau voor 1000 vtg/h van categorie 1 ($v_{gem} = 85$ km/h)

p = percentage vrachtwagens

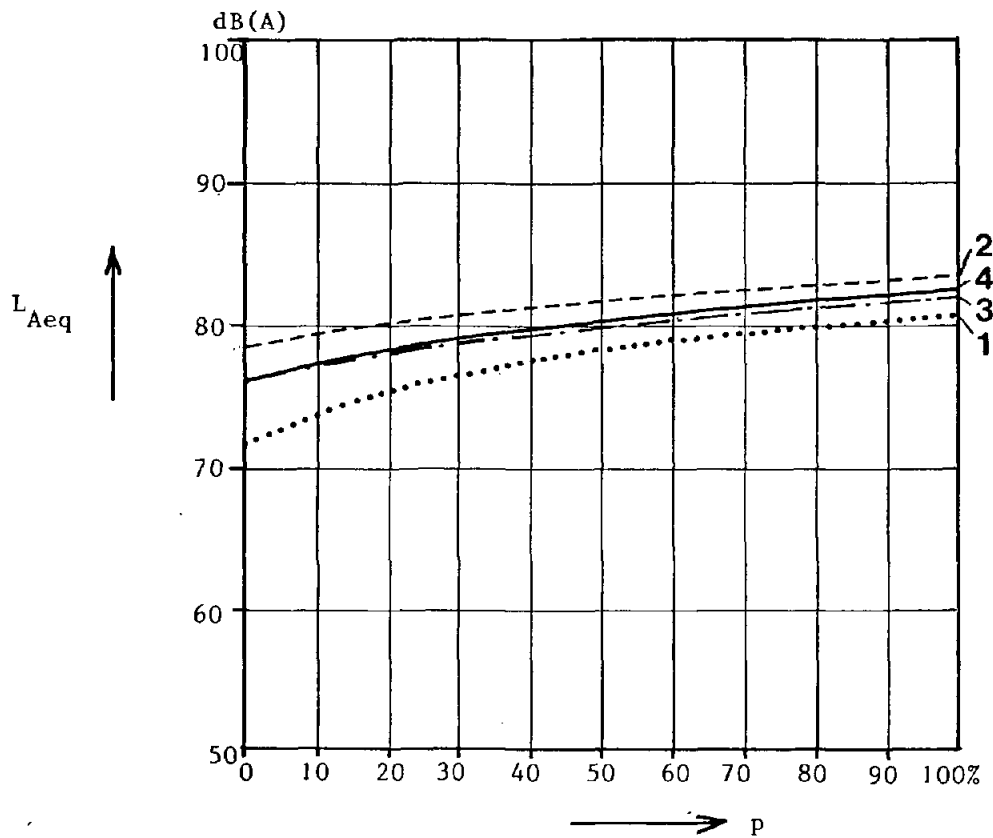
Voor vertaling van deze resultaten naar allerlei praktische situaties wordt verwezen naar het ICG-rapport VL-HR-22-01 [12].

9. OPWEKKINGSMECHANISMEN

Oorzaken van deze verschillen in het geluidniveau op 7,5 m zijn voor een groot deel terug te voeren op de opwekkingsmechanismen van het rolgeluid. De invloed van de geluidoverdracht wordt van ondergeschikt belang geacht.

Als belangrijkste opwekkingsmechanismen zijn op bladzijde 4 genoemd:

- trillingen in het bandoppervlak in het frequentiegebied beneden ca. 800 Hz;
- luchtdrukvariaties in de opgesloten holten in het frequentiegebied boven ca. 800 Hz.



Figuur 12 : Het equiavlente geluidniveau op 7,5 m afstand als functie van het percentage vrachtwagens (p) langs de proefvakken in rijksweg A 28.

totaal aantal voertuigen per uur: 1000

gem. snelheid vrachtwagens : 85 km/h

gem. snelheid personenauto's : 110 km/h

wegdek 1: zeer open asfaltbeton

wegdek 2: gewapend cement-beton

wegdek 3: dicht asfaltbeton

wegdek 4: referentie wegdek; grof dicht asfaltbeton

Als gevolg van de grotere ruwheid (textuurdiepte) in het gebezemde cementbeton nemen de trillingen in het bandoppervlak bij dit wegdek toe. In de figuren 7 en 9 blijkt dit in het frequentiegebied van 250 tot 2000 Hz een verhoging op te leveren van ca. 3 dB.

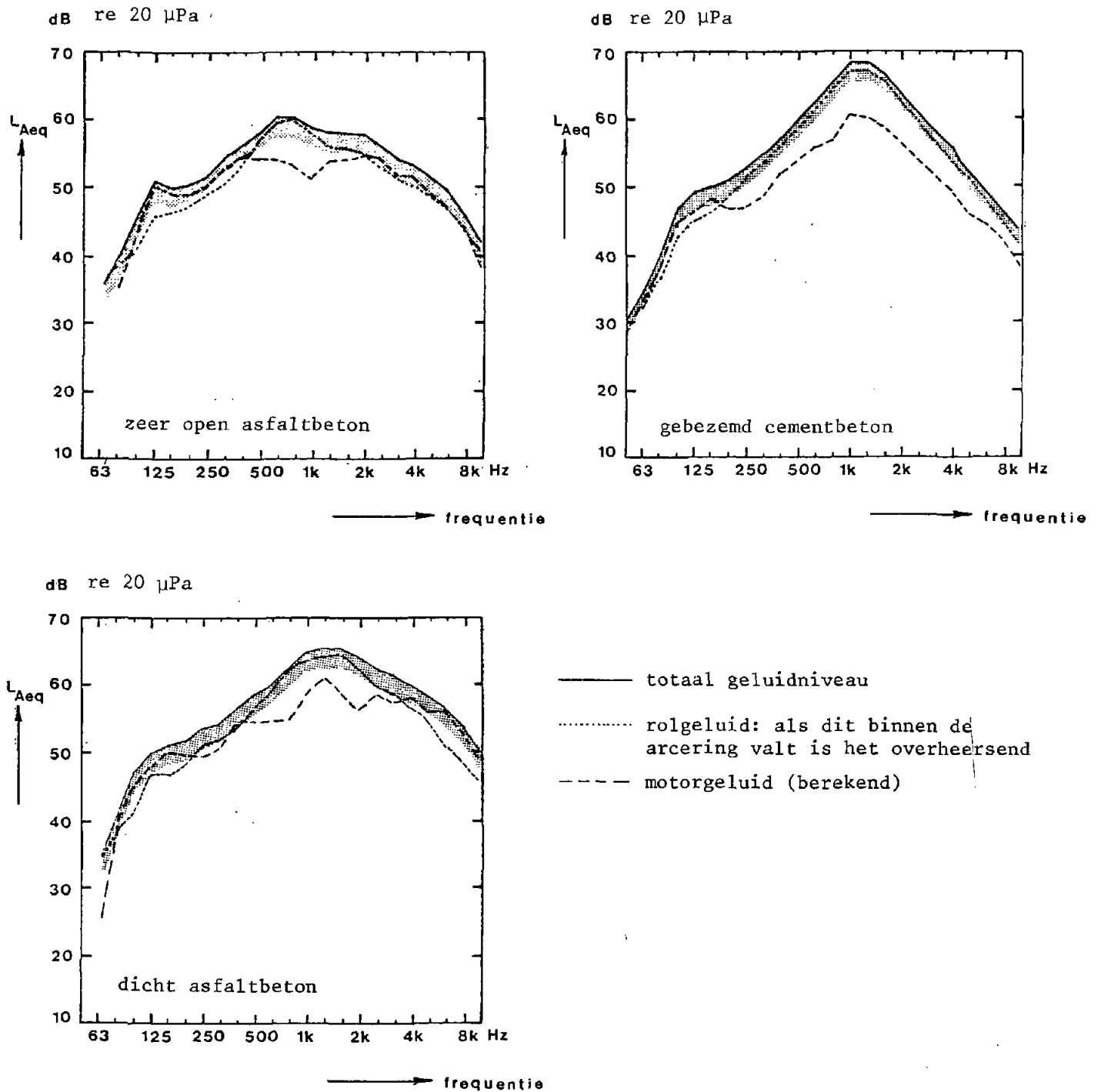
Door de open oppervlaktestructuur (verticale doorlatendheid) van het zeer open asfaltbeton neemt de invloed van de holten van de band (pompen van lucht en het optreden van resonanties) hier af. Uit figuur 9 blijkt dit boven ca. 800 Hz een afname van ca. 7 dB tot gevolg te hebben.

De kwantitatieve invloed van de wegdekeigenschappen op de geluidemissie zoals oppervlakteruwheid, verticale doorlatendheid, leeftijd, absorptie en vochtigheid kan op basis van deze metingen niet afzonderlijk bepaald worden. Er zijn te veel parameters die bij de vier wegdekken veranderen om hierover een uitspraak te doen.

De gemeten textuurdiepte (zie tabel 1) komt wel overeen met de verwachtingen voor de verschillen in geluidproductie.

Wat de leeftijd betreft blijkt na één jaar een evenwichtstoestand op te treden waarna de oppervlaktestructuur niet veel meer zal veranderen. Veel ervaring met de verticale doorlatendheid van het zeer open asfaltbeton is nog niet opgedaan.

Het is duidelijk geworden dat niet alleen textuurdiepte maar ook de verticale doorlatendheid en geluidabsorberende eigenschappen van het wegdek het verband met de geluidemissie bepaalt. In hoofdstuk 2 is reeds in het literatuuroverzicht de relatie tussen verschillende wegdekeigenschappen en de geluidemissie aangegeven.



Figuur 13

De bijdrage van motor- en rolgeluid tot het totale equivalente geluidniveau op 7,5 m (gem. snelheid 95 km/h).

10. VERHOUDING MOTOR-/ROLGELUID

Uit figuur 11 blijkt reeds de invloed van het uitschakelen van de motor op de geluidemissie. Bij een stil wegdek is dit het grootst en bij het cementbeton is dit het kleinst.

Het is mogelijk om uit de gemiddelde spectra van categorie 3 en 4 de bijdrage van het motorgeluid af te leiden. De nauwkeurigheid hiervan is het grootst als de bijdrage van de motor ook bepalend is voor het totale niveau. Uitgaande van het L_{Aeq} op 7,5 m is dit uitgevoerd voor de wegdekken 1, 2 en 3.

De resultaten zijn in figuur 13 weergegeven.

Hoewel verwacht kan worden dat het motorgeluid in alle gevallen gelijk zou moeten zijn is dit niet het geval. In het frequentiegebied boven ca. 400 Hz treden verschillen op die vermoedelijk moeten worden toegeschreven aan de absorberende eigenschappen van het wegdek en aan de afwijking in bedrijfsomstandigheden van de motor.

Met name bij wegdek 1 blijkt het motorgeluid zwakkerte zijn dan bij de andere wegdekken, uitgaande van gelijke snelheden.

Tabel 7 geeft aan wat de bijdragen van de motor en de "banden" bij de verschillende wegdekken zijn tot het totale gemiddelde maximale geluidniveau op respectievelijk 7,5 en 15 m afstand.

Uit tabel 6b en 7 kan het volgende geconcludeerd worden:

- de verschillen tussen het rolgeluid zijn niet afhankelijk van de afstand;
- de verschillen ten aanzien van het motorgeluid lijken af te nemen op grotere afstand;
- het motorgeluid bij wegdek 1 is zwakker dan bij wegdek 2 en 3 waarschijnlijk als gevolg van de absorberende eigenschappen van dit wegdek;
- verzwakking van het motorgeluid heeft bij wegdek 2 geen effect op het totale niveau; het effect is over het algemeen klein.

Bovendien zijn van een aantal RWS-auto's de individuele verschillen tussen deze voertuigen bepaald, uitgaande van tabel 4.

TABEL 7a: Het maximale geluidniveau op 7,5 m afstand bij categorie 3 en 4 en het berekende motorgeluid in dB(A).
(gemiddelde snelheid 100 km/h)

L _{Amax} in dB(A)				na verbetering van motor	
wegdek	totaal geluid	rol-geluid	motor-geluid	motor -3 dB	totaal geluid
1	74,5	72,5	70,5	67,5	73,5
2	80,5	80	73,5	70,5	80,5
3	78,0	76,5	73	70	77,5
4	76,5*	75,5	68*	65	76*

TABEL 7b: Het maximale geluidniveau gemeten op 15 m afstand bij categorie 3 en 4 en het berekende motorgeluid in dB(A).
(gemiddelde snelheid 100 km/h)

L _{Amax} in dB(A)				na verbetering van motor	
wegdek	totaal geluid	rol-geluid	motor geluid	motor -3 dB	totaal geluid
1	68	65	64,5	61,5	67
2	74	73,5	66	63	74
3	71	69	66	63	70
4	68,5*	67,5	61*	58	68*

* een aantal auto's zijn deze meetplaats gepasseerd met teruggenomen gas

Tabel 8 geeft het overzicht van de bijdragen van respectievelijk het rolgeluid en het motorgeluid tot het totale geluidniveau. Afgezien van meetonnauwkeurigheden moet de spreiding in de niveaus van het rolgeluid het gevolg zijn van verschillen in bandprofiel, profieldiepte en banden-spanning. Deze spreiding blijkt overigens niet groot te zijn. Een relatie met de bandgegevens uit tabel 2 is niet éénduidig te bepalen.

De spreiding in het motorgeluid is aanzienlijk groter. Aan de hand van tabel 2 zijn deze verschillen gedeeltelijk terug te voeren op motorvermogen, toerental en uitlaatsysteem. Vergelijk RWS-auto no. 6 met no. 12 (verschillend toerental).

11. RELEVANTIE VAN VERSCHILLEN OP GROTE AFSTANDEN

Zoals uit de vergelijking tussen metingen op 7,5 en 15 m in bovenstaande al is gebleken zijn de verschillen in het rolgeluid niet afhankelijk van de afstand terwijl de verschillen in het motorgeluid afnemen met de afstand.

De lage bronhoogte bij het "bandenlawaai" betekent dat alleen de directe omgeving rond de bron (het wegdek) bepalend is voor de verschillen in overdrachtverzwakking tussen de verschillende wegdekken. Deze verschillen zijn specifiek voor het type wegdek en zijn niet afhankelijk van de omgeving en de afstand tot de bron.

Bij het motorgeluid gaat dit niet meer op. De bron ligt bij personenauto's ongeveer 0,5 m boven het wegdek en bij vrachtwagens nog hoger. Dit betekent dat de invloed van het wegdek op de overdrachtverzwakking afhankelijk wordt van de afstand. De eigenschappen van het oppervlak waar de eerste reflectie van het geluid valt legt in grote lijnen de overdrachtverzwakking vast. Op 7,5 m ligt deze reflectie op het wegdek en levert kennelijk grote verschillen op t.a.v. meetplaats 1. Op grotere afstand ligt deze in het plaatselijke maaiveld (15 m). Deze laatste situatie is voor bijna alle meetplaatsen gelijkwaardig en komt overeen met de afstand waarin we in de praktijk in geïnteresseerd zijn. De directe invloed van het wegdek op het motorgeluid is weer specifiek voor dit wegdek. Zo moeten we ons bij wegdek 1 voorstellen dat het motorgeluid via de luchtsponw tussen de onderkant van de auto en het wegdek naar buiten komt en dat de extra absorptie van het wegdek altijd

TABEL 8: Maximale geluidniveaus voor de bijdragen van "banden"- en motor-
geluid tot het totale geluidniveau (v= 100 km/h).

* een aantal auto's in categorie 3 zijn de microfoon bij wegdek 4 met
teruggenomen gas gepasseerd, met als gevolg een te laag motorgeluid

RWS no.		wegdek							
		1		2		3		4 *	
		L _{Amax}	dB(A)	L _{Amax}	dB(A)	L _{Amax}	dB(A)	L _{Amax}	dB(A)
1	totaal	73		81		78		74	
	rolgeluid	72		79		76		74	
	motorgeluid		69		77		73		-
3	totaal	77		82		-		75	
	rolgeluid	73		79		75		-	
	motorgeluid		75		78		-		-
4	totaal	75		82		78		77	
	rolgeluid	72		80		76		77	
	motorgeluid		72		78		73		-
5	totaal	73		82		80		76	
	rolgeluid	72		82		79		76	
	motorgeluid		67		-		72		-
6	totaal	75		81		78		77	
	rolgeluid	73		80		75		74	
	motorgeluid		72		75		75		74
7	totaal	75		81		78		74,5	
	rolgeluid	74		81		76		-	
	motorgeluid		70		71		74		-
8	totaal	77		80		79		77	
	rolgeluid	73		79		77		75	
	motorgeluid		74		73		74		72
10	totaal	-		82		78		77	
	rolgeluid	-		79		77		76	
	motorgeluid		-		78		74		71
11	totaal	-		79		75		74	
	rolgeluid	-		79		75		74	
	motorgeluid		-		71		-		-
12	totaal	71		78		76		74	
	rolgeluid	-		78		75		73	
	motorgeluid		-		-		66		69
13	totaal	-		80		77		75	
	rolgeluid	-		78		75		-	
	motorgeluid		-		76		73		-
14	totaal	-		81		78		78	
	rolgeluid	-		79		74		75	
	motorgeluid		-		77		75		74
15	totaal	73		79		76		75	
	rolgeluid	70		79		74		74	
	motorgeluid		70		71		72		69

een afname van het bronniveau betekent.

Het blijft moeilijk om een voorspelling te doen over de invloed hiervan op grotere afstand.

Het verdient aanbeveling om voor een afwijkend wegdek als het zeer open asfaltbeton de geluidoverdracht van de bron naar de meetmicrofoon vast te leggen door middel van overdrachtmetingen zodat dit voor correcties gebruikt kan worden.

12. CONCLUSIES

- Van de vier onderzochte wegdekken onderscheiden het zeer open asfaltbeton (wegdek 1) en het gebezemde cementbeton (wegdek 2) zich van het grof-dicht asfaltbeton (referentie wegdek 4) wat de geluidemissie betreft.

Wegdek 1 levert door zijn gladde en open oppervlaktestructuur een vermindering van het totale geluidniveau op van 3 à 4 dB(A) voor personenauto's die met een gemiddelde snelheid rijden van 100 km/h.

Enerzijds ontstaat de verbetering in het rolgeluid door het verminderen van een belangrijk opwekkingsmechanisme als gevolg van de verticale doorlatendheid. Anderzijds lijkt ook het motorgeluid door de absorberende eigenschappen van het wegdek af te nemen.

Wegdek 2 heeft door zijn gebezemde oppervlakte-structuur een ruwheid gekregen die een toename van het totale geluidniveau van ca. 3 dB(A) tot gevolg heeft bij personenauto's.

- Bij vrachtwagens is de bijdrage van het motorgeluid tot het totale geluidniveau groter zodat de invloed van de wegdekverschillen hierbij kleiner is respectievelijk -2 dB(A) bij wegdek 1 en +1 dB(A) bij wegdek 2.
- Het is niet alleen het materiaal van het wegdek dat de verschillen oplevert maar ook de oppervlaktebehandeling is belangrijk. De textuurdiepte is slechts één van de parameters die bij de geluidproductie een rol spelen; vooral de verticale doorlatendheid en absorptie van het wegdek spelen een belangrijke rol.
- Op basis van metingen op 7,5 en 15 m afstand van de rijbaan is geconcludeerd dat de gemeten verschillen in het rolgeluid ook gelden voor grote afstanden. De verschillen ten aanzien van het motorgeluid lijken af te nemen op grotere afstand.
- Uit de verhouding tussen het totale geluidniveau en het rolgeluidniveau bij individuele voertuigen is de bijdrage van het motorgeluid bepaald.

De spreiding in het rolgeluid is klein. Een éénduidig verband tussen het rolgeluid en de bandparameters (profiel(diepte), bandenspanning) blijkt niet te bestaan.

De grotere spreiding in het motorgeluid valt wel te verklaren uit

verschillen in het motorvermogen en het toerental.

- Voor een gemengde verkeersstroom met 20% vrachtwagens met snelheden van respectievelijk 110 en 85 km/h werd op 7,5 m een equivalent geluidniveau gevonden voor:

wegdek 1 : 75 dB(A)

wegdek 2 : 80 dB(A)

wegdek 3 : 78 dB(A)

wegdek 4 : 78 dB(A)

Delft, 27 februari 1981

Technisch Fysische Dienst

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ruiten', with a large, sweeping underline that extends to the right.

Ir C.J.M. van Ruiten

LITERATUURLIJST

- [1] U. Sandberg, "Tire Noise as part of total vehicle noise emission", Proceedings International Tire Noise Conference 1979
- [2] M. Heckl, "Tire Noise generating mechanisms - State-of-the-art Report", Proceedings International Tire Noise Conference 1979.
- [3] M Bergmann, "Noise generation by tire vibrations", INTERNOISE 1980 blz. 239-244.
- [4] N. Nilsson e.a., "Tire/road noise: generating mechanisms and reduction", INTERNOISE 1980 blz. 245-252.
- [5] N. Nilsson, "Possible methods of reducing external tire noise", Proceedings International Tire Noise Conference 1979
- [6] U.Sandberg, "Road surface influence on tire noise I", INTERNOISE 1980, blz. 259-266.
- [7] U. Sandberg, "Characterization of road surfaces", Proceedings International Tire Noise Conference 1979.
- [8] G. Descornet, "Road surface influence on tire noise II", INTERNOISE 1980, blz. 267-272.
- [9] C.J.M. van Ruiten, "Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg A28", TPD-meetrapport No. 022-828, mei 1980.
- [10] J.D. van der Toorn, "Verschillen in geluidemissies door personenauto's rijdens op een asfaltwegdek en een klinkerwegdek", TPD-rapport 722-743 januari 1977.
- [11] J.D. van der Toorn, "Geluidemissie door personenauto's en vrachtwagens op autosnelwegen", ICG-rapport VL-HR-01-01, spetember 1976.
- [12] W.A. Oosting, "Berekeningsmethode wegverkeerslawaaï voor zonerings doeleinden", ICG-rapport VL-HR-22-01, juni 1979.

Appendix 1: Resultaten van het analyseprogramma (voorbeeld van uitvoer)

Band nr	t=0	A-gewogen geluidniveau			Leq'	Tijds(t)		
		afn(t<0)	maximum	afn(t>0)		min(t<0)	maximum	min(t>0)
14	18.8	6.6	18.8	16.2	*	-0.5	0.0	1.0
15	25.5	11.6	25.5	17.9	18.7	-0.5	0.0	3.5
16	*	2.5	26.2	8.8	*	-1.5	0.0	2.0
17	33.6	6.2	33.6	14.3	*	-1.5	0.0	1.5
18	38.1	10.3	38.1	14.7	33.1	-1.0	0.0	1.5
19	*	1.3	42.1	13.9	*	-0.5	0.0	3.0
20	46.4	7.1	46.4	19.2	*	-1.0	0.0	3.0
21	53.5	13.1	53.5	17.9	47.5	-1.0	0.0	3.5
22	49.4	8.8	49.4	7.6	*	-1.0	0.0	1.5
23	55.3	5.9	55.3	14.2	*	-1.5	0.0	3.5
24	57.5	11.4	57.5	16.9	51.7	-1.5	0.0	2.0
25	50.5	13.3	59.5	17.1	54.1	-1.5	0.0	2.0
26	64.3	17.0	64.6	21.1	60.2	-3.0	-0.5	2.5
27	64.9	18.4	64.9	21.7	59.4	-4.5	0.0	2.0
28	66.9	17.4	66.9	21.6	61.4	-4.5	0.0	2.5
29	66.2	14.1	66.2	17.9	62.4	-4.5	0.0	2.5
30	68.6	14.3	68.6	17.7	64.4	-3.0	0.0	3.0
31	69.1	16.0	69.1	17.2	64.8	-4.5	0.0	2.5
32	68.7	15.8	68.7	15.4	64.3	-4.0	0.0	2.5
33	69.0	16.8	69.0	14.7	63.6	-3.0	0.0	1.5
34	66.9	16.4	66.9	16.2	62.5	-3.0	0.0	3.0
35	66.7	17.0	66.7	18.6	61.9	-3.0	0.0	3.0
36	64.5	16.9	64.5	19.5	60.2	-4.5	0.0	3.5
37	62.0	15.5	62.0	22.4	57.0	-2.5	0.0	3.0
38	59.2	17.3	59.2	25.1	54.0	-4.0	0.0	3.0
39	57.6	12.8	57.6	27.5	51.7	-1.0	0.0	3.0
40	54.7	23.1	54.7	30.6	49.4	-4.5	0.0	3.0
dB(A)	78.0	15.6	78.0	17.0	73.5	-4.5	0.0	2.5

Meting 515 kanaal 1

Appendix 2: Kenmerken van de afzonderlijke voertuigen (voorbeeld van opslag)

metingsnummers	cat.	class.	snelheid	lengte	RWS	beschrijving	
15	16	2	32 0	112	0.0	0	japanner
25	26	2	32 0	78	0.0	0	2CV4
35	36	3	32 0	0	0.0	2	VW polo (lichtgroen)
45	46	1	32 0	0	0.0	0	veevoer
55	56	2	32 0	105	0.0	0	VW golf
65	66	2	32 0	107	0.0	0	renault 10 (groen)
\$\$\$	\$\$\$	9	0 0	116	0.0	0	volvo
85	86	3	32 0	87	0.0	6	renault 4 (geel)
95	96	2	32 0	124	0.0	0	personenwagen*
105	106	2	32 0	104	0.0	0	2CV4 (wit)
115	116	3	32 0	93	0.0	5	alfa romeo (rood)
125	126	2	32 0	110	0.0	0	VW derby
135	136	3	32 0	114	0.0	10	citroen GS break (beige)
145	146	2	32 0	76	0.0	0	volvo (donkerblauw)
155	156	2	32 0	112	0.0	0	simca 1308
165	166	2	32 0	81	0.0	0	alfasud
175	176	3	32 0	97	0.0	8	VW golf (groen)
185	186	2	32 0	93	0.0	0	opel kadett (groen)
195	196	2	32 0	112	0.0	0	VW golf (groen)
205	206	2	3 2	\$\$\$	0.0	0	alfasud
215	216	2	32 0	96	0.0	0	diane (wit)
225	226	2	32 0	160	0.0	0	citroen CX
235	236	1	32 0	91	0.0	0	bieterwagen met aanhanger
245	246	5	32 0	126	0.0	0	motorfiets
255	256	2	32 0	120	0.0	0	peugeot 504 break
265	266	3	32 1	109	0.0	2	VW polo (lichtgroen)
275	276	1	32 1	88	0.0	0	vrachtwagen met aanhanger
285	286	2	32 1	101	0.0	0	opel commodore
295	296	3	32 1	110	0.0	0	VW golf
305	306	2	32 1	100	0.0	0	renault 5
315	316	2	32 1	124	0.0	0	VW golf
325	326	1	32 1	91	18.0	0	vrachtwagen
335	336	2	32 1	110	0.0	0	citroen ami break*
345	346	2	32 1	124	0.0	0	mercedes
355	356	2	32 1	102	0.0	0	renault 16
365	366	2	32 1	96	0.0	0	VW golf (blauw)
375	376	3	32 1	85	0.0	4	simca horizon
385	386	1	32 1	86	15.0	0	vrachtwag met oplegger*
395	396	2	32 1	97	0.0	0	alfasud
405	406	5	32 1	122	0.0	0	ford taunus op linkerbaan*
415	416	2	32 1	120	0.0	0	VW golf
425	426	2	32 1	116	0.0	0	honda civic
435	436	1	32 1	88	9.0	0	enktele, met aluminiumopbouw
445	446	2	32 1	92	0.0	0	mercedes
455	456	2	32 1	0	0.0	0	audi 80 (groen)
465	466	2	32 1	0	0.0	0	peugeot 504
475	476	2	32 1	94	0.0	0	opel commodore
485	486	5	32 1	120	0.0	0	volvo 343 ging inhalen
495	496	2	32 1	105	0.0	0	renault 16
505	506	3	32 1	102	0.0	6	renault 4 (geel)
→ 515	516	3	32 1	10	0.0	1	citroen GS break (creme)
525	526	2	32 1	122	0.0	0	crysler simca 180
535	536	1	32 1	81	7.0	0	veevoer
545	546	1	32 1	84	18.0	0	houtwagen met oplegger
555	556	3	32 1	81	0.0	5	alfa romeo (rood)
565	566	2	32 1	10	0.0	0	toyota celica
575	576	1	32 1	10	15.0	0	tenkwagen
585	586	0	32 1	138	0.0	0	amerikaanse stationcar
595	596	2	32 1	126	0.0	0	amerikaanse stationcar
605	606	1	32 1	96	15.0	0	tenkwagen

Appendix 3: Voorbeeld van ranglijst van L_{cm} (7,5)

Categorie meting	3 meetafstand 7.5 m			meetafstand 15 m		
	Lmax	Lcm	Leq	Lmax	Lcm	Leq
157	72.5	72.8	69.6	65.6	66.1	\$\$\$
148	73.3	73.2	69.2	65.8	65.8	63.0
154	73.6	73.9	69.8	67.0	67.5	64.5
155	75.1	75.1	70.6	67.7	68.1	65.1
139	75.3	75.3	70.6	67.3	67.7	64.7
211	75.6	75.6	70.7	68.2	68.4	64.9
37	75.4	75.7	71.8	68.0	68.7	65.7
146	76.0	76.0	71.6	68.9	69.0	66.2
153	75.7	76.0	71.7	68.7	68.9	66.3
170	76.6	76.6	71.9	69.5	69.7	66.6
133	76.7	76.7	72.0	69.5	69.6	66.2
140	77.1	77.1	72.0	69.5	69.9	66.2
90	77.4	77.4	72.6	69.9	70.1	67.4
158	77.1	77.4	73.2	70.7	71.1	67.8
55	77.2	77.5	74.3	69.6	70.3	67.6
134	77.5	77.5	72.6	70.0	70.1	67.2
8	77.4	77.9	73.2	70.1	70.2	66.7
164	77.8	77.9	73.6	71.1	71.4	67.9
66	77.8	77.9	73.4	70.8	70.8	\$\$\$
→ 51	78.0	78.0	73.5	70.5	70.7	68.3
104	78.1	78.1	73.0	70.8	71.1	67.4
149	78.1	78.1	73.1	70.9	71.1	67.5
17	78.2	78.3	73.8	70.7	71.2	67.6
124	78.3	78.6	74.2	71.1	71.6	68.2
138	78.4	78.6	73.9	72.2	72.3	68.6
143	78.4	78.7	74.0	72.0	72.3	68.4
129	78.9	78.9	74.1	72.2	72.1	68.7
11	78.4	78.9	74.9	71.4	71.8	68.7
50	78.9	79.1	74.1	71.3	71.9	68.1
29	79.6	79.8	76.1	73.4	73.5	71.4
203	80.3	80.5	75.4	73.0	73.5	69.7
13	80.6	80.6	75.0	72.6	73.0	69.1
3	81.5	81.5	76.3	74.3	74.3	70.2
26	81.5	81.5	76.0	73.4	73.5	69.9

Appendix 4: Resultaten van het middelingsprogramma (voorbeeld van uitvoer)

datum: 23-04-1980

Frequentie band	Angewogen geluiddrukkniveaus dB re 20 µPa					metingsnummers		aantal waarden	
	nummer	maxima	95%+	gemiddeld	95%-	minima	maxima		minima
14		20.7	16.6	15.4	13.6	5.6	1535	1485	30
15		27.5	23.2	22.2	20.7	14.5	135	1435	33
16		33.5	29.0	28.0	26.7	21.3	135	1645	33
17		41.0	35.1	33.9	32.2	26.8	1395	1645	34
18		45.1	39.4	38.3	36.7	31.8	135	115	33
19		53.4	50.1	46.7	26.7	34.9	555	375	32
20		56.2	53.1	51.0	46.7	44.4	1245	1465	32
21		64.0	56.7	54.7	50.8	45.4	295	375	30
22		62.1	56.5	55.1	53.0	45.4	575	1575	30
23		62.6	57.0	55.9	54.4	51.0	115	1645	33
24		62.2	58.8	58.1	57.0	51.5	295	1495	34
25		64.2	60.1	59.2	58.2	53.4	115	1405	34
26		67.4	62.5	61.4	59.9	54.5	565	1485	34
27		70.8	65.1	63.8	62.0	56.5	505	1575	34
28		70.2	66.1	65.4	64.5	60.0	135	1545	34
29		71.3	68.4	67.7	66.9	63.6	115	1575	34
30		71.7	69.9	69.4	68.8	64.6	265	1575	34
31		72.4	69.9	69.3	68.6	63.8	265	1465	34
32		73.0	69.4	68.7	67.9	63.7	2035	1485	34
33		72.3	69.1	68.3	67.4	63.3	265	1575	34
34		71.3	67.4	66.4	65.2	60.4	35	1575	34
35		71.2	66.6	65.6	64.3	57.6	35	1575	34
36		71.1	65.7	64.1	62.3	54.4	35	1575	34
37		70.3	63.8	62.3	59.8	51.6	35	1575	34
38		70.9	62.9	61.0	57.3	48.5	35	1575	34
39		67.2	60.6	58.6	54.9	45.4	35	1575	34
40		63.9	56.6	55.0	52.3	46.6	265	1575	34
dB(A)		81.5	78.6	77.9	77.1	72.5	35	1575	34

Lmax 7.5 categorie 3 meetplaats, 3

t.b.v. documentatie-systemen

1. VL-HR-10-02
2. Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28.
3. ir. C.J.M. van Ruiten.
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, Stieltjesweg 1, Delft.
5. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat).
6. Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie.
8. februari 1983
12. Hoofdrapport 1979-1981.
16. 51 blz.

t.b.v. documentatie-systemen

1. VL-HR-10-02
2. Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28.
3. ir. C.J.M. van Ruiten.
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, Stieltjesweg 1, Delft.
5. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat).
6. Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie.
8. februari 1983
12. Hoofdrapport 1979-1981.
16. 51 blz.

t.b.v. documentatie-systemen

1. VL-HR-10-02
2. Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28.
3. ir. C.J.M. van Ruiten.
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, Stieltjesweg 1, Delft.
5. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat).
6. Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie.
8. februari 1983
12. Hoofdrapport 1979-1981.
16. 51 blz.

t.b.v. documentatie-systemen

1. VL-HR-10-02
2. Geluidmetingen langs proefvakken in Rijksweg 28.
3. ir. C.J.M. van Ruiten.
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, Stieltjesweg 1, Delft.
5. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat).
6. Het in de praktijk bepalen van de invloed van wegdekken op de geluidemissie.
8. februari 1983
12. Hoofdrapport 1979-1981.
16. 51 blz.

13. Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken. Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten. Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën. Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald.

Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.

Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.

De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.

13. Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken. Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten. Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën. Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald.

Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.

Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.

De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.

13. Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken. Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten. Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën. Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald.

Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.

Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.

De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.

13. Langs vier proefvakken in Rijksweg A28 is het geluid van voertuigen gemeten teneinde de wegdekken ten aanzien van de geluidemissie door motorvoertuigen onderling te vergelijken. Op 7,5 en 15 m afstand zijn de maximale en equivalente geluidniveaus van individuele voertuigen uit de verkeersstroom gemeten. Hierbij is onderscheid gemaakt in een aantal voertuigcategorieën. Van een, speciaal voor dit onderzoek rijdende, groep auto's is de verhouding tussen motor- en rolgeluid bepaald.

Hierbij is de invloed van wegdek-, band- en motoreigenschappen onderzocht.

Twee wegdekken blijken te verschillen van het referentie wegdek als gevolg van materiaaleigenschappen en oppervlaktebehandeling.

De gevonden verschillen zijn ook op grote afstand significant.