Di: 770463

M+P Raadgevende ingenieurs bv

Roemer-, SPB- en absorptiemetingen aan vervuild ZOAB in het kader van SPINOZA

Analyse meetdata

M+P.RWS.00.5.1

revisie 0

27 november 2000

Ref. nr: 006468

geluid en trillingstechniek

de vakgebieden:

INDUSTRIE

PROCESINDUSTRIE

BOUW

VOERTUIGEN

VERKEER EN VERVOER

inzicht en technologie

de disciplines:

ONDERZOEK EN ONTWIKKELING

ONTWERP

TECHNISCH ADVIES

BELEIDSADVIES

IN HOUSE CONSULTANCY

M+P Raadgevende ingenieurs bv

rapportnummer:	M+P.RWS.00.5.1
revisie:	0
datum:	27 november 2000
opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Van de Burghweg 1 2628 CS DELFT
auteur:	Ir. W. van Keulen
handtekening:	

M+P Raadgevende ingenieurs bv
Bruistensingel 232
5232 AD 's-Hertogenbosch
tel.: 073-6408851 fax: 073-6408852
e-mail: mplusp@db.mp.nl www.mp.nl
onderdeel van de Müller-BBM groep

© 2000 / M+P Raadgevende ingenieurs bv.
Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P Raadgevende ingenieurs bv (R.V.O.I. 1998; hoofdstuk 1, art. 17).

SAMENVATTING

In opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat is door M+P Raadgevende ingenieurs bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van vier ZOAB-proefvakken welke sterk vervuild zijn.

Deze metingen zijn verricht in het kader van het SPINOZA-project dat is gelegen op de N34 tussen Gieten en Zuidlaren. In dit project worden enkele technologische innovaties getest om vervuiling van ZOAB te voorkomen. Er zijn metingen verricht vóór of vlak na openstelling voor verkeer en metingen na een half jaar na openstelling voor verkeer.

Op de proefvakken zijn Roemer-, SPB- en α *in situ* metingen uitgevoerd. Dit rapport geeft de resultaten weer van de analyses van de bovengenoemde metingen. Op basis hiervan wordt het verloop van de vervuiling in de loop der tijd nagegaan.

De Roemermetingen zijn uitgevoerd valk na openstelling voor verkeer. De SPB-metingen zijn ongeveer een maand hierna uitgevoerd. De grote afname tussen de tijdstippen van de Roemer en de SPB-meting komt globaal overeen met de resultaten van Sperenberg. De toename zoals gemeten met behulp van de SPB-methode komt overeen met de autonome toename zoals die in de praktijk wordt gevonden.

Hieruit volgt dat het aanbrengen van vervuiling niet of nauwelijks te vergelijking is met vervuiling die normaliter optreedt in ZOAB deklagen. De aangebrachte vervuiling wordt met name in de rijsporen relatief snel verwijderd en heeft daardoor na enige tijd maar een geringe invloed op de geluidemissie. Hierdoor wordt het tijdstip van meten (Roemer en/of SPB) van groot belang.

In vervolgprojecten dienen derhalve de Roemer- en SPB-metingen op dezelfde dag te worden uitgevoerd om een optimale beschrijving van de geluidtechnische eigenschappen te verkrijgen.

INHOUD

SAMENVATTING		2
INHOUD		3
1	INLEIDING	4
2	MEETMETHODEN	5
2.1	Roemermetingen	5
2.2	SPB-metingen	5
2.3	Absorptiemetingen	6
3	SAMENVATTING MEETRESULTATEN	8
3.1	Roemermetingen	8
3.1.1	Geluidniveau als functie van de positie	9
3.2	SPB-metingen	11
3.3	Absorptiemetingen	12
4	ANALYSE	14
4.1	Inleiding	14
4.2	Verschil in meetopzet van Roemer en SPB	14
4.3	Sperenberg	15
4.4	SPB-waarden van nieuw ZOAB	17
4.5	Vergelijking met α *in situ*-metingen	18
4.6	Verloop in de tijd	20
5	CONCLUSIE	21
6	LITERATUUR	22

1 INLEIDING

In opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat is door M+P Raadgevende ingenieurs bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van vier ZOAB-proefvakken welke sterk vervuild zijn.

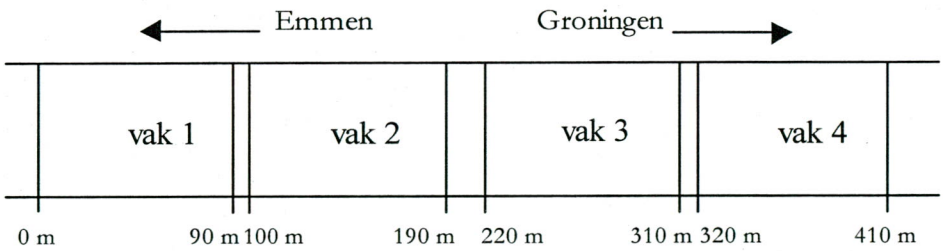
Deze metingen zijn verricht in het kader van het SPINOZA-project dat is gelegen op de N34 tussen Gieten en Zuidlaren. In dit project worden enkele technologische innovaties getest om vervuiling van ZOAB te voorkomen. Er zijn metingen verricht vóór of vlak na openstelling voor verkeer en metingen na een half jaar na openstelling voor verkeer.

Het proefvak is opgedeeld in de volgende vier vakken:

tabel I *Overzicht van de vier proefvakken, gelegen op de N34 bij Zuidlaren*

vaknummer	Wegdektype
1	2-laags ZOAB (0/16-16/22)
2	1-laags ZOAB (0/16)
3	1-laags ZOAB (0/16) met Keradrains
4	1-laags ZOAB (0/16)

In figuur 1 staat de ligging van de proefvakken aangegeven.



figuur 1 *Ligging van de vier proefvakken op de N34 bij Zuidlaren*

Op de proefvakken zijn Roemer-, SPB- en α *in situ* metingen uitgevoerd. Dit rapport geeft de resultaten weer van de analyses van de bovengenoemde metingen. Op basis hiervan wordt het verloop van de vervuiling in de loop der tijd nagegaan.

2 MEETMETHODEN

2.1 Roemermetingen

Bij de metingen wordt met de Roemer (**Ro**lgeluids**E**missie**ME**etaanhange**R**) over het wegdek gereden waarbij tegelijkertijd de snelheid en het geluidniveau dicht bij de meetbanden wordt gemeten volgens de Close Proximity (CPX) methode [1].

figuur 2 *Foto van de Roemer in actie op een Spinoza-proefvak op de N34*

Voor de metingen is een array van 10 microfoons rondom een band gemonteerd. Dit array bevat zowel de standaardposities van de Roemer als de ISO/CPX inner en outer posities zoals die volgen uit het calibratie-onderzoek dat M+P aan de Roemer heeft uitgevoerd [2] [3].

De metingen zijn verricht met de volgende banden:

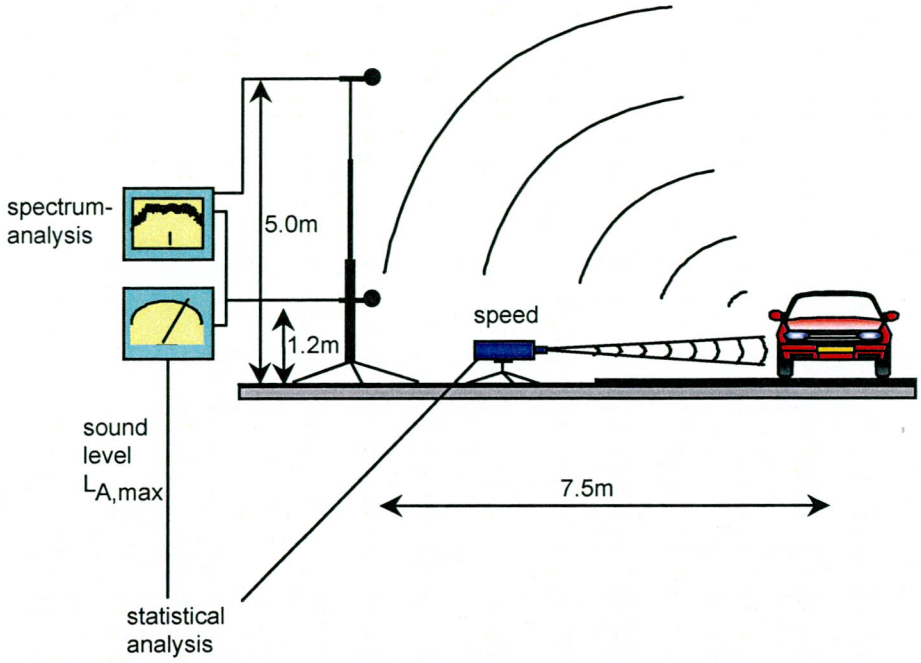
band B (volgens ISO/CD 11819-2): Avon Enviro 322;

Roemerbanden: Michelin, Goodyear, Continental, Uni Royal en Pirelli.

Per wegvak wordt het geluidniveau L_p gemeten als functie van de positie. De metingen voor band B zijn uitgevoerd bij de nominale snelheden van 50, 80 en 110 km/h. Met de Roemerbanden is alleen bij 80 km/h gemeten. De meetresultaten zijn gecorrigeerd voor de werkelijk gereden snelheden.

2.2 SPB-metingen

De geluidniveaumetingen zijn uitgevoerd volgens de Statistical Pass-By (SPB) methode [4]. Dit is een standaard meetmethode waarbij een microfoon op 7,5 m uit het hart van de rijbaan is geplaatst (zie figuur 3).



figuur 3 *Meetopstelling ter bepaling van het geluidniveau volgens de SPB-methode*

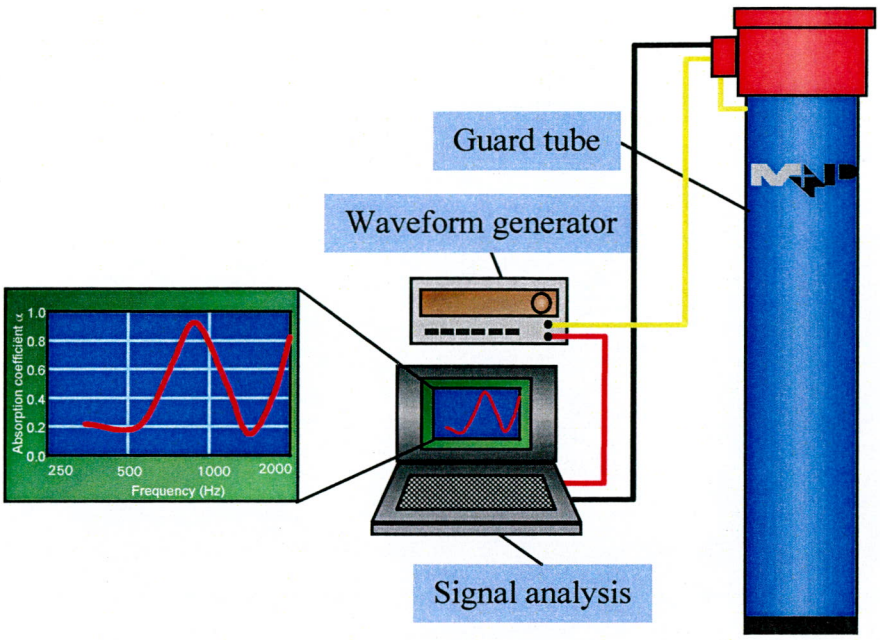
Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau en de voertuigsnelheid geregistreerd. Deze resultaten worden verwerkt in een scatterdiagram, waarin het maximale geluidniveau van een passage als functie van de logaritme van de snelheid staat weergegeven. In deze methode wordt een microfoonhoogte van 1,2 m gehanteerd. Het is bekend dat deze microfoonhoogte kan leiden tot ongewenste beïnvloeding door het overdrachtsgebied. Daarom wordt op een hoogte van 5,0 m gemeten.

2.3 Absorptiemetingen

De absorptiemetingen zijn uitgevoerd met het α *in situ*-meetsysteem [5]. Uit de grafieken van de absorptiecoëfficiënt α als functie van de frequentie, worden twee kentallen gehaald:

- de locatie van het eerste absorptiemaximum: $f_{\alpha,\max}$;
- de bijbehorende maximale absorptie: $\alpha_{\max}$.

De $f_{\alpha,\max}$ is een maat voor de akoestisch effectieve laagdikte en $\alpha_{\max}$ is een maat voor het percentage holle ruimte. Op dit moment vindt er een onderzoek plaats om de relatie tussen percentage holle ruimte en α_{max} statistisch betrouwbaar vast te leggen [6]. In figuur 4 staat de meetopstelling schematisch weergegeven.

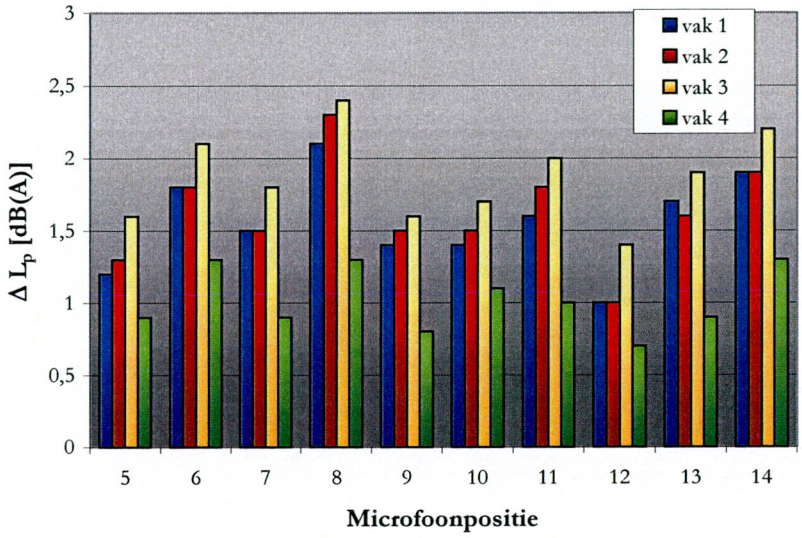


figuur 4 *Schematische weergave van de meetopstelling ter bepaling van de absorptiecoëfficiënt in situ*

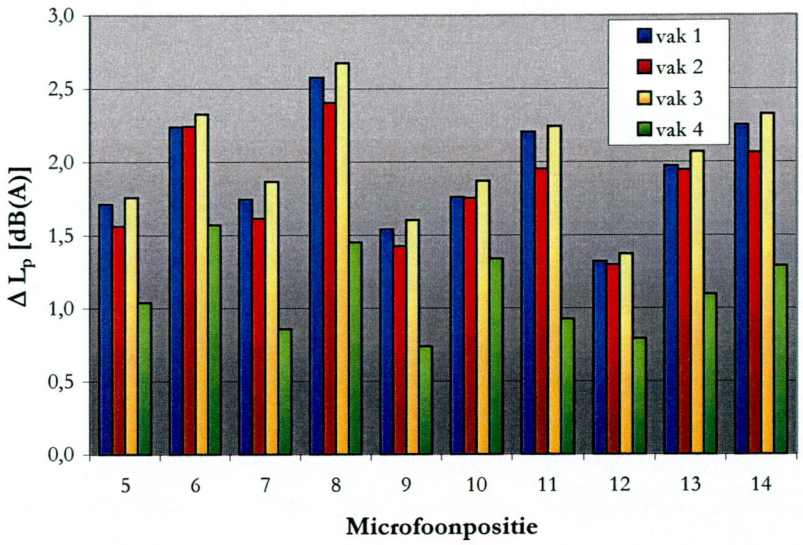
3 SAMENVATTING MEETRESULTATEN

3.1 Roemermetingen

De Roemermetingen zijn verricht in april 2000 [7] en in september 2000 [8]. Per microfoonpositie is het gemiddelde A-gewogen geluidniveau bepaald over het hele wegvak. Voor de banden is uit die geluidniveaus een rekenkundig gemiddelde bepaald. In figuur 5 en figuur 6 zijn de afnamen tussen de resultaten van beide metingen grafisch weergegeven.



figuur 5 *Afname in gemiddelde A-gewogen geluidsniveaus van band B bij 80 km/h tussen april 2000 en september 2000*

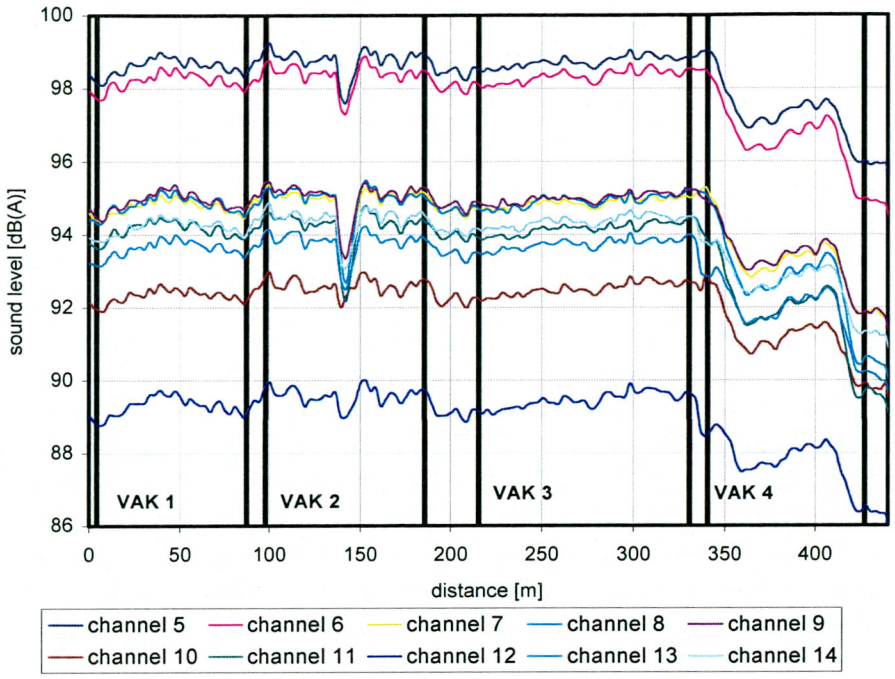


figuur 6 *Verschil in gemiddelde A-gewogen geluidsniveaus van de Roemerbanden bij 80 km/h tussen april 2000 en september 2000.*

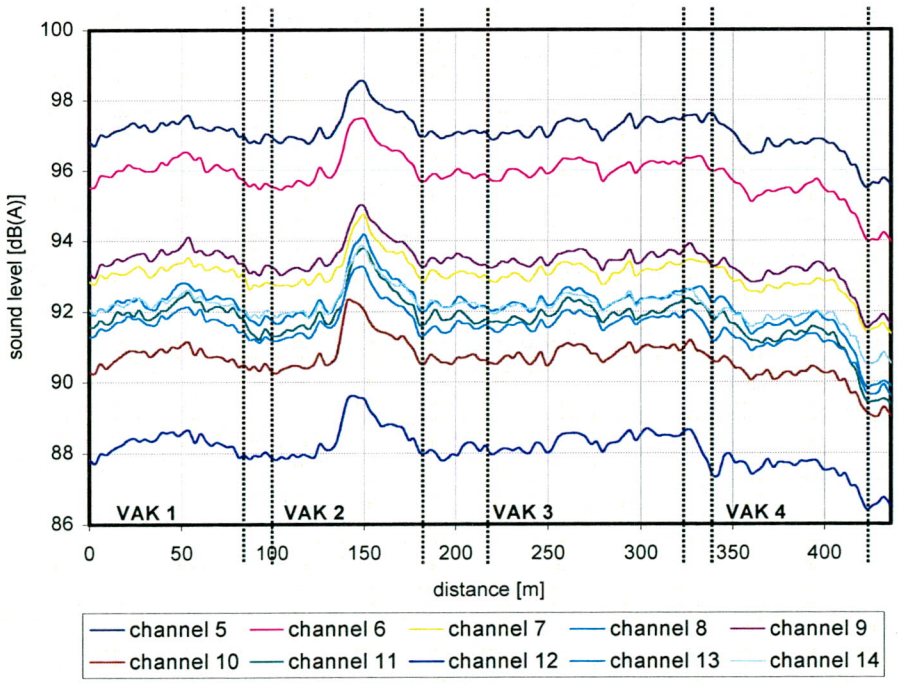
Uit de figuren blijkt dat voor alle banden geldt dat de meetresultaten van september lager liggen dan die van april; het verschil varieert bij beide tussen 0,7 en 2,7 dB(A). Opvallend is dat het verschil tussen de twee meetsessies bij wegvak 4 significant afwijkt van de andere wegvakken.

3.1.1 Geluidniveau als functie van de positie

In figuur 7 en in figuur 8 staat het geluidniveau voor elke microfoonpositie uitgezet tegen de positie op het wegvak gemeten in respectievelijk april en september 2000.



figuur 7 *Geluidniveau als functie van de positie voor alle Roemerbanden gemiddeld bij 80 km/h gemeten in april 2000*



figuur 8 *Geluidniveau als functie van de positie voor alle Roemerbanden gemiddeld bij 80 km/h gemeten in september 2000*

Opvallend is dat de 'dip' in vak 2 bij de meetresultaten van april, bij de meetresultaten van september een 'piek' is geworden, waarbij het geluidniveau op die positie ongeveer gelijk is gebleven. Deze piek is mogelijk te verklaren door de aanwezigheid van een vuilophoping ter plaatse van de kleine sproei-installatie. In april zorgde de aanwezigheid van deze installatie nog voor een 'dip' in de curve. Vermoedelijk had toen de installatie al het ingestrooide vuil reeds verwijderd, met als gevolg een beter meetresultaat.

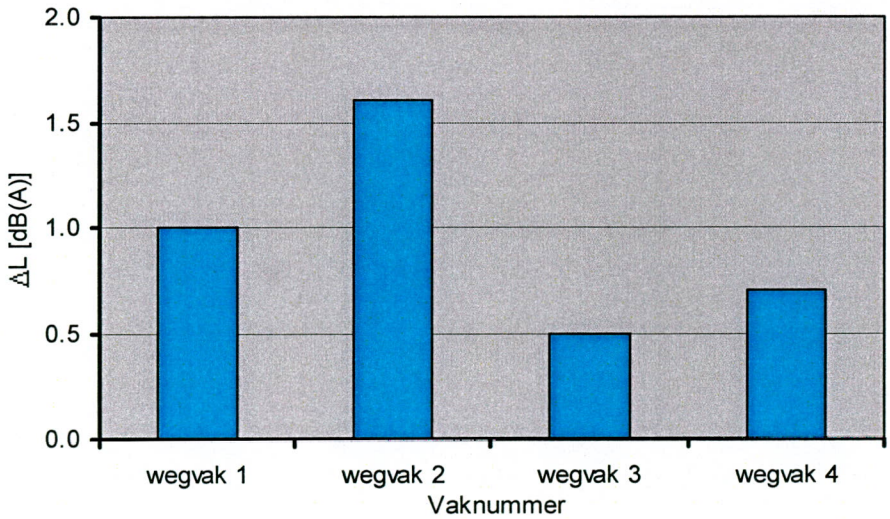
Het geluidniveau van vak 4 (ZOAB 0/16) is gemiddeld 1 dB(A) lager dan dat van de overige vakken. Dit verschil bedroeg in april 2 dB(A).

De meetresultaten van september zijn bij de vakken 1, 2 en 3 ongeveer 2 dB(A) lager ten opzichte van die van april, terwijl bij vak 4 de resultaten van september ongeveer 1 dB(A) lager zijn. De vakken 1, 2 en 3 worden schoongespoeld, vak 4 niet. Het lijkt zo te zijn dat door dit spoelen het wegdek enigszins sneller schoon raakt dan wanneer het alleen wordt schoongereden (hetgeen het geval is bij wegvak 4).

De gevonden verschillen tussen de vakken onderling blijken dus zeer gering te zijn.

3.2 SPB-metingen

De SPB-metingen zijn verricht in mei 2000 [9] en september 2000 [10]. In figuur 9 staan de toenamen van de SPB-niveaus bij 70 km/h grafisch weergegeven. Bij deze snelheid zijn de meetresultaten het meest betrouwbaar (95% c.i. < 0,3 dB(A)).



figuur 9 *Grafiek van de toename van de SPB-waarden op 5 m hoogte voor lichte motorvoertuigen bij 70 km/h.*

Uit de meetresultaten blijkt dat de SPB-waarden op alle vier de vakken zijn toegenomen. Al zijn de toenames van vak 3 en vak 4 nauwelijks significant.

Hierbij kan worden opgemerkt dat de SPB-resultaten van mei (dus vlak na de vervuiling) niet veel afweken van wat gebruikelijk voor een ZOAB-wegdek is. Blijkbaar was de geforceerde vervuiling voor een groot deel reeds uitgespoeld. Opvallend is dat het gespoelde ZOAB van vak2 een grotere toename laat zien dan het ongespoelde ZOAB van vak4. Dit laatste zou veroorzaakt kunnen zijn door achtergebleven water in de poriën vanwege de kleine sproei-installatie die enkele uren vóór de meting had aangestaan.

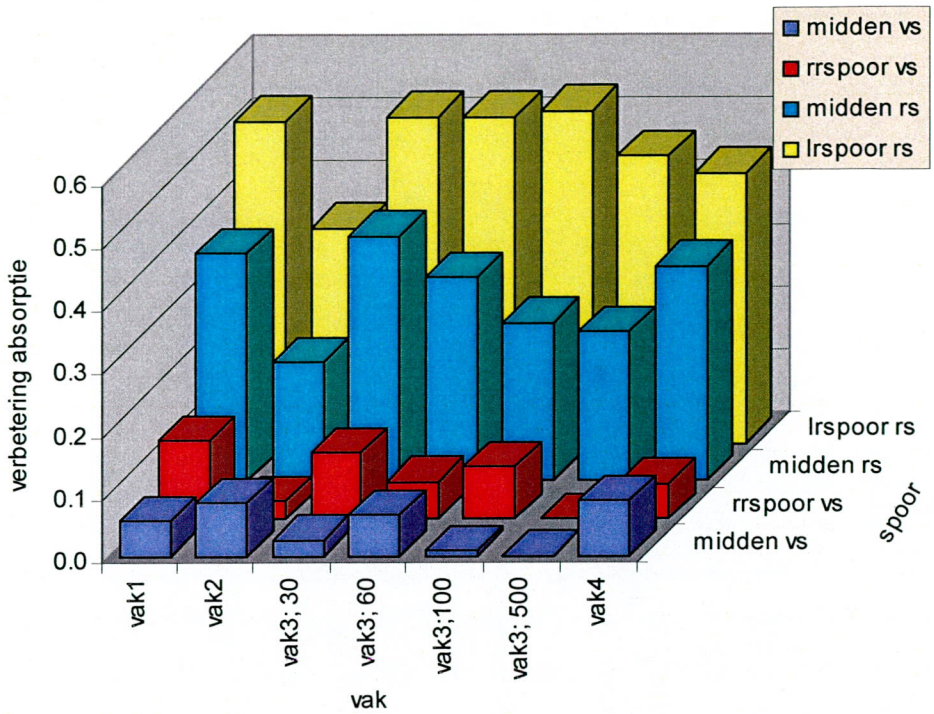
3.3 Absorptiemetingen

De metingen zijn verricht in maart 2000 en in oktober 2000. In tabel II staat een overzicht van de meetposities.

tabel II *overzicht van de meetposities*

positie	Vak1:dubbellaags					vak2:enkellaags					vak3:keradrains								vak 4: referentie				
											30	60	1m					5m					
midden vluchtstrook	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
rechter rijspoor vluchtstrook	24					25					26	27	28					29	30				
linker rijspoor rijstrook	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
midden rijstrook	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76

De gemeten α_{max} zijn vergeleken met de resultaten van de beide metingen. In figuur 10 zijn de meetresultaten gepresenteerd als functie van proefvak en strook. De afkortingen langs de y-as komen overeen met de posities zoals genoemd in tabel II.



figuur 10 *Het verhoging van de α_{max} per rijspoor en per vak*

Uit figuur 10 blijkt dat het rijspoor de grootste verbetering vertoont gevolgd door het midden van de rijstrook. Tevens blijkt de vakken 2 en 4 de kleinste verbetering vertonen en de vakken 1 en 3, behoudens Keradrains 5 m, de grootste. Het resultaat van het midden van de rijstrook vertoont een significante afwijking bij vak2. Dit wordt veroorzaakt door een sterke locale vervuiling.

Gerealiseerd dient te worden dat de statistische betrouwbaarheid van de waarden voor het rechter rijspoor van de vluchtstrook en voor vak 3 met Keradrains op 30 en 60 cm kleiner is door het geringe aantal metingen.

4 ANALYSE

4.1 Inleiding

Uit de resultaten van de Roemer-, SPB- en α *in situ*-metingen kan afgeleid worden hoe de geluidtechnische proefvakken in de loop van een half jaar zijn gewijzigd. Hierbij valt op de Roemer- en α *in situ*-metingen aangeven dat alle proefvakken zijn verbeterd terwijl de SPB-metingen aangeven dat de proefvakken zijn verslechterd. Om deze discrepantie te verklaren zijn de volgende onderwerpen in de beschouwing meegenomen:

1. opzet meetmethoden;
2. Sperenberg;

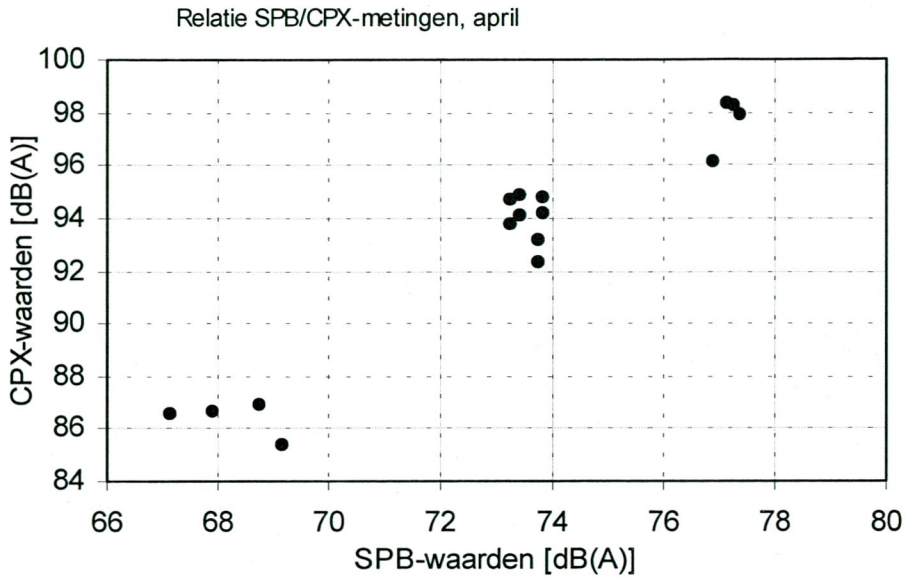
2. SPB-waarden nieuw ZOAB;

3. verloop in de tijd.

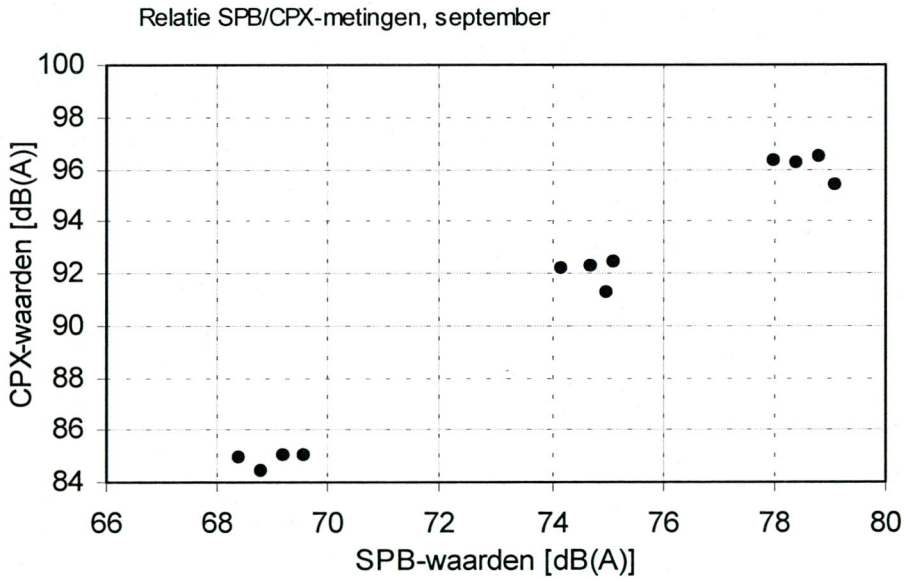
4.2 Verschil in meetopzet van Roemer en SPB

Bij de SPB-metingen wordt voornamelijk het geluid gemeten wat veroorzaakt wordt door de rollende banden van passerende willekeurige voertuigen. Per definitie zijn hierbij de rijsporen het meest belangrijk. De Roemermeting wordt uitgevoerd met de meetband in het hart van de rijstrook. Met name bij verouderde en vervuilde wegdekken kan er een groot verschil optreden in de geluidseigenschappen in het hart tussen de rijsporen en in de rijsporen. Uit de α *in situ*-metingen is dit op de proefvakken duidelijk vastgesteld.

In figuur 11 en figuur 12 staan de resultaten van de Roemer- en SPB-metingen tegen elkaar uitgezet voor de metingen van respectievelijk april en september 2000. Uit de figuren blijkt dat per meetsessie er een goede correlatie tussen de beide meetmethoden is. Echter de omrekenfactor is bij beide meetsessies verschillend. Deze factor is bij de meting in april ongeveer 20 dB(A) terwijl deze in september ongeveer 17 dB(A). Deze laatste waarde is kenmerkend voor de verhouding tussen CPX- en SPB-niveaus en volgt uit een onderzoek waarin verschillende CPX-trailers (waaronder de Roemer) onderling vergeleken zijn [13].



figuur 11 *De Roemer- en SPB-metingen van april tegen elkaar uitgezet*



figuur 12 *De Roemer- en SPB-metingen van september tegen elkaar uitgezet*

4.3 Sperenberg

Op een voormalig Russische vliegveld in Sperenberg, Duitsland zijn 48 proefvakken aangelegd van de meest uiteenlopende constructies: 24 in beton en 24 in asfalt. M+P voert hier samen met haar moederbedrijf Müller-BBM een grootscheeps onderzoek uit naar de invloed van de oppervlaktetextuur van een

wegdek op de geluidproductie ervan [14]. Dit onderzoek wordt uitgevoerd voor de Duitse Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

Een deel van het onderzoek betrof de invloed van vervuiling van een poreus wegdek op de geluidtechnische eigenschappen. Hiertoe werd het ZOAB bevuild met zilverzand met volgende bevuilinggraden: 25%, 50%, 75% en 100%. Hierna werd er met de meetvoertuigen over het bevuilde vak gereden. Visueel kon worden vastgesteld dat bij iedere een significante hoeveel vervuiling uit het wegdek gereden werd (zie bijvoorbeeld figuur 13). Het geluidniveau gemeten tijdens een passage nam na iedere passage af.

iedere passage
verkeerd(?!)

Uit de meetresultaten blijkt dat het effect van 100% vervuiling uiteindelijk niet meer dan 2dB(A) te bedragen ten opzichte van geen vervuiling. Voor de andere gradaties van vervuiling geldt bij benadering een evenredig effect. Uit dit onderzoek lijkt alsof door vervuiling de textuur enigszins beter wordt waardoor de geluidemissie afneemt. De geringe toename van de geluidemissie zou voor een deel hiermee verklaard kunnen worden. In het Spinoza-onderzoek is waarschijnlijk ook sprake van dit nog redelijk onbekend effect.

figuur 13 *opstuiven van het zilverzand ten gevolge van een voertuigpassage op vervuild ZOAB*

4.4 SPB-waarden van nieuw ZOAB

De gemeten SPB-waarden in mei 2000 zijn vergeleken met standaardwaarden uit CROW-publicatie 133 [15] zoals die gelden voor ZOAB 6/16. In tabel III zijn de waarden gemeten op de proefvakken weergegeven met de standaardwaarde voor ZOAB 6/16.

tabel III *SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen gemeten op de N34 en het standaard ZOAB bij 70 km/h*

Vaknummer	Wegdektype	SPB-waarde [dB(A)]	April 2000	Sept 2000	v
1	2-laags ZOAB (0/16-16/22)	71,5	72,5		1.0
2	1-laags ZOAB (0/16)	71,9	73,5		1.6
3	1-laags ZOAB (0/16) met Keradrains	72,4	73,1		0.7
4	1-laags ZOAB (0/16)	72,5	73,2		0.7
-	ZOAB (publicatie 133)	71,5			

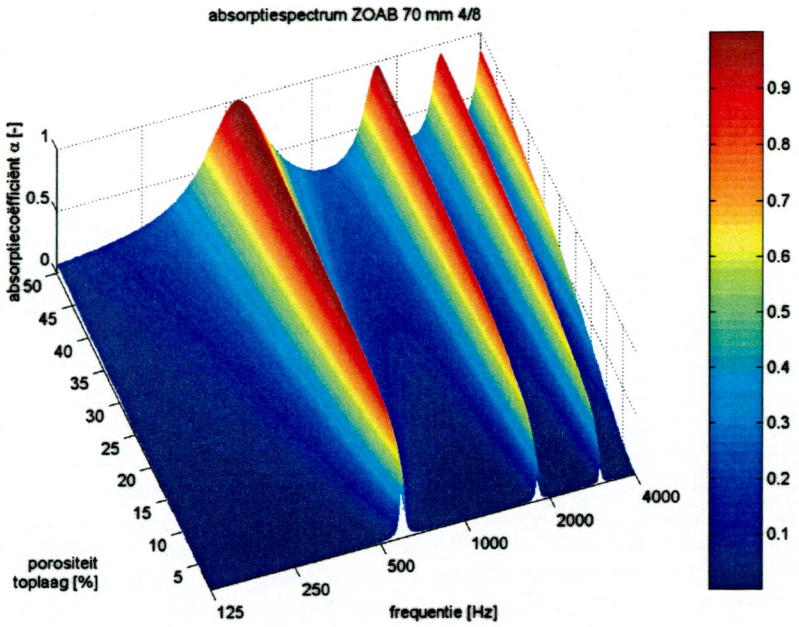
Uit tabel III volgt dat de SPB-waarden maximaal 1 dB(A) hoger zijn dan voor standaard ZOAB. Hieruit volgt dat de vier ZOAB-vakken op de N34, akoestisch gezien, zich in een goede staat bevonden. Er was in mei geen significante invloed van de vervuiling gemeten.

4.5 Vergelijking met α *in situ*-metingen

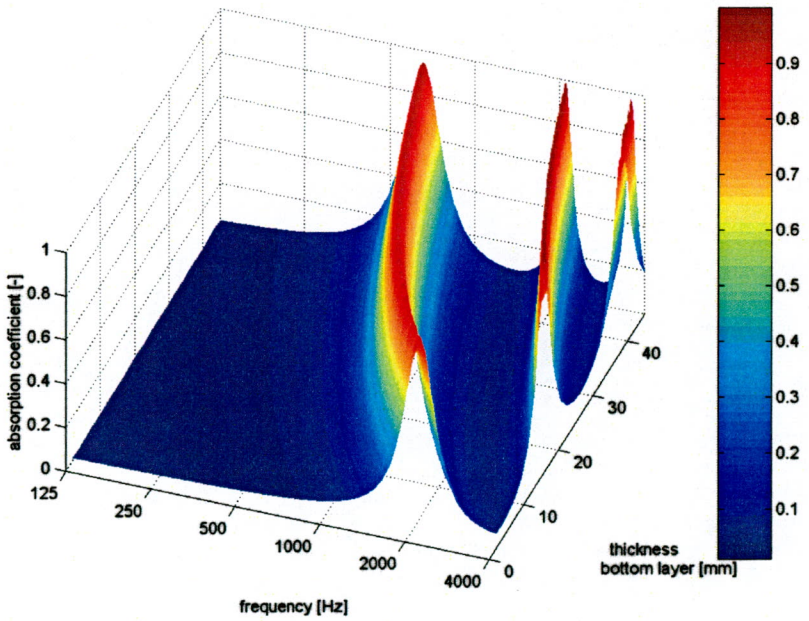
Uit de α *in situ* metingen blijkt dat de α_{max} significant is verbeterd tussen april en september 2000. Het tijdstip van deze metingen komt het meest overeen met die van de Roemermetingen.

Indien naar de afzonderlijke meetwaarden van vak2 wordt gekeken, blijkt dat de positie van de afwijkende meetwaarde overeenkomt met de positie van de piek zoals die is gemeten met de Roemer. Op deze positie was een mini sproeisysteem aangebracht. Dit veroorzaakte een sterke locale vervuiling welke ook de SPB-metingen waarschijnlijk heeft beïnvloed.

Het schoner worden van de ZOAB uit zich in een verhoogd maximum van de absorptie α_{max}. Op basis hiervan zijn de eerdere analyses verricht. Maar het schoner worden heeft ook invloed op de frequentie van het absorptie maximum $f_{\alpha,max}$. De $f_{\alpha,max}$ is een maat voor de effectieve laagdikte van de ZOAB. Deze dient voor standaard ZOAB bij ongeveer 1000 Hz te liggen. De wegdekken waren voor openstelling voor verkeer zodanig vervuild dat de $f_{\alpha,max}$ niet meer goed te meten was. Derhalve kan de $f_{\alpha,max}$ na een half jaar niet vergeleken worden. Deze $f_{\alpha,max}$ heeft echter wel een invloed op de geluidemissie. Hierdoor zal de verbetering van de geluidreductie groter zijn en beter overeenkomen met de resultaten van de Roemermetingen. Het effect van een hogere α_{max} is ongeveer 1 dB(A) en het effect van een lagere $f_{\alpha,max}$ is tevens ongeveer 1 dB(A). In figuur 14 en figuur 15 staat grafisch weergegeven wat de afhankelijkheid van de absorptie van respectievelijk de laagdikte en de porositeit is.



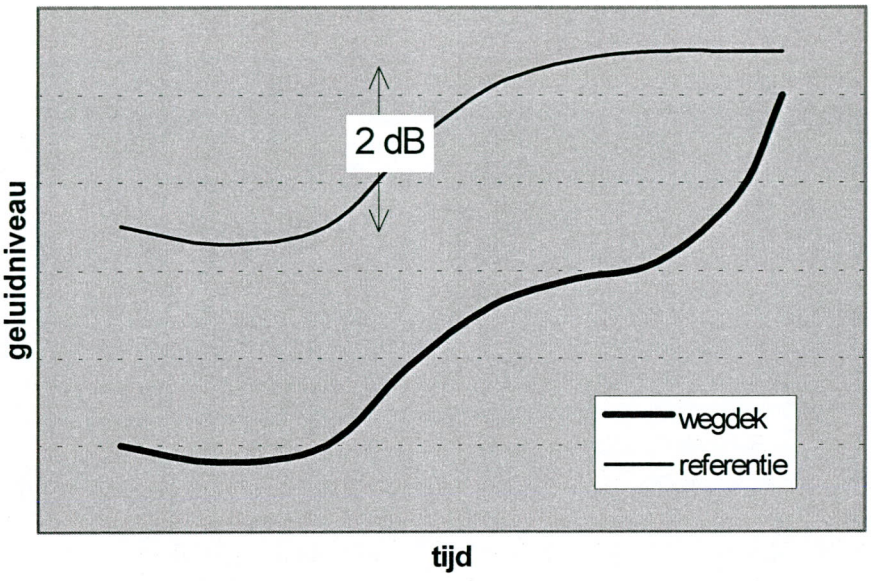
figuur 14 *de afhankelijkheid van de absorptie van de porositeit*



figuur 15 *de afhankelijkheid van de absorptie van de laagdikte*

4.6 Verloop in de tijd

De geluidtechnische eigenschappen verslechteren in het algemeen in de loop der tijd. In figuur 16 is dit effect schematisch weergegeven.

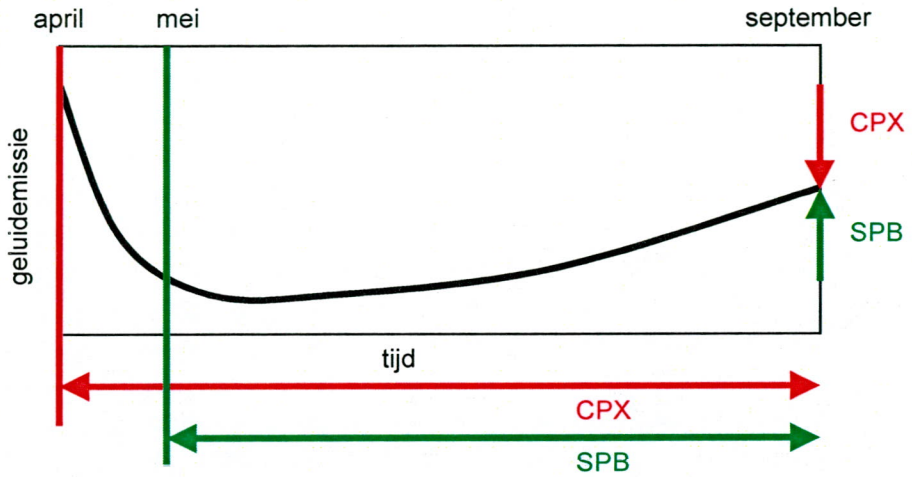


figuur 16 *het verloop van de geluidemissie in de loop der tijd*

5 CONCLUSIE

In figuur 17 staat schematisch weergeven het mogelijk verloop van de gemeten geluidemissie met behulp van de SPB- en Roemermeting. Tevens is aangegeven de respectievelijk meetintervallen.

hoe wist dat met d-in situ? i.v.t.



figuur 17 *het mogelijke verloop van de geluidemissie van de proefvakken op de N34 in de loop der tijd met de meetintervallen van de SPB- en CPX-meting*

Uit figuur 17 volgt een mogelijke verklaring voor de tegenstrijdige resultaten van de SPB- en Roemermetingen. De Roemermetingen zijn uitgevoerd valk na openstelling voor verkeer. De SPB-metingen zijn ongeveer een maand hierna uitgevoerd. De grote afname tussen de tijdstippen van de Roemer en de SPB-meting komt globaal overeen met de resultaten van Sperenberg. De toename zoals gemeten met behulp van de SPB-methode komt overeen met de autonome toename zoals die in de praktijk wordt gevonden.

{ Roemer 18 april !
SPB 27 april .

1 week !

?

Hieruit volgt dat het aanbrengen van vervuiling niet of nauwelijks te vergelijking is met vervuiling die normaliter optreedt in ZOAB deklagen. De aangebrachte vervuiling wordt met name in de rijsporen relatief snel verwijderd en heeft daardoor na enige tijd maar een geringe invloed op de geluidemissie. Hierdoor wordt het tijdstip van meten (Roemer of SPB) van groot belang.

In vervolgprojecten dienen derhalve de Roemer- en SPB-metingen op dezelfde dag te worden uitgevoerd om een optimale beschrijving van de geluidtechnische eigenschappen te verkrijgen.

vraag: - hoe wist het dan met goede conclusie tussen (Roemer) CPX en SPB, zowel in april als in september?

-

6 LITERATUUR

[1] "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 2: The Close Proximity method", ISO/CD 11819-2;

[2] "Calibration of the Roemer; Part II: Dynamic Measurements", M+P.RWS.99.1.4, 20-4-2000;

[3] "Calibration of the Roemer; Part III: Statistical analysis", M+P.RWS.99.1.5, 6 November 2000;

[4] "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 1: The Statistical Pass-By Method", ISO 11819-1, 24-05-1996;

[5] "Een nieuw systeem voor het meten van de absorptiecoëfficiënt van stille wegdekken", Geluid nr. 3, september 1997, p.p. 123-125;

[6] "*In situ*-metingen van de akoestische absorptie van een ZOAB-wegdek gelegen op de A37 Emmen – Hoogeveen tussen km 8,3 en km 11,2", M+P.CROW.99.5.1, d.d. 21 februari 2000;

[7] "ROEMER-metingen aan vier proefvakken met vervuild ZOAB op de N34 bij Zuidlaren", M+P.RWS.00.4.1, 23-05-2000;

[8] "ROEMER-metingen aan vier proefvakken met vervuild ZOAB op de N34 bij Zuidlaren; Metingen na een half jaar", M+P.RWS.00.4.2, 1 november 2000;

[9] "SPB-metingen aan 4 proefvakken vervuild ZOAB op de N34 bij Zuidlaren", M+P.RWS.00.3.1, 24 mei 2000;

[10] "SPB-metingen aan 4 proefvakken met vervuild ZOAB op de N34 bij Zuidlaren; Metingen na een half jaar", M+P.RWS.00.3.2, 28 september 2000;

[11] "*In situ*-metingen van de akoestische absorptie van vervuild ZOAB in het kader van SPINOZA; 1. Metingen vóór openstelling voor verkeer", M+P.RWS.00.2.1, 9 mei 2000;

[12] "*In situ*-metingen van de akoestische absorptie van vervuild ZOAB in het kader van SPINOZA; 2. Metingen half jaar na openstelling voor verkeer", M+P.RWS.00.2.2, 1 november 2000;

[13] "International validation test for the „Close Proximity Method" (CPX), TÜV Automotive GmbH en M+P raadgevende ingenieurs bv, mei 2000;

[14] "Einfluß der Fahrbahntextur auf sad Reifen-Fahrbahn-Geräusch", FE-Nr. 03.293 R95M, niet openbaar;

[15] "Het wegdek gecorrigeerd op akoestische eigenschappen", CROW-publicatie 133.

M+P Raadgevende ingenieurs bv

Vissersstraat 50
Postbus 344
NL-1430 AH Aalsmeer
tel. +31(0)297-320651 fax +31(0)297-325494
e-mail: mplusp@am.mp.nl

Kantorenpark Soetelieve
Bruistensingel 232
NL-5232 AD 's-Hertogenbosch
tel. +31(0)73-6408851 fax +31(0)73-6408852
e-mail: mplusp@db.mp.nl

MÜLLER BBM
Onderdeel van de Müller-BBM groep
München, Berlijn, Dresden, Kuala Lumpur

Lid ONRI
http: //www.mp.nl