



Afdeling Buitenluchtakoestiek
Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD DELFT

www.tno.nl

T 015 269 2000
F 015 269 2111

TNO-rapport

HAG-RPT-010159

ONDERZOEK EFFECTIVITEIT SCHERMTOPPEN

DEEL 2:

Vergelijkende diffractietesten schermtopvarianten

Datum	6 februari 2002
Auteurs	J. van 't Hof ir. F. de Roo ing. F.G.P. van der Knaap
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	39
Aantal bijlagen	6
Projectnummer:	008.03318/01.01
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Beschrijving van de meetopstelling	5
2.1	Meetlocatie	5
2.2	Basisschermb	5
2.2.1	Reflecties	6
2.2.2	Geluidisolatie	6
2.3	Basisschermb en schermtoppen	8
2.4	Achtergrondgeluid	9
3	Meetmethode	11
3.1	Meetopstelling	11
3.2	Positie van de geluidbron	11
3.3	Positie van de microfoons	14
3.4	Meetapparatuur	14
3.5	Uitvoering	14
4	Geteste schermtopvarianten	17
4.1	Referentieconstructies	17
4.2	Geprefabriceerde schermtopconstructies	17
4.3	L-top 1m	17
4.4	T-top 2m	18
4.5	3-voudige schermrand	19
5	Meetresultaten	20
5.1	Presentatie meetresultaten	20
5.2	Bespreking meetresultaten	23
5.2.1	Onderkant dicht / open	23
5.2.2	Afdekken zijanten absorptiemateriaal	24
5.2.3	Reflecterend of absorberend basisschermb	24
5.2.4	Oriëntatie van de L – toppen	24
5.2.5	Absorptiemateriaal droog of nat	24
6	Literatuur	25
	Bijlage(n)	
	Bijlage A: Geluidisolatie basisschermb	
	Bijlage B: Detailfoto's schermtopvarianten	
	Bijlage C1: Keuze van het referentieschermb	
	Bijlage C2: Overzicht meetresultaten geprefabriceerde toppen	
	Bijlage C3: Overzicht meetresultaten L-toppen	
	Bijlage C4: Overzicht meetresultaten T-toppen en 3-voudige schermrand	

1 Inleiding

Met het toenemen van de geluidbelasting van wegverkeer is de diversiteit van maatregelen om de geluidbelasting te verminderen toegenomen. Zo zijn een aantal jaren geleden producten op de markt verschenen, die pretenderen de afschermende werking van geluidschermen te kunnen verhogen zonder dat een dienovereenkomstige toename van de schermhoogte wordt gerealiseerd. Dergelijke producten worden aangeduid met een veelheid van namen, zoals:

- schermopzetstuk;
- toegevoegde voorziening ('added device');
- schermtop ('barrier crowning')
- akoestische paddestoel ('acoustic mushroom')

In dit rapport zal verder de term "schermtoppen" worden gebruikt.

Vanaf het moment van introductie bestaat er onzekerheid over de effectiviteit van dergelijke voorzieningen en over de juiste interpretatie van de geclaimde prestaties. Niet alle onderzoeken zijn met dezelfde methode en zorgvuldigheid uitgevoerd.

In veel gevallen wordt gebruik gemaakt van een absorberend element in de bovenrand van de schermtop. Niet duidelijk is of door optimalisatie van deze absorber een verbetering van het effect kan worden bereikt.

Van de zijde van Rijkswaterstaat en andere wegbeheerders bestaat een duidelijke belangstelling voor deze producten wegens de mogelijkerwijs optredende extra schermwerking. Op een aantal plaatsen langs autosnelwegen waar in het verleden schermen zijn geplaatst, is de geluidbelasting in de periode na plaatsing gegroeid tot een waarde die boven de wettelijke grenswaarden ligt. Reductie van de geluidbelasting met enige dB(A)'s door verhoging van de bestaande schermen is gewenst, maar kan veelal slechts tegen onevenredig hoge kosten worden gerealiseerd, omdat verhoging zonder aanpassing van de fundatie meestal niet mogelijk is. Producten die de mogelijkheid bieden om de schermwerking met een aantal dB(A)'s te verhogen zonder het scherm navenant te verhogen, kunnen voor deze situaties een oplossing bieden.

Het is dus gewenst de feitelijke werking van dergelijke producten objectief vast te stellen en tevens een testmethode te ontwikkelen die een juist beeld geeft van de werking van de producten in de praktijk.

Binnen de Europese normalisatie werkgroep voor geluidschermen (CEN TC 226/ WG 6 'Noise Protection Barriers') is door Frankrijk en Italië een testmethode [1] voorgesteld, maar het is niet bekend hoe de uitkomsten van deze methode kunnen worden vertaald naar een extra schermwerking in de praktijk.

In het "Plan van Aanpak onderzoek Schermtoppen" [2] is een onderzoeksmethodiek uitgewerkt waarmee de bovenstaande vragen kunnen worden beantwoord. De eerste vier stappen van deze methodiek worden in het Onderzoek Effectiviteit Schermtoppen uitgevoerd. De eerste stap is het definiëren van de te onderzoeken schermtopvarianten, de tweede stap het uitvoeren van diffractietesten volgens de principes van de Frans – Italiaanse testmethode aan deze schermtoppen. Over de tweede stap handelt dit meetrapport. De derde stap zal zijn het uitwerken van een simulatiemodel dat wordt gevalideerd met de resultaten van de diffractietests, en vervolgens wordt gebruikt om de werking van de schermtoppen in de praktijk op grotere waarneemafstanden te

voorspellen. In de vierde stap zullen alle verkregen resultaten worden geëvalueerd en worden verwerkt in aanbevelingen voor een praktijktest.

In dit rapport wordt uitgebreid verslag gedaan van de door TNO TPD uitgevoerde diffractiemetingen aan ongeveer 50 verschillende schermtoppen. Deze metingen zijn uitgevoerd volgens de principes van de door CEN TC 226 / WG 6 voorgestelde nieuwe methode, waarmee nu voor het eerst in Nederland ervaring is opgedaan.

Ter bescherming tegen de invloed van weer en wind zijn de tests uitgevoerd in een bedrijfshal in plaats van in de buitenlucht, zoals in de testmethode is voorzien. In verband hiermee is op een aantal punten, zoals de maatvoering van de proefopstelling en het gebruikte testsignaal, afgeweken van het huidige concept van de meetmethode [1]. In de hoofdstukken 2 en 3 wordt hierop nader ingegaan.

2 Beschrijving van de meetopstelling

2.1 Meetlocatie

In plaats van metingen in de buitenlucht uit te voeren is bij dit project gekozen om de metingen aan de schermtoppen uit te voeren in een bijna leegstaande bedrijfshal.

De hal heeft een lengte van 48 meter en is 24 meter breed. Het platte dak bevindt zich op een hoogte van 8,3 meter t.o.v. de betonnen vloer. Om de 12 meter staat er een H-profiel metalen pilaar die het dak ondersteunt.

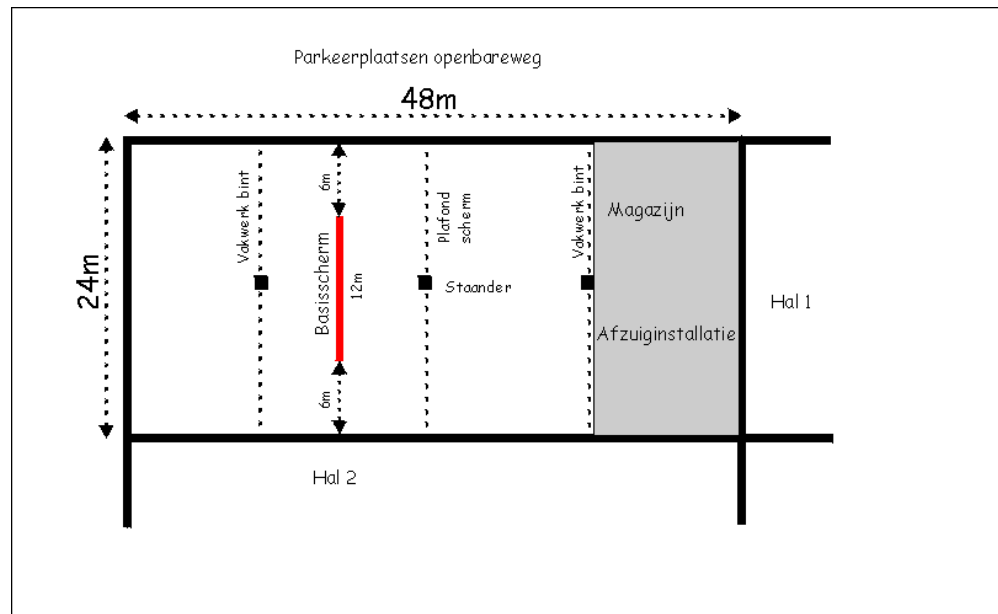
Achter in de hal staan een aantal stellingen met daarin dozen en een afzuiginstallatie. De foto hieronder geeft een overzicht van de hal waarbij het basisscherm nog niet is geplaatst.



De vloer van de hal is van beton, de buitenmuur en het dak zijn metalen platen zonder absorptie materiaal. De muur met de naastgelegen hal bestaat uit Durox gasbetonblokken. Aan het plafond is halverwege een metalen scherm aangebracht en op enkele plaatsen in de hal is ter versteviging van de constructie een metalen vakwerk bint aangebracht.

2.2 Basisscherm

In het open gedeelte van de hal is een zogeheten basisscherm gebouwd van 12 meter lang en 3,44 meter hoog, zoals aangegeven in figuur 2.1. Het reflecterende basisscherm bestaat uit staanders om de 2 meter van metalen H-profielen diep 140 mm, met daartussen Azobé planken met messing en groef van 40 mm dik. De massa van de Azobé planken per m² is 37,3 kg.



Figuur 2.1: Schematisch overzicht van de locatie van het scherm in de bedrijfshal.

Om een absorberend scherm te realiseren wordt het basisscherf aan de kant van de bron voorzien van absorberende voorzetpanelen bestaande uit 50 mm dikke absorberende steenwol platen aangebracht op 18 mm dikke geperste houtvezel platen. Deze voorzetpanelen passen precies in het H-profiel van de staanders.

2.2.1 Reflecties

Dit basisscherf is vast bevestigd op de vloer van de bedrijfshal, zodanig dat de afstand van de bovenrand van het basisscherf tot alle aanwezige obstakels en delen van de bouwconstructie (dakliggers, kolommen e.d.) ongeveer 6 m bedraagt. Door deze opstelling van het scherm en de opstelling van de microfoons en de bron zullen omloopgeluid en reflecties van het geluid tegen de obstakels en bouwconstructie door het looptijdverschil buiten het bij de metingen toegepaste tijdvenster vallen, zodat zij de meetresultaten niet beïnvloeden.

2.2.2 Geluidisolatie

In CEN TC 226 / WG 6 is als uitgangspunt geformuleerd dat het reflecterend basisscherf vervaardigd zou moeten zijn van beton. In verband met de korte voorbereidingstijd van de metingen is hiervan afgeweken en is een gebruik gemaakt van een basisscherf van Azobé planken met een dikte van 40 mm.

Dit is gebaseerd op het criterium uit de GCW 1986 [3], dat de geluidisolatie van een geluidscherm met een massa van 40 kg/m^2 toereikend is voor alle geluidscherm-toepassingen.

Uit een aantal metingen van het reflecterende basisscherf met T-top bleek echter dat het diffractie-meetsignaal op de onderste microfoonpositie, die zich het meest in de geluidschaduw van het scherm bevond, verstoord werd door een signaal dat wel coherent was met het bronsignaal, maar niet via diffractie de ontvangpositie bereikte. De voorlopige diagnose van het probleem luidde dat geluidtransmissie door het scherm kennelijk een te grote bijdrage aan het meetsignaal op de onderste meetpositie leverde.

en dat dus de geluidisolatie van het basisscherm tekortschoot. Deze veronderstelling is getoetst door de geluidisolatie van het basisscherm in reflecterende en absorberende uitvoering (zie 2.2) op de testlocatie te meten met behulp van de methode volgens PrENV 1793-5 [4], die is gebaseerd op dezelfde signaalverwerkingsprincipes als de diffractietestmethode.

Tevens is een variant van het basisscherm gemeten, waarbij de absorberende voorzetpanelen werden omgekeerd, d.w.z. met de 18 mm geperste houtvezel panelen naar de bronzijde en de 50 mm steenwolplaten naar de binnenzijde (=spouw) van de constructie. Deze variant heeft geluidreflecterende eigenschappen en zal tevens de geluidisolatie van het basisscherm verbeteren.

De resultaten van deze isolatiemetingen worden uitgedrukt in de eengetalsaanduiding voor de 'airborne sound insulation index' DL_{SI} zoals gedefinieerd in PrENV 1793-5 [4] (zie Tabel I).

Tevens is de geluidisolatie van het basisscherm in reflecterende en absorberende uitvoering berekend met het simulatiemodel Baslab, dat is gebaseerd op en gevalideerd met geluidisolatiegegevens afkomstig van laboratoriummetingen volgens ISO 140-3 [5]. Dit leverde simulatieresultaten voor de op theoretische gronden te verwachten geluidisolatie, die werden herleid tot eengetalsaanduidingen voor isolatie DL_R zoals gedefinieerd in NEN-EN 1793-2 [6] (zie Tabel I).

Aangezien de grootheid DL_{SI} gebaseerd is op dezelfde definitie van geluidisolatie als de grootheid DL_R mogen de meetresultaten (D_{SI}) vergeleken worden met de simulatieresultaten (DL_R). Omdat de isolatiemetingen op de testlocatie worden uitgevoerd bij loodrechte inval van het geluid en in het laboratorium bij alzijdige inval zou de waarde van DL_{SI} in principe iets hoger moeten zijn dan de waarde van DL_R .

Tabel I: Overzicht van simulatie- en meetresultaten van de geluidisolatie van het basisscherm met absorberende en reflecterende voorzetwanden.

Constructie	Simulatieresultaat DL_R volgens NEN-EN 1793-2 [dB(A)]	Meetresultaat DL_{SI} volgens PrENV 1793-5 [dB(A)]
Basisscherm; 40 mm Azobé	29	21
Basisscherm + absorberende voorzetwand	37	30
Basisscherm + reflecterende voorzetwand	41	31

Uit de isolatiemetingen op de testlocatie blijkt dat de werkelijk optredende geluidisolatie van alle varianten sterk achterblijft bij de verwachtingen op grond van de theorie en de simulatie. In bijlage A worden de isolatiemetingen aan de basisscherm-varianten als functie van de frequentie beschreven.

Geconcludeerd is dat de geluidisolatie van het kale basisscherm (zonder voorzetwanden) inderdaad tekort schiet. De feitelijke geluidisolatie ligt vooral hoogfrequent aanzienlijk lager dan de theoretisch bereikbare waarde. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat de wand is opgebouwd uit houten delen met messing en groef, hetgeen ten gevolge van de vele naden kan leiden tot een niet volledig dichte constructie. Bovendien is ook de afdichting bij de aansluiting van de houten delen op de metalen staanders niet optimaal.

Het basisschermbaan voorzien van absorberende voorzetwand heeft een aanzienlijk hogere geluidisolatie (30 dB(A)), omdat de absorberende voorzetconstructie tevens een geluidsisolerende en afdichtende werking heeft. Deze waarde is toereikend beoordeeld, mede gelet op de kwaliteit van de diffractiemeetsignalen bij de metingen met het absorberend basisschermbaan.

De hoogste geluidisolatie (31 dB(A)) is bereikt met het basisschermbaan voorzien van de hierboven beschreven reflecterende voorzetwand, maar ook deze blijft sterk achter bij de simulatie. Besloten is de geluidisolatie van het kale basisschermbaan bij de metingen met reflecterende uitvoering te verbeteren door toepassing van de reflecterende voorzetwand. Daarmee is een isolatieverbetering bereikt, die toereikend is om een voldoende kwaliteit van de meetsignalen te realiseren.

De metingen zijn vervolgens steeds met hetzij de reflecterende, hetzij de absorberende voorzetwand uitgevoerd. Eerder verrichte metingen met het kale basisschermbaan die een ontoereikende signaalkwaliteit vertoonden, zijn na afloop van de geplande meetserie opnieuw uitgevoerd. De resultaten van de opnieuw uitgevoerde metingen zijn in deze rapportage opgenomen in de plaats van de oorspronkelijke, ondeugdelijke metingen.

Uit de verkregen gegevens blijkt tevens dat het isolatiecriterium volgens de GCW-1986 (overeenkomend met een DL_R van ca. 30 dB(A)) een onvoldoend veilig uitgangspunt vormt voor de isolatie van het basisschermbaan bij deze testmethode. De bereikte geluidisolatie met absorberende (30 dB(A)) en reflecterende voorzetwand (31 dB(A)) is juist toereikend gebleken om de metingen te voltooien, maar levert geen veiligheidsmarge ten aanzien van het door de constructie doorgelaten geluid. Indien het kale Azobé-schermbaan zou hebben voldaan aan de theoretische verwachtingen zou hiermee een ongeveer even hoge geluidisolatie zijn bereikt. De sterke mate van afscherming die bij deze diffractie-meetmethode volgens PvENV1795-4 op de onderste microfoonposities optreedt maakt echter een hogere geluidisolatie van het basisschermbaan wenselijk. Het basisschermbaan van beton, zoals gespecificeerd door CEN TC 226 / WG 6, vormt een aanmerkelijk veiliger uitgangspunt.

2.3 Basisschermbaan en schermtoppen

Op het basisschermbaan, zowel reflecterend als absorberend, zijn verschillende schermtoppen aangebracht. De schermtoppen zijn door verschillende schermbaan leveranciers geleverd. Een overzicht van de gemonteerde schermtoppen wordt in de bijlagen B en C1 t/m C3 gegeven. In het algemeen zijn de toppen door een aannemingsbedrijf met ervaring in het plaatsen van geluidschermen op het basisschermbaan gemonteerd. In enkele gevallen zijn de toppen door de leveranciers zelf op het schermbaan geplaatst. De toppen kunnen ruwweg onderverdeeld worden in (Zie ook hoofdstuk 4 en Bijlage C1 t/m C3):

- geprefabriceerde toppen,
- T-toppen,
- drievoudige schermbaanranden,
- L-toppen.

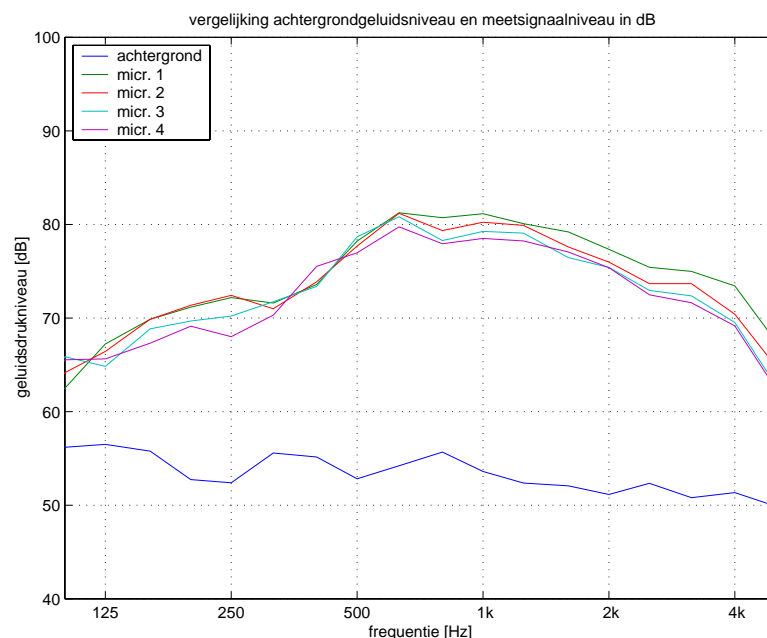
Bij de montage van de toppen is de aansluiting tussen de top en het schermbaan zo goed mogelijk akoestisch afgedicht.

2.4 Achtergrondgeluid

In de bedrijfshal wordt het achtergrondgeluidniveau bepaald door de afzuiginstallatie, de radio en de apparatuur in de aangrenzende ruimten. Allereerst is besloten om als de afzuiginstallatie in bedrijf is geen geluidmetingen aan de toppen uit te voeren. Om dit te realiseren is een aantal situaties niet overdag maar in de avonduren gemeten. De radio in de aangrenzende ruimte is tijdens de meting ook afgezet. De apparatuur in de aangrenzende ruimte is overdag niet uit te schakelen; tijdens metingen in de avonduren, na zes uur 's avonds, is de apparatuur wel uitgeschakeld. Uiteindelijk wordt het achtergrondgeluid hoofdzakelijk bepaald door de werkzaamheden in de naastgelegen hal.

Ter verbetering van de signaal-stoorverhouding is tijdens de meetperiode besloten het vermogen van de geluidbron te verhogen door de luidspreker aan te sturen met een stroom van 1 A in plaats van 0,5 A, zoals aanvankelijk was gebruikt. Deze wijziging is doorgevoerd bij de metingen, die zijn uitgevoerd vanaf 21 november 2001. Vanaf die datum werden namelijk metingen gedaan aan schermtopvarianten met een sterke afschermende werking, waarbij de signaal-stoorverhouding op sommige microfoonposities onvoldoende was. Bij de metingen tot genoemde datum met 0,5 A luidsprekerstroom zijn geen tekortkomingen ten aanzien van de signaal-stoorverhouding geconstateerd.

Op een aantal dagen dat de geluidmetingen zijn uitgevoerd is een vergelijking gemaakt tussen het achtergrondgeluidniveau en het geluidniveau tijdens het aansturen van de luidspreker. Figuur 2.2 geeft een overzicht van het gemeten achtergrondgeluid en het geluid gemeten tijdens het aansturen van de luidspreker met een stroom van 1 A.



Figuur 2.2: Overzicht van het gemeten achtergrondgeluidniveau en het geluidniveau bij aansturing van de luidspreker met een stroom van 1 A.

Uit de vergelijking van de metingen blijkt dat de volgens de norm vereiste signaal/ruis-verhouding van minimaal 10 dB in bijna het volledige frequentiegebied, waarin de metingen worden uitgevoerd, wordt bereikt.

3 Meetmethode

3.1 Meetopstelling

De diffractie-eigenschappen van diverse schermtoppen zijn gemeten met behulp van een meetmethode die is gebaseerd op de in ontwikkeling zijnde norm PrENV 1793-4 [1].

Tijdens de vergadering op 1-2 oktober 2001 van CEN TC 226 / WG 6 "Noise Protection Barriers", die bovengenoemd normconcept in behandeling heeft, zijn de uitgangspunten voor de geometrie van de meetopstelling gewijzigd ten opzichte van de versie 2.3 van PrENV1793-4 d.d. 18 september 2001 [1]. Deze wijzigingen zijn nog niet in een nieuwe versie van het norm-concept vastgelegd; zij hebben betrekking op de lengte van het basisscherm, de lengte van de schermtop, de positie van de geluidbron en de posities van de microfoons. De gewijzigde uitgangspunten zijn beschreven in de notulen van de vergadering [2], maar de beschrijving blijkt ten aanzien van de microfoonposities niet geheel eenduidig te zijn, omdat niet is gedefinieerd hoe de zichtlijn over een scherm met meervoudige schermranden moet worden bepaald. Daarom zijn in dit project de microfoonposities gedefinieerd ten opzichte van de referentiehoogte van het scherm (met schermtop). Dit stemt waarschijnlijk overeen met de feitelijk bedoelde, maar niet nauwkeurig genotuleerde, afspraken uit de CEN TC 226/WG 6 vergadering.

Bovendien is in dit project in verband met de uitvoering van de metingen in een besloten bedrijfshal (i.p.v. in de buitenlucht) de hoogte van de meetopstelling enigszins aangepast ter vermijding van problemen met geluidreflecties tegen het plafond van de hal. De hoogte van het basisscherm is verlaagd van de voorgeschreven waarde van 4 m tot 3,44 m. De diverse schermtopvarianten werden hier bovenop geplaatst; de totale hoogte van de meetopstelling met de schermtoppen varieerde tussen 3,51 m en 4,15 m.

Als vastlegging van de feitelijk gevolgde werkwijze wordt hierna de in het project toegepaste geometrie van de meetopstelling beschreven.

3.2 Positie van de geluidbron

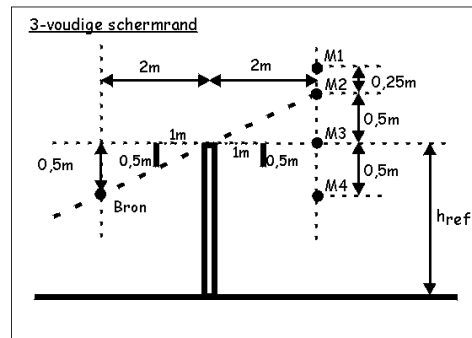
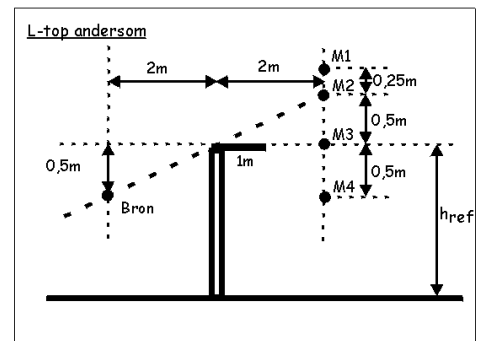
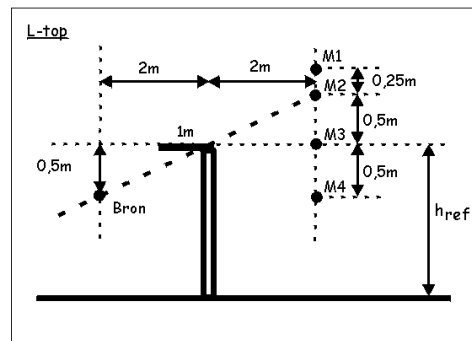
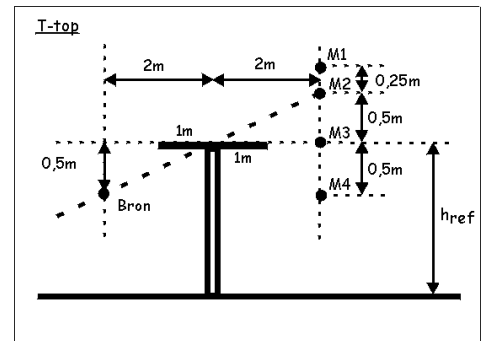
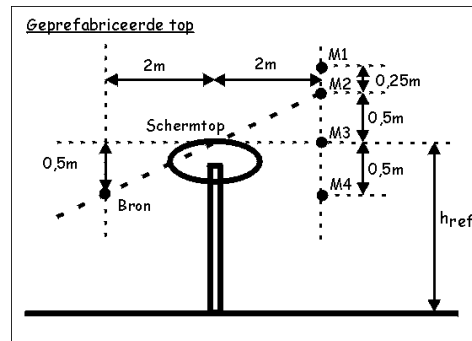
Bij uitvoering van de diffractietest loodrecht op het scherm van zowel de L-, T-, driefvoudige randen en geprefabriceerde toppen wordt de luidspreker als volgt geplaatst:

- in het middelloodvlak van het scherm;
- horizontaal: op 2 m afstand vanaf de langshartlijn van het basisscherm;
- verticaal: het centrum van de geluidbron 0,5 m lager dan de referentiehoogte h_{ref} van de te meten schermtop of het basisscherm;
- gericht naar het hart van het scherm.

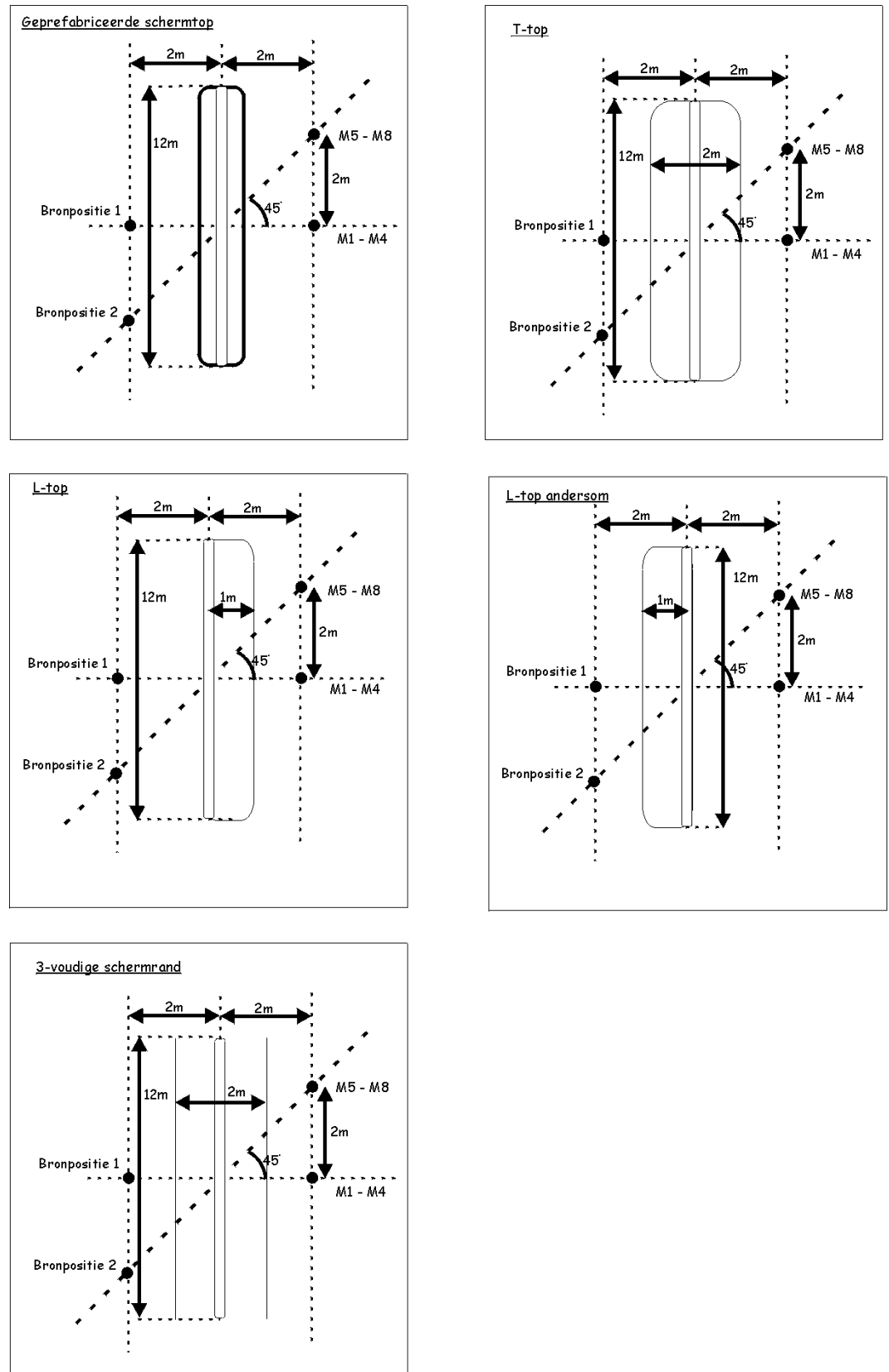
In figuren 3.1 en 3.2 worden een zij- en bovenaanzicht gegeven van de meetopstellingen voor de verschillende toppen.

Bij uitvoering van de test onder een hoek van 45° ten opzichte van het scherm wordt de luidspreker als volgt geplaatst (zie Fig. 3.1 en 3.2):

- in een verticaal vlak door het middelpunt van scherm dat een hoek van 45° maakt met de lengterichting van het scherm;
- horizontaal: op 2 m afstand vanaf de langshartlijn van het basisscherm;
- verticaal: het centrum van de geluidbron 0,5 m lager dan de referentiehoogte h_{ref} van de te meten schermtop of basisscherm;
- gericht naar het hart van het scherm.



Figuur 3.1: Zijaanzicht van de meetopstellingen bij de diffractietesten loodrecht op het scherm bij de verschillende schermtoppen.



Figuur 3.2: Boveaanzicht van de meetopstellingen bij de diffractietesten loodrecht en onder 45 graden op het scherm bij de verschillende schermtoppen.

3.3 Positie van de microfoons

Bij uitvoering van de diffractietest loodrecht op het scherm worden de microfoons als volgt geplaatst (zie figuren 3.1 en 3.2):

- in het middelloodvlak van het scherm;
- horizontaal: op 2 m afstand vanaf de langshartlijn van het basisscherm;
- verticaal ten opzichte van de referentiehoogte h_{ref} van de schermtop of het basisscherm:
 - microfoonpositie 1: 0,75 m hoger;
 - microfoonpositie 2: 0,50 m hoger;
 - microfoonpositie 3: gelijk aan referentiehoogte;
 - microfoonpositie 4: 0,50 m lager.

Bij uitvoering van de diffractietest onder een hoek van 45° ten opzichte van het scherm worden de microfoons als volgt geplaatst (zie Fig. 3.1 en 3.2):

- in een verticaal vlak door het middelpunt van scherm dat een hoek van 45° maakt met de lengterichting van het scherm;
- horizontaal: op 2 m afstand vanaf de langshartlijn van het basisscherm;
- verticaal ten opzichte van de referentiehoogte h_{ref} van de schermtop of het basisscherm:
 - microfoonpositie 1: 0,75 m hoger;
 - microfoonpositie 2: 0,50 m hoger;
 - microfoonpositie 3: gelijk aan referentiehoogte;
 - microfoonpositie 4: 0,50 m lager.

3.4 Meetapparatuur

Bij het uitvoeren van de diffractie metingen volgens [1] is gebruikt gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 16 kanaals TEAC PCM data recorder, type RD-200T, TPD-nr. 7949,
- Mosfet stereo power amplifier,
- Wavetek HI/LO filter, type 582, TPD-nr. 5801,
- Luidspreker Beyma model 10 inch G-200,
- Optocoupler, TPD-nr. 14238,
- Unigor multimeter, TPD-nr. 1056,
- Hewlett Packard Analyzer TPD-nr. 13388,
- 5 input modules 102,4 kHz, type 35652B TPD-nr. 13388,
- Source module, type 35653C, TPD-nr. 13388,
- Absolute niveau calibrator van Bruel & Kjaer, type 4231, TPD-nr. 17025790,
- 4 microfoonvoorversterkers, TPD-nr. 12321, 12322, 12333 en 12338,
- 4 microfoons van Bruel & Kjaer, type 4176, Ser.nr. 967872, 949058, 967879 en 1737075.

3.5 Uitvoering

In dit project worden de diffractie-eigenschappen van diverse schermtoppen gemeten met behulp van een meetmethode die is gebaseerd op de in ontwikkeling zijnde norm PrENV 1793-4 [1].

Bij deze metingen is als volgt te werk gegaan (zie figuur 3.3). In de HP-analyser wordt door de 'source module' een 'continuous random' signaal gegenereerd dat door een bandpass filter gefilterd wordt en vervolgens door een power amplifier naar de luidspreker wordt gestuurd en uitgezonden. Signalen lager dan 75 Hz en hoger dan 7000 kHz zijn bij deze metingen niet van belang maar worden echter wel door de signaalgenerator in de analysator gegenereerd. Het bandpass filter elimineert de gegenereerde signalen buiten dit frequentiegebied.

De stroom door de luidspreker wordt gemeten via een weerstand en een optocoupler en vervolgens aangesloten op een input kanaal van de HP-analyser. Tegelijkertijd met het meten van de stroom naar de luidspreker worden de signalen van de vier microfoons gemeten.

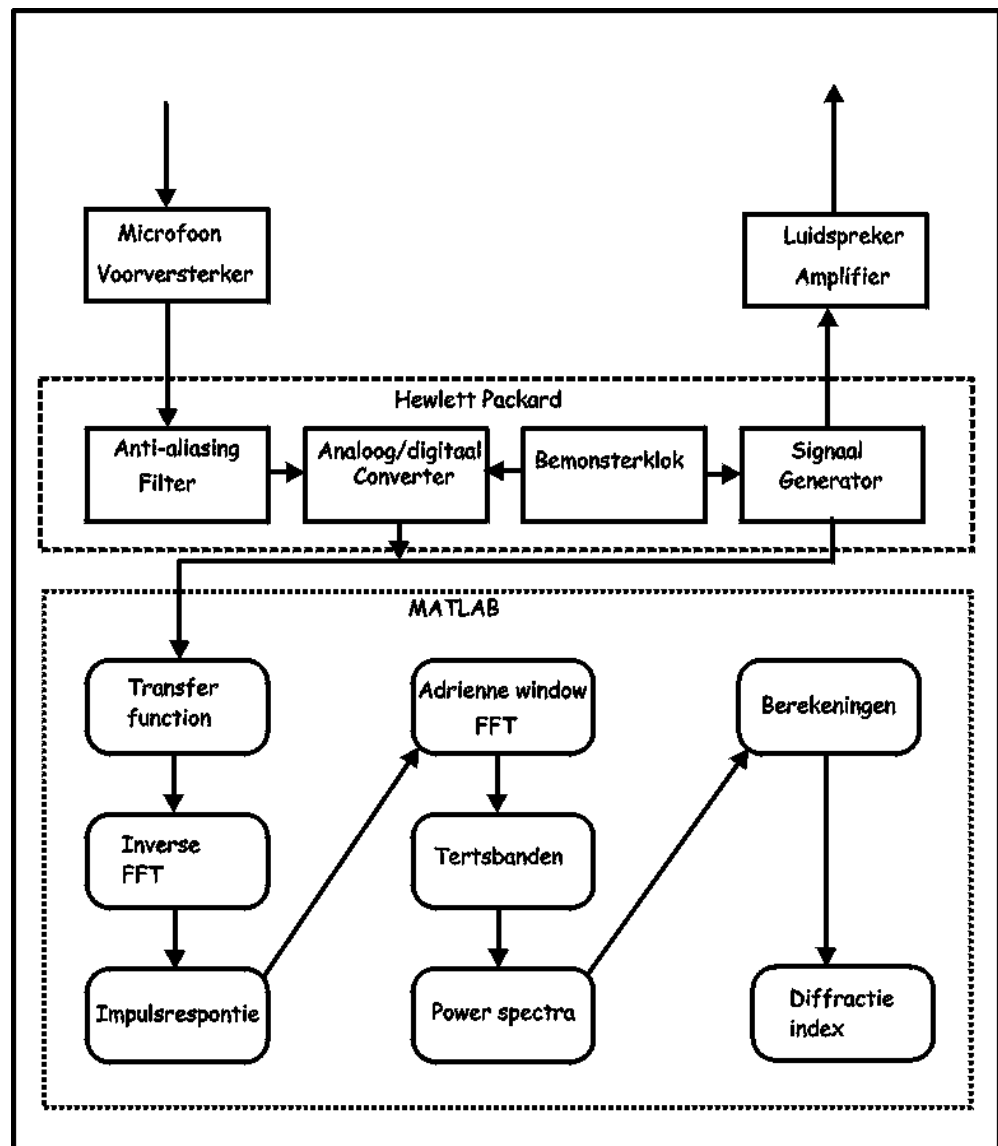
Met de HP-analysator zijn zogeheten 'time captures' (tijd signalen) ingelezen met een tijdsduur van ongeveer 20 seconden. De bemonsterfrequentie van de analysator bedroeg 65.536 Hz. Anti-aliasing filters zijn bij de HP-analysator gelieerd aan de bemonsterfrequentie en hebben voor alle inputkanalen een afsnijfrequentie van 25,6 kHz.

Tegelijkertijd met het inlezen van de signalen in de HP-analysator zijn als een backup de signalen van drie microfoons en de spanning op de luidspreker opgenomen op een 16 kanaals TEAC recorder.

Na het inlezen van de spanning op de luidspreker en de 4 microfoonsignalen op de HP-analysator worden de gemeten signalen per serie omgezet naar MATLAB file formaat. Verdere berekeningen en het genereren van tabellen en figuren gebeurt met behulp van MATLAB routines. De berekeningen van de impulsresponsies worden uitgevoerd door middel van het bepalen van de 'transfer functions' en vervolgens via een 'inverse FFT' berekenen van de impulsresponsies. Vervolgens wordt het Adrienne window op de juiste plaats bij het maximum van de impulsresponsies gelegd en worden de impulsresponsies met het Adrienne window vermenigvuldigd. De gewindowde impulsresponsie wordt Fourier-getransformeerd waarna power spectra in tertsbanden worden bepaald. Met deze spectra worden de in [1] genoemde 'diffraction index', 'diffraction index difference' en de 'single-number rating of diffraction index difference' berekend.

Het bij de beschreven methodiek gebruikte 'continuous random' ruis-sigitaal wijkt af van de concept-norm, die het gebruik van een maximum-lengtereeks (MLS) signaal voorschrijft. Deze keuze is gemaakt omdat bij de metingen bleek dat in de besloten bedrijfshal het 'continuous random' ruis signaal pulsresponsies van betere kwaliteit opleverde dan het MLS signaal. Wellicht is dit een gevolg van het feit dat in het galmveld van de besloten ruimte met zijn grote aantal overdrachtspaden tussen bron en microfoon het MLS-meetsignaal meervoudige correlaties kan vertonen met het bronsignaal, hetgeen het bepalen van de kruiscorrelatie bemoeilijkt. Bij 'continuous random' ruis doet dit zich niet voor.

Aan CEN TC 226 / WG 6 zal worden voorgesteld om bij een eventueel te standaardiseren toepassing van de methode in besloten ruimten het voorgeschreven meetsignaal aan te passen.



Figuur 3.3: Overzicht van de essentiële componenten van het meetsysteem en de berekeningen.

4 Geteste schermtopvarianten

Op basis van voorlopige overwegingen ten aanzien van werking en effectiviteit van schermtoppen zijn onderstaande varianten in het onderzoek betrokken. Diffractiemetingen zijn uitgevoerd zowel met het reflecterende als het absorberende basisscherm. (Zie ook figuur 3.1)

4.1 Referentieconstructies

Als vergelijkingsbasis voor de resultaten van de schermtopvarianten zijn een drietal referentieconstructies gemeten:

- a. basisscherm zonder top, zoals beschreven in paragraaf 2.2;
- b. basisscherm met reflecterende T-top, bestaande uit 2 m brede platen, 18 mm geperste houtvezel platen, gecentreerd boven het scherm;
- c. basisscherm met reflecterende L-top, bestaande uit 1 m brede platen, 18 mm geperste houtvezel platen, gemonteerd aan de bronzijde van het scherm.

Alle referentieconstructies zijn met reflecterende en met absorberende uitvoering van het basisscherm gemeten.

4.2 Geprefabriceerde schermtopconstructies

Op het dunne reflecterende basisscherm zijn geluidabsorberende geprefabriceerde schermtopconstructies geplaatst. Een eventuele wijziging van de totale hoogte van het scherm door plaatsing van de constructie is gecompenseerd door de geluidbron en de microfoons tijdens de test eveneens hoger op te stellen.

De volgende fabrikaten van schermtoppen zijn onderzocht:

- d. Mitac POAL Hi-Shut;
- e. Klöckner Bitumen Topcassette;
- f. Klöckner Bitumen Topcassette, voorzien van extra absorptie;
- g. Porocom Tremolo schermtop met ingewerkte steenwol absorptieschalen;
- h. Durisol cylinder met ingewerkte steenwol absorptiestroken;
- i. Ten Berge Korf, een geperforeerde cylinder gevuld met liapor-korrels;
- j. HBG-top, concentrische cylinders van gaas met daar binnen een cylinder van absorberend materiaal

4.3 L-top 1m

Op het dunne, reflecterende basisscherm is een framework gelast van 1 m breed aan de bronzijde van het scherm. Op dit frame zijn achtereenvolgens de volgende absorberende elementen gelegd:

- k. vlakke plaat poreus beton (Durisol), breedte 1 m, dikte 0,070 m;
- l. vlakke plaat poreus beton (Durisol), breedte 1 m, dikte 0,160 m;
- m. geprofileerde plaat poreus beton (Durisol), breedte 1 m, dikte 0,080 / 0,180 m; de profilering is evenwijdig aan de lengterichting van het scherm geplaatst.

Bij variant l. is tevens het effect van afdekken van de opstaande randen van het element met een reflecterende zijpaneel onderzocht. Uit de resultaten van deze vergelijkende meting (zie hoofdstuk 5; Tabel II; nrs. 44/45) bleek dat het afdekken van de randen

slechts een verschil van 0,2 dB(A) opleverde. Dit verschil werd beoordeeld als niet significant. Op grond hiervan is geconcludeerd dat afdekken geen additioneel effect opleverde en zijn de randen van de andere L-top-elementen niet afgedekt tijdens de test.

De onderzijde van de schermtop is zowel in open absorberende uitvoering als met een reflecterende onderplaat (18 mm geperste houtvezelplaat) gemeten.

Bij de variant l. is zowel gemeten met de L-top georiënteerd in de richting van de bron als met de top georiënteerd in de richting van de microfoons.

4.4 T-top 2m

Op het dunne, reflecterende basisscherm is een framework gelast van 2 m breed gecentreerd boven het scherm. Op dit frame zijn achtereenvolgens de volgende absorberende elementen gelegd:

- n. vlakke plaat poreus beton (Durisol), breedte 2 m, dikte 0,070 m;
- o. vlakke plaat poreus beton (Durisol), breedte 2 m, dikte 0,160 m;
- p. geprofileerde plaat poreus beton (Durisol), breedte 2 m, dikte 0,080 / 0,180 m; de profilering is evenwijdig aan de lengterichting van het scherm geplaatst.
- q. vlakke plaat mineraal wol, breedte 2 m, dikte 0,050 m;
- r. vlakke plaat mineraal wol, breedte 2 m, dikte 0,100 m;
- s. vlakke plaat mineraal wol, breedte 2 m, dikte 0,200 m;
- t. Geperforeerde geluidschermcassette van aluminium of kunststof, breedte 2 m, totale dikte 0,120 m, waarin plaat mineraal wol, dikte 0,050 m op een luchtsponw van ca. 0,040 m vanaf de onderzijde van de cassette;
- u. vlakke plaat Porocom (poreus korrelmateriaal) breedte 2 m, dikte 0,120 m;
- v. geprofileerde plaat Porocom Tremolo; de profilering is in de lengterichting van het scherm geplaatst.

Bij variant r. is tevens het effect van afdekken van de opstaande randen van het element met een reflecterende zijpaneel onderzocht. Uit de resultaten van deze vergelijkende meting (zie hoofdstuk 5; Tabel II; nrs. 19/20 en 36/56) bleek dat het afdekken van de randen slechts een verschil van 0 resp. 0,4 dB(A) opleverde. Op grond hiervan is geconcludeerd dat afdekken geen significant additioneel effect opleverde en zijn de randen van de andere T-top-elementen niet afgedekt tijdens de test.

De onderzijde van de schermtop is zowel in open absorberende uitvoering als met een reflecterende onderplaat (8 mm geperste houtvezelplaat) gemeten.

Het effect van vocht in het materiaal is onderzocht door de varianten o., r. en t. zowel in droge als natte toestand te meten. Om het effect van vocht op de toppen te kunnen beoordelen zijn drie T-toppen eerst met behulp van een brandslang met daarop een sproeier gemonteerd met water nat gemaakt.

Op alle drie de toppen is ongeveer 25 liter water per 2 m² op de bovenvlakken gespoten. Direct na het natspuiten zijn de geluidmetingen verricht.

4.5 3-voudige schermrand

Aan weerszijden van het dunne reflecterende basisscherm is een frame bevestigd waaraan op 1 m afstand aan beide zijden van het scherm een verticaal paneel van 0,5 m hoog is gemonteerd. De bovenranden van deze panelen zijn gemonteerd op gelijke hoogte als de schermrand. De volgende uitvoeringen van de panelen zijn onderzocht:

- w. paneel, vervaardigd uit geperste houtvezelplaat met een dikte van 0,018 m; dit paneel was aan de buitenzijde bekleed met platen mineraal wol met een dikte van 50 mm en aan de naar het scherm gerichte zijde reflecterend;
- x. paneel als beschreven onder m., in omgekeerde uitvoering, d.w.z. aan de naar het scherm gerichte zijde absorberend bekleed met een plaat mineraal wol met een dikte van 0,050 m en naar de buitenzijde reflecterend.

5 Meetresultaten

5.1 Presentatie meetresultaten

De metingen aan al de schermtopvarianten zijn uitgevoerd in de periode van 7 november tot en met 30 november 2001. Onderstaande Tabel II geeft een overzicht van de verschillende schermtopvarianten die zijn gemeten. In deze tabel staan tevens de 'Single-number Rating of Diffraction Index Difference' waarden per variant gegeven. Deze grootheid brengt tot uitdrukking hoe de prestatie van de betreffende schermtop is in vergelijking met een reflecterend basisscherm van gelijke hoogte en wordt afgeleid via de volgende stappen:

- het afschermende geluid achter de bewuste schermtop wordt per microfoonpositie en per 1/3 octaafband bepaald;
- de gekwadrateerde geluidsdrukwaarden worden over de microfoonposities gemiddeld;
- de verhouding van dit gemiddelde tot de geluidsoverdracht in het vrije veld wordt bepaald, hetgeen de afschermende werking van de bewuste schermtop tot uitdrukking brengt;
- de negatieve logaritme uit dit verhoudingsgetal vermenigvuldigd met 10 is de Diffraction Index;
- de Diffraction Index van de bewuste schermtop wordt vervolgens verminderd met de Diffraction Index van het reflecterende basisscherm van gelijke hoogte;
- dit levert de Diffraction Index Difference ΔDI die per 1/3 octaafband weergeeft hoe de afschermende werking van de bewuste schermtop zich verhoudt tot een even hoog reflecterend basisscherm.
- de 1/3 octaafbandwaarden worden omgerekend tot de Single-number Rating die de A-gewogen waarde voor een standaard-verkeersgeluidsspectrum aangeeft.

Wanneer de ΔDI positief is, is de afschermende werking van de schermtop beter dan van het even hoge basisscherm, bij een negatieve waarde slechter en bij 0 gelijkwaardig.

N.B. 1 De meetresultaten die in Tabel II worden gepresenteerd gelden uitsluitend voor de bron- en microfoonconfiguratie die tijdens de diffractietest is toegepast. Een andere afstand tussen scherm en geluidbron en/of tussen scherm en meetpositie zal een ander resultaat van de afschermende werking van de schermtoppen opleveren.

N.B. 2 Voor de bepaling van de Diffraction Index Difference (ΔDI) is, overeenkomstig PrEN 1793-4 versie 2.3, uitsluitend het reflecterend basisscherm (volgens meting nr. 10) als referentie gebruikt. Voor varianten die zijn geplaatst op een absorberend basisscherm zou het absorberend basisscherm (volgens meting nr. 11) als referentie een logische keuze zijn. De Single-number Rating van de desbetreffende varianten zou daardoor niet of nauwelijks veranderen (verschil is 0 - 0,1 dB(A)). De frequentieafhankelijke waarden van de ΔDI kunnen in sterkere mate worden beïnvloed door de keuze van het referentiescherm. In Bijlage C-1 wordt hierop nader ingegaan.

Tabel II: Overzicht van de gemeten schermtopvarianten met daarbij gepresenteerd de situatie van het basisscherm, de onderkant van de top, de randen of het materiaal droog of nat is en de ‘Single-number Rating of Diffraction Index Difference’ waarden.

Nr.	Type	Variant	Basis		Onderkant		Randen		Materiaal		Single-number Rating of Diffraction Index Difference (dB)
			Reflecterend	Absorberend	Dicht	Open	Zonder	Met	Droog	Nat	
0	Top	Referentie meting vrije veld							X		n.v.t.
1	Top	Mitac POAL Hi-Shut	X						X		0,9
2	Top	Mitac POAL Hi-Shut		X					X		meetwaarde onbetrouwbaar ¹⁾
3	Top	Referentie meting basis scherm		X					X		-0,1
4	Top	Referentie meting basis scherm	X						X		-0,2
5	Top	Durisol Cilinder	X						X		-0,5
6	Top	Kloeckner Bitumen extra absorptie	X						X		-1,4
7	Top	Kloeckner Bitumen extra absorptie		X					X		-1
8	Top	Kloeckner Bitumen		X					X		-1,1
9	Top	Kloeckner Bitumen	X						X		-1,3
10	Top	Referentie meting basis scherm ²⁾	X						X		0
11	Top	Referentie meting basis scherm		X					X		- 0
12	Top	Porocom Tremolo	X						X		0,8
54	Top	Durisol cylinder		X					X		-0,5
55	Top	Ten Berge Korf	X						X		-0,7
57	Top	HBG	X						X		-0,6
13	T-Top	Ref. meting; basisscherm+T-frame	X						X		0,3
14	T-Top	Ref. meting; basisscherm+T-frame		X					X		0,1
15	3 V - Rand	Schermrand reflecterend	X						X		4,5
16	3 V - Rand	Schermrand reflecterend		X					X		4,7
17	3 V - Rand	Schermrand absorberend		X					X		4,8
18	3 V - Rand	Schermrand absorberend	X						X		4,7
19	T-Top	Minerale wol 100 mm	X		X		X		X		6,7
20	T-Top	Minerale wol 100 mm	X		X			X	X		6,7
21	T-Top	Minerale wol 100 mm	X			X	X		X		6,4
22	T-Top	Minerale wol 100 mm	X		X		X			X	3,3
23	T-Top	Minerale wol 100 mm		X	X		X		X		6

Nr.	Type	Variant	Basis		Onderkant		Randen		Materiaal		Single-number Rating of Diffraction Index Difference (dB)
			Reflecterend	Absorberend	Dicht	Open	Zonder	Met	Droog	Nat	
24	T-Top	Minerale wol 200 mm		X	X		X		X		7,6
25	T-Top	Minerale wol 200 mm	X		X		X		X		6
26	T-Top	Minerale wol 50 mm	X		X		X		X		5,5
27	T-Top	Minerale wol 50 mm	X			X	X		X		4,6
28	T-Top	Minerale wol 50 mm		X	X		X		X		4,9
29	T-Top	Cassette 120-60 mm		X			X		X		6
30	T-Top	Cassette 120-60 mm	X				X		X		6
31	T-Top	Cassette 120-60 mm	X				X			X	3,6
32	T-Top	Durisol vlak 70 mm	X		X		X		X		3,3
33	T-Top	Durisol vlak 70 mm		X	X		X		X		3,7
34	T-Top	Durisol vlak 160 mm		X	X		X		X		3,8
35	T-Top	Durisol vlak 160 mm	X			X	X		X		3,6
36	T-Top	Durisol vlak 160 mm	X		X		X		X		4,5
37	T-Top	Durisol vlak 160 mm	X		X		X			X	4,8
56	T-Top	Durisol vlak 160 mm	X		X			X	X		4,9
38	T-Top	Durisol profiel 180-100 mm	X		X		X		X		5,3
39	T-Top	Durisol profiel 180-100 mm		X	X		X		X		5,5
40	T-Top	Porocom vlak 120 mm	X		X		X				6
41	T-Top	Porocom profiel Tremolo	X		X		X		X		5,9
58	T-Top	Reflecterende houtvezelplaat 18 mm	X		X		X		X		1,9
42	L-Top	Referentie meting L-Top	X								0,6
43	L-Top	Referentie meting L-Top		X							Idem 14
44	L-Top	Durisol vlak 160 mm	X		X		X		X		4,8
44a	L-top	Durisol vlak 160 mm ³⁾	X		X		X		X		0,5
45	L-Top	Durisol vlak 160 mm	X		X			X	X		5
46	L-Top	Durisol vlak 160 mm	X			X	X		X		2,8
46a	L-Top	Durisol vlak 160 mm ³⁾	X			X	X		X		-2
47	L-Top	Durisol vlak 160 mm		X	X		X		X		4,8
48	L-Top	Durisol vlak 70 mm	X		X		X		X		idem 49
49	L-Top	Durisol vlak 70 mm	X		X		X		X		3,1
50	L-Top	Durisol vlak 70 mm		X	X		X		X		3,2
51	L-Top	Durisol profiel 180-100 mm		X	X		X		X		4,7
52	L-Top	Durisol profiel 180-100 mm	X			X	X		X		2,7
53	L-Top	Durisol profiel 180-100 mm	X		X		X		X		4,8

Nr.	Type	Variant	Basis		Onderkant		Randen		Materiaal		Single-number Rating of Diffraction Index Difference (dB)
			Reflecterend	Absorberend	Dicht	Open	Zonder	Met	Droog	Nat	
59	L-top	Reflecterende houtvezelplaat 18 mm	X		X		X		X		2,7

- 1) Zie meting 2; meting 1 was door het in bedrijf zijn van de afzuiginstallatie van de natlak onbetrouwbaar. Uit resultaten van andere toppen blijkt dat het verschil tussen het basisscherm zonder en met absorberend materiaal geen relevante verschillen te zien geeft.
- 2) Dit is de variant die geldt als referentie scherm, DI_0
- 3) Bij deze metingen zijn de bron en microfoon posities verwisseld. De bron staat aan de kant van het rechte vlak van het scherm en de microfoons staan aan de kant van de overstekende L-top.

In bijlagen C1 t/m C3 wordt per gemeten schermtopvariant een overzicht gegeven in de vorm van een foto van de scherm situatie, per microfoonpositie de berekende impulsresponsies, de berekende 'Diffraction Index', de 'Diffraction Index Difference' en de 'Single-number Rating of Diffraction Index Difference'. Tevens worden van de 'Diffraction Index' en de 'Diffraction Index Difference' waarden per 1/3 octaafbanden in een tabel gegeven.

De temperatuur en de luchtvochtigheid zijn tijdens geluidmetingen gemeten en vastgelegd op een datalogger. De temperatuur varieerde tijdens de metingen tussen 15 en 20° Celsius. De opgeslagen gegevens zijn niet verder uitgewerkt en worden in dit rapport niet per meting gepresenteerd.

5.2 Bespreking meetresultaten

In de meetreeks waarvan in paragraaf 5.1 de meetresultaten zijn gepresenteerd zijn diverse vergelijkende metingen opgenomen waaruit de invloed van een aantal parameters kan worden afgeleid. De daarbij geconstateerde verschillen worden hierna besproken. Van de meeste schermtopvarianten is slechts één meting uitgevoerd, zodat geen uitgebreide informatie beschikbaar is inzake de herhaalbaarheid van de metingen. Van het reflecterende en het absorberende basisscherm zijn echter 4 resp. 3 metingen beschikbaar. Tussen deze 2 groepjes resultaten blijken geen systematische verschillen te bestaan. Uit de gecombineerde resultaten kan worden geconcludeerd dat het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de meetresultaten ca. $\pm 0,5$ dB(A) bedraagt. Bij het beoordelen van de significante van optredende verschillen zal hiervan uit worden gegaan.

De interpretatie en verklaring van deze gegevens zullen in de derde en vierde stap van het onderzoek aan de orde komen.

5.2.1 Onderkant dicht / open

Bij de T - en L - toppen kan onder de absorptieplaten een dichte bodemplaat worden aangebracht. Bij de T – toppen leverde dit vrij beperkte verschillen op van 0,2 tot 0,9 dB(A), met de grootste invloed bij het dunste absorptiemateriaal (zie metingen 20/21,

26/27 en 34/35). Bij de L – toppen, georiënteerd naar de bron, bleek het verschil met 2,0 en 2,1dB(A) beduidend groter (zie metingen 44/46 en 52/53).

5.2.2 *Afdekken zijkanten absorptiemateriaal*

Zoals reeds in paragraaf 4.3 en 4.4 is besproken is de invloed van het afdekken van de zijkanten van het absorptiemateriaal bij L – en T – toppen gering (kleiner dan 0,4 dB(A); zie metingen 19/20, 36/56 en 44/45).

5.2.3 *Reflecterend of absorberend basisscherm*

Een groot aantal metingen is uitgevoerd met zowel een reflecterend als een absorberend basisscherm. Het blijkt dat het verschil in Diffraction Index Difference tussen een reflecterend en een absorberend basisscherm varieert van – 1,6 tot + 0,7 dB(A). De grootste verschillen zijn, gezien de herhaalbaarheid van de metingen, juist significant.

5.2.4 *Oriëntatie van de L – toppen*

Bij twee van de varianten van de L-toppen is de top zowel georiënteerd in de richting van de bron als in de richting van de microfoons. Dit blijkt een aanmerkelijk verschil op te leveren ten nadele van de oriëntatie met de top naar de microfoons (4,3 en 4,8 dB(A); metingen 44/44a en 46/46a)

5.2.5 *Absorptiemateriaal droog of nat*

Het natspuiten van het absorptiemateriaal geeft bij mineraalwol en bij de cassette gevuld met mineraal wol een aanmerkelijke afname van de Diffraction Index Difference (- 3,1 resp. - 2,4 dB(A); meting 21/22 resp. 30/31).

Bij Durisol geeft het natspuiten juist een geringe (niet significante) toename (+ 0,3 dB(A); meting 36/37).

6 Literatuur

- [1] Pr ENV 1793-4, *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 4: Intrinsic characteristics – In situ values of sound diffraction*, UNI – AFNOR (BNSR) Draft standard, Working Draft - Version 2.3, 18-09-2001.
- [2] Roo, F. de, *Plan van aanpak onderzoek schermtoppen*, Memorandum nr. HAG-MEM-010132c, TNO TPD, Delft, 7 december 2001.
- [3] GCW-1896, *Richtlijn Geluidbeperkende Constructies langs Wegen*, Staatsuitgeverij, 1987.
- [4] Pr ENV 1793-5, *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 5: Intrinsic characteristics – In situ values of sound reflection and airborne sound insulation*, CEN Working Draft – Version 5.1, 27 November 2000.
- [5] ISO 140-3, *Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements*, International Standard, ISO, Geneve, 1995.
- [6] NEN-EN 1793-2, *Geluidbeperkende constructies langs wegen – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 1: Intrinsieke waarden voor de geluidisolatie*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1^e druk, september 1997.

Bijlage A Geluidisolatie van het basisscherm

Om de geluidisolatie van het basisscherm met en zonder de voorzetwand te kunnen beoordelen zijn 19 november 2001 geluidsmetingen verricht. De metingen zijn uitgevoerd volgens methode PrENV 1793-5. Tijdens deze metingen is de afzuiginstallatie en de radio in de naastgelegen hal uitgezet. Er zijn drie varianten van het basisscherm (met en zonder voorzetwand) gemeten n.l.:

- Alleen het houten basisscherm, bestaande uit houten delen van Azobé met een dikte van 40 mm; massa 37,3 kg/m²;
- Het houten basisscherm met een absorberende voorzetwand, opgebouwd (vanaf de bronzijde) als volgt:
 - * steenwol platen; dikte 50 mm;
 - * geperste houtvezelplaat dikte 18 mm;
 - * spouw 32 mm;
 - * houten basisscherm Azobé; dikte 40 mm.
- Het houten basisscherm met een reflecterende voorzetwand, opgebouwd (vanaf de bronzijde) als volgt:
 - * geperste houtvezelplaat dikte 18 mm;
 - * steenwol platen; dikte 50 mm;
 - * spouw 82 mm;
 - * houten basisscherm Azobé; dikte 40 mm.

De metingen zijn uitgevoerd op het 3^{de} segment van het scherm. De bron stond opgesteld aan de kant van het scherm waar de voorzetwanden werden geplaatst. De microfoon stond uiteraard aan de andere zijde van het scherm. Foto A1 geeft een impressie van het basisscherm en de opstelling van de geluidbron.

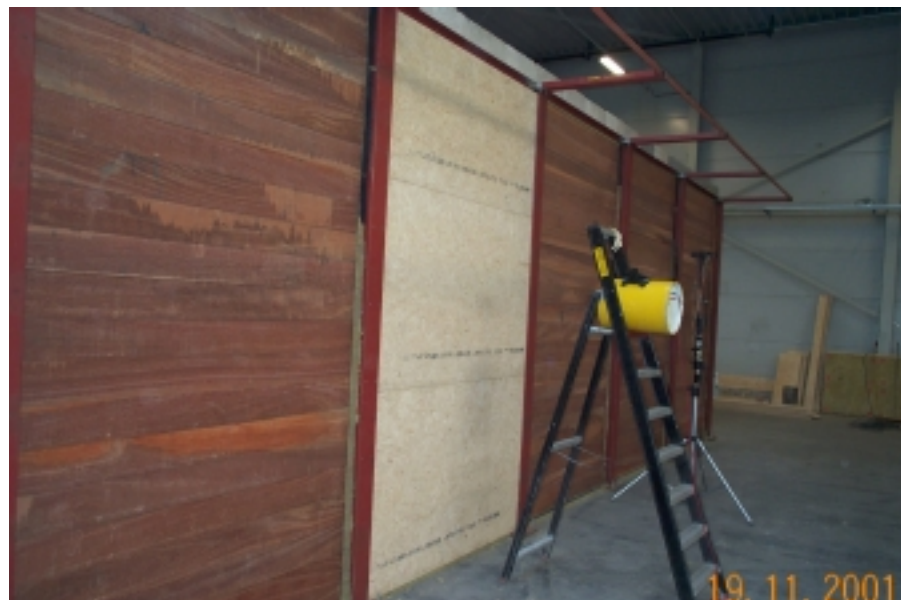


Foto A1: Impressie van het basisscherm en de geluidbron tijdens de metingen van de geluidisolatie.

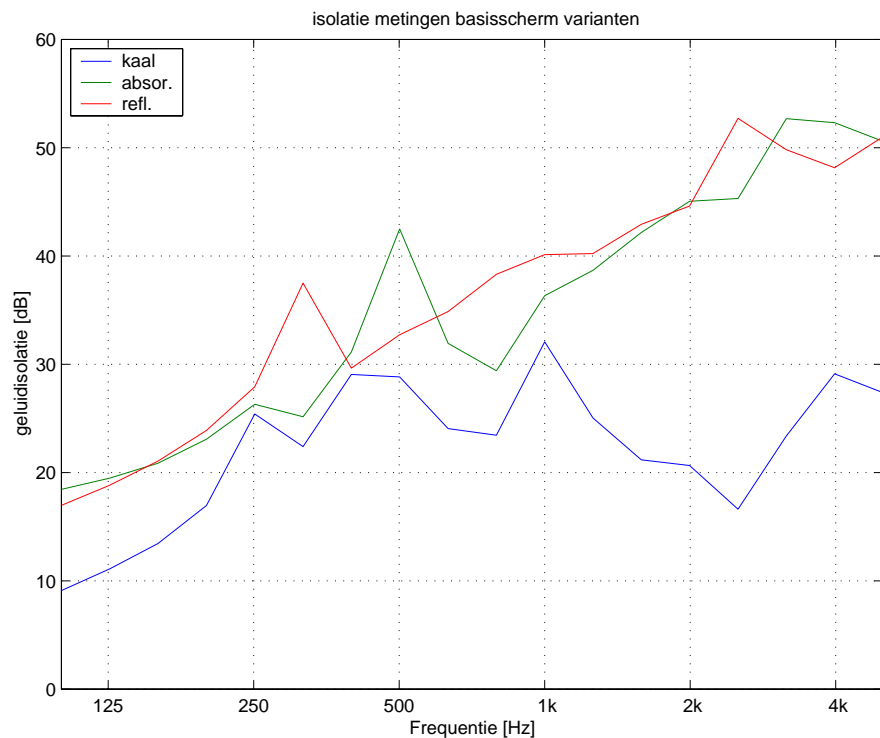
De bron werd opgesteld op een afstand van 1,25 meter van het scherm op een hoogte van 1,75 meter en de microfoon, aan de andere kant, op een afstand van 0,25 meter eveneens op een hoogte van 1,75 meter.

Om de geluidisolatie te kunnen bepalen is vervolgens, op een daarvoor geschikte positie in de hal, een vrije veld meting verricht met de bron en microfoon 1,29 meter uit elkaar op een hoogte van ongeveer 1,75 meter. Foto A2 hieronder geeft een beeld van de geluidmeting in het vrije veld.



Foto A2: Geluidmeting in het vrije veld.

De metingen zijn op een identieke wijze als de diffractietest metingen vastgelegd en geanalyseerd, met behulp van een 'Adrienne window' techniek zoals in de norm is vastgelegd. Vervolgens is de geluidisolatie berekend door het verschil te bepalen tussen de geluidsniveaus van de metingen in het vrije veld en de verschillende basisscherm varianten. Figuur A1 hieronder geeft een overzicht van de gemeten geluidsisolatie in 1/3-octaaftanden van de drie basisschermen varianten.

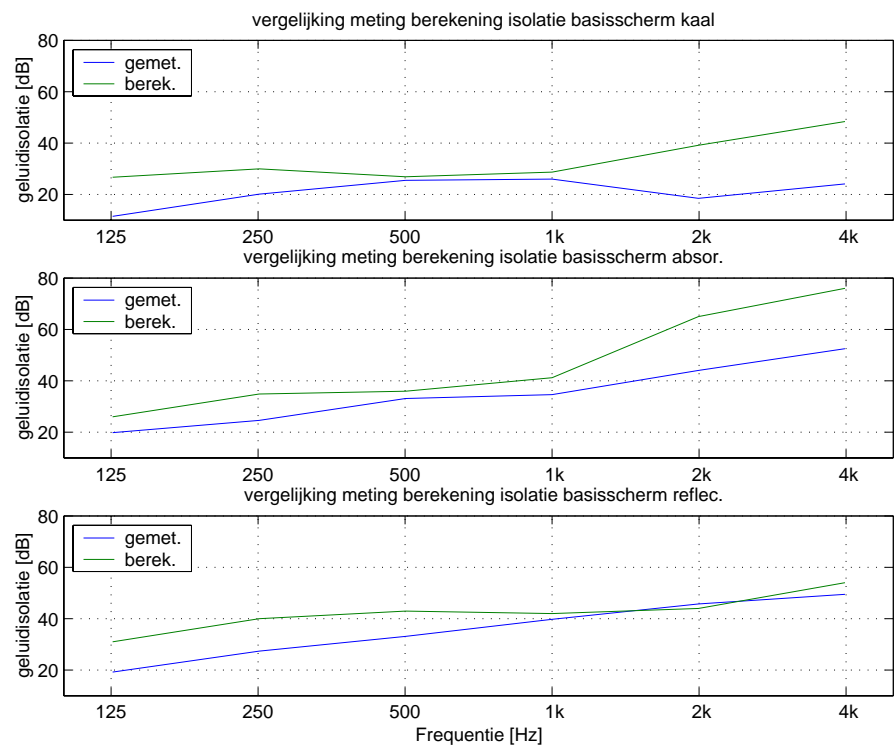


Figuur A1: Gemeten geluidisolatie in 1/3-octaaftanden van de drie basisscherm varianten.

Zoals in het hoofdrapport staat beschreven zijn van de drie basisscherm varianten eveneens berekeningen uitgevoerd met het simulatiemodel Baslab, versie 3.2-1999. Tabel A-1 geeft niet alleen een overzicht van de berekende geluidisolatie in 1/1-octaaftanden van de simulaties maar tevens van de gemeten geluidisolaties in 1/1-octaaftanden. De waarden uit tabel A1 zijn in figuur A2 in grafieken weergegeven.

Tabel A1: Overzicht van de berekende en gemeten geluidisolatie in 1/1-octaaftanden van de drie basisscherm varianten.

Basisscherm variant	125 Hz	250	500	1000	2000	4000 Hz	DL _R [dB(A)]	DL _{SI} [dB(A)]
Kaal								
Gemeten	11	20	26	26	19	24		21
Berekend	27	30	27	29	39	48	29	
Absorb.								
Gemeten	20	25	33	35	44	52		30
Berekend	26	35	36	41	65	76	37	
Reflec.								
Gemeten	19	27	33	40	46	50		31
Berekend	31	40	43	42	44	54	41	



Figuur A2: Overzicht van de berekende en gemeten geluidisolatie in 1/1-octaaftanden van de drie basisscherm varianten.

Bijlage B Detailfoto's schermtopvarianten

Werkplek TNO TPD



Referentiemeting



Basisscherm absorberende voorzetwand



Basisscherm met reflecterende voorzetwand



Basisscherm reparatie



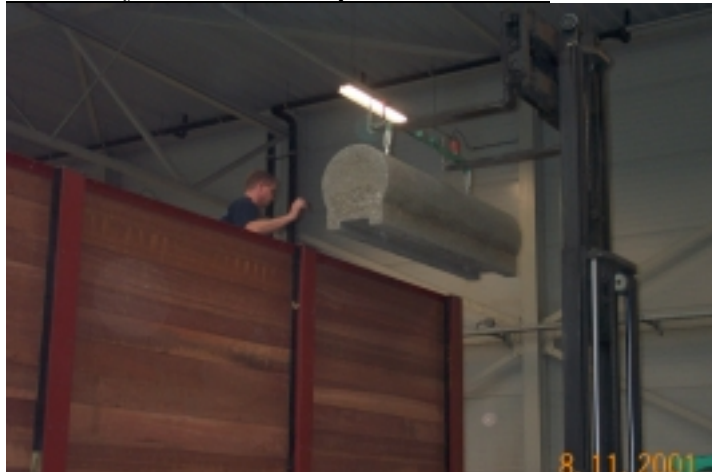
T-top met 200 mm mineraal wol met geperste houtvezelplaten



Durisol Cylinder met op de achtergrond Durisol 160 mm en 70 mm vlak.



Durisol Cylinder Plaatsen op het basisscherm



Ten Berge Coatings Korf



Mitac POAL Hi-shut



Durisol profiel 180-100 mm



Klöckner Bitumen



3-Voudige schermrand absorberend



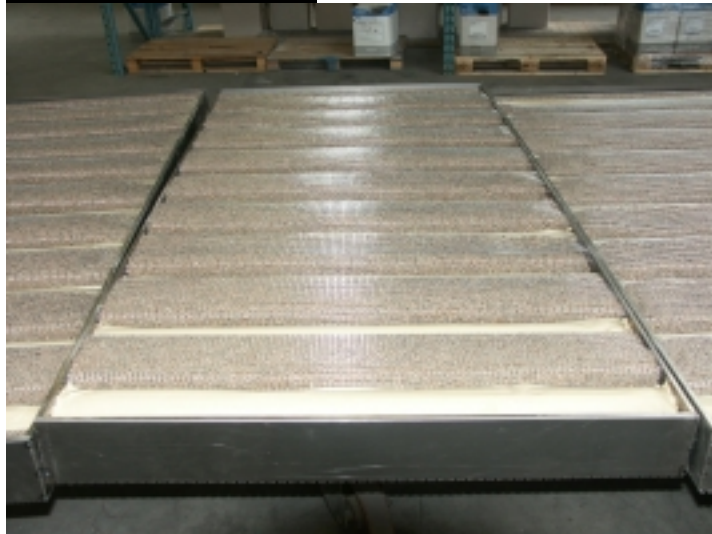
HBG-Top



Basisscherm met T-frame



Porocom profiel Tremolo.



Porocom Tremolo



Aborberend materiaal van de Porocom Tremolo.



Porocom Tremolo op het basisscherm

Bijlage C Frequentieafhankelijke meetresultaten

C.1 Keuze van het referentieschermb

Zoals in paragraaf 5.1 is besproken is in de toegepaste verwerking van de meetresultaten overeenkomstig PrENV 1793-4 versie 2.3 steeds het reflecterend basisschermb gebruikt als referentie voor de bepaling van de Diffraction Index Difference (ΔDI).

Voor varianten die zijn geplaatst op het absorberend basisschermb zou echter het absorberend basisschermb als referentie een logische keuze zijn.

Voor de bepaling van de Single-number Rating van de Diffraction Index Difference in dB(A) maakt dit nagenoeg geen verschil hetgeen blijkt uit de resultaten van een aantal vergelijkingen zoals aangegeven in tabel C-1.

Tabel C-1 Vergelijking tussen Single-number Ratings van de Diffraction Index Difference (ΔDI) bepaald met een absorberend en een reflecterend basisschermb, als referentie.

Type	Nr	Single-number ΔDI [dB(A)] Ref. = abs. basissch.	Single-number ΔDI [dB(A)] Ref. = refl. basissch.
Referentie meting met basisschermb	3	-0,1	-0,1
Kloeckner bitumen extra abs.	7	-1,0	-1,0
Durisol cylinder	54	-0,5	-0,5
3v-rand schermrand reflecterend	16	4,7	4,7
T-top 100 mm minerale wol	23	6,0	6,0
T-top cassette 120-60 mm	29	5,9	6,0
L-top Durisol profiel 180-100 mm	51	4,7	4,7

De frequentieafhankelijke waarden van de ΔDI kunnen in sterkere mate worden beïnvloed door de keuze van het referentieschermb.

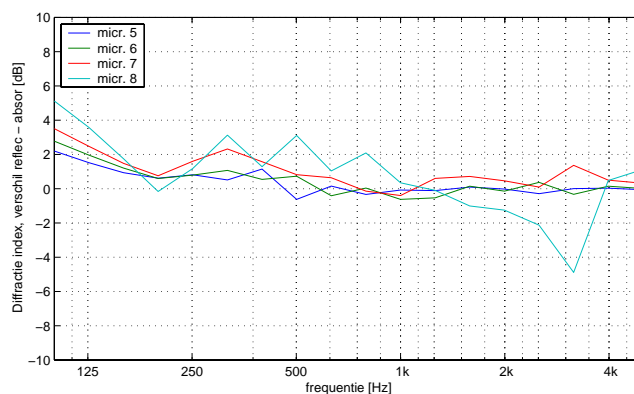
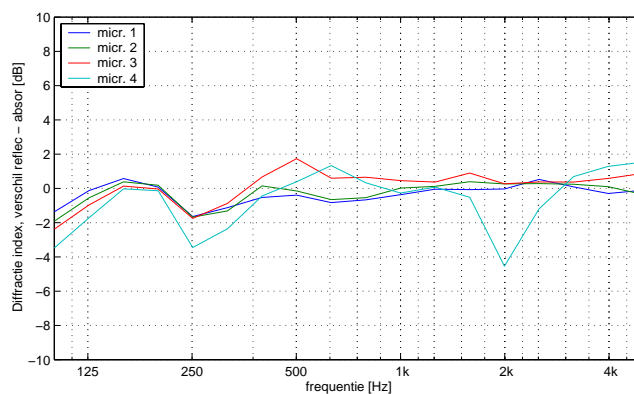
In de grafieken en tabellen van de Diffraction Index Difference (ΔDI) die worden gegeven in de Bijlagen C.2, C.3 en C.4 is steeds het reflecterend basisschermb van meting nr. 10 als referentie gebruikt.

De wijzigingen die in deze grafieken en tabellen zullen optreden bij gebruik van het absorberend basisschermb als referentie zijn altijd dezelfde en worden geven in tabel C.2 en in figuur C.1.

Door de getallen van tabel C.2 af te trekken van de gegevens uit de Diffraction Index Difference tabellen in de Bijlagen C.2, C.3 en C.4 verkrijgt men de waarden die gelden voor een absorberend basisschermb als referentie.

Tabel C2: Berekende waarden voor correctie van de Diffraction Index Difference [ΔDI in dB] per microfoon en totaal indien het absorberend basisscherm alsnog als referentie gebruikt dient te worden.

f (Hz)	mic.1	mic.2	mic.3	mic.4	mic.5	mic.6	mic.7	mic.8
100	-1.4	-1.9	-2.4	-3.5	2.2	2.8	3.5	5.1
125	-0.1	-0.6	-1.0	-1.7	1.5	2.0	2.5	3.6
160	0.6	0.4	0.1	-0.0	0.9	1.2	1.5	1.7
200	0.1	0.2	-0.0	-0.1	0.6	0.6	0.8	-0.2
250	-1.6	-1.7	-1.8	-3.5	0.8	0.8	1.6	1.2
320	-1.1	-1.3	-0.9	-2.4	0.5	1.1	2.3	3.1
400	-0.5	0.1	0.7	-0.4	1.1	0.5	1.6	1.3
500	-0.4	-0.2	1.7	0.4	-0.6	0.7	0.8	3.1
630	-0.8	-0.7	0.6	1.3	0.2	-0.4	0.6	1.0
800	-0.7	-0.5	0.6	0.3	-0.3	0.0	-0.1	2.1
1000	-0.4	0.0	0.5	-0.3	-0.1	-0.6	-0.4	0.3
1250	-0.0	0.1	0.4	0.1	-0.1	-0.5	0.6	-0.1
1600	-0.1	0.4	0.9	-0.5	0.1	0.1	0.7	-1.0
2000	-0.0	0.3	0.3	-4.5	-0.0	-0.1	0.5	-1.3
2500	0.5	0.3	0.4	-1.2	-0.3	0.4	0.1	-2.1
3200	0.1	0.2	0.4	0.7	0.0	-0.3	1.4	-4.9
4000	-0.3	0.1	0.6	1.3	0.0	0.1	0.5	0.5
5000	-0.1	-0.4	0.9	1.5	-0.1	0.0	0.3	1.1



Figuur C1: Berekende correctie waarden voor de Diffraction Index Difference [ΔDI in dB] per microfoon indien het absorberend basisscherm als referentie gebruikt moet worden.