



Onderzoek naar de geschiktheid van ISO 1996:2 om tonaliteit van racelawaai vanwege het circuit Zandvoort vast te stellen

Datum

2 december 2010

Document

VKa.09nh11.10r039

VANKEULEN advies bv



T 073-5114942

F 073-5118254

I www.vankeulenadvies.nl

VANKEULEN advies bv



T 073-5114942
F 073-5118254
I www.vankeulenadvies.nl

Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en VANKEULEN advies bv (DNR 2005, art. 46).

Titel

Onderzoek naar de geschiktheid van ISO 1996:2 om tonaliteit van racelawaai
vanwege het circuit Zandvoort vast te stellen

Opdrachtgever

Provincie Noord-Holland
Directie Beleid; sector Milieu
Postbus 3007
2001 DA Haarlem

Auteur



Document

VKa.09nh11.10r039

Datum

2 december 2010

Aantal bladzijden

19

SAMENVATTING

In opdracht van Provincie Noord-Holland is een onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van een methode om de eventuele tonaliteit van racegeluid afkomstig van het Circuit Park Zandvoort (CPZ) objectief vast te kunnen stellen. Hierbij is samengewerkt met internationale deskundigen op de vakgebieden racelawaai en tonaliteit.

Bij de vergunningverlening is het belangrijk de vergunningswaarden te kunnen toetsen. Hierbij speelt tonaliteit een grote rol. Tonaal wil zeggen: een toon met een bepaalde frequentie, die gedurende langere tijd als zodanig herkenbaar is. Tonale geluiden kunnen tot extra hinder leiden. In de wetgeving wordt daarom bij de toetsing een straffactor van 5 dB(A) aangehouden.

Op dit moment geschiedt de vaststelling van tonaliteit door twee controleurs. Indien beide aangeven dat er sprake is van tonaliteit dan wordt het betreffende geluid als tonaal aangemerkt. Het grootste bezwaar tegen deze methode is het subjectieve karakter ervan. Een waarneming van een percept (bv tonaliteit) wordt door een groot aantal andere vaak niet-akoestische factoren (stimuli) beïnvloed. Een objectief meetsysteem is hiervoor ongevoelig en de resultaten zijn daarom reproduceerbaar.

In het kader van het onderhavige onderzoek zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Inventarisatie van de huidige situatie rond het CPZ
2. Inventarisatie naar de geluidtechnische eigenschappen van racegeluid
3. Uitwerken van een meetprotocol op basis van de norm ISO 1996-2, Annex C van 2001
4. Controlemetingen waarin het protocol wordt getest
5. Vastleggen van het definitieve meetprotocol

De nieuwe meetmethodiek met betrekking tot de immisie bestaat uit de meetmethode volgens ISO 1996-2 en een meetprotocol welke past bij veranderlijke geluiden zoals raceauto's. Tevens sluit zij aan bij de oude methode op basis van luisteren. Bij het vaststellen van tonaliteit van een gebeurtenis (race) wordt het volgende meetprotocol voorgesteld.

1. Op een immissiepunt worden opnamen gemaakt van minimaal 20 s lang.
2. Iedere opname wordt opgedeeld in *cars* van 2 s lengte
3. De frequentieresolutie is 3 Hz
4. De helling is 1 dB(A)

5. Van iedere *car* wordt de tonaliteit bepaald met behulp van specifieke software.
6. Indien 70% van de *cars* tonaal is, wordt de gebeurtenis voorlopig als tonaal gekwalificeerd.
7. Stap 4 wordt herhaald met helling van 0,5 en 2 dB(A).
8. Indien de resultaten niet meer dan een factor 2 afwijken van die van stap 6 is de gebeurtenis definitief tonaal
9. De meest opvallende piek wordt nogmaals getoetst op logische oorzakelijkheid (geen artefact meetapparatuur, geen vogels ed)
10. Voor de gebeurtenissen die in stap 8 als tonaal zijn bepaald, geldt een toeslag van 5 dB(A).

De tijdsduur van een dergelijke meting en analyse is in de orde van enkele minuten. De metingen en analyses kunnen daarom ter plekke worden uitgevoerd.

Uit de metingen en analyse volgt dat het voorgestelde meetprotocol met een percentage 70% tonaal, eenduidig en robuust is. Het blijkt dat van de gemeten raceklassen de F1 en F3 tonaal zijn en de andere gemeten raceklassen niet.

Concluderend kan gesteld worden dat:

1. het meetprotocol op basis van ISO 1996-2 goed geschikt is voor het bepalen van tonaliteit van racegeluid vanwege het Circuit Park Zandvoort op een immissiepunt in de buurt.
2. een aangepast meetprotocol op basis van ISO 1996-2 voor Pass-by metingen op meetpunt 1 naast de baan zou geschikt kunnen zijn om tonale uitschieters te detecteren.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	3
INHOUDSOPGAVE	5
1 INLEIDING	6
2 TONAAL GELUID	8
3 EIGENSCHAPPEN RACELAWAAI	9
4 MEETMETHODE	11
4.1 Reproduceerbaar	11
4.2 Repeteerbaar	11
4.3 Representatief	11
4.4 Huidige en nieuwe meetmethode	12
4.5 ISO 1996–2, Annex C	12
4.6 Implementatie	14
5 METINGEN	15
6 MEETPROTOCOL	18
6.1 Immissie	18
6.2 Emissie	19
7 LITERATUUR	20

1 INLEIDING

In opdracht van Provincie Noord-Holland is een onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van een methode om de eventuele tonaliteit van racegeluid afkomstig van het Circuitpark Zandvoort (CPZ) objectief vast te kunnen stellen. Hierbij is samengewerkt met internationale deskundigen op de vakgebieden racelawaai en tonaliteit.

In figuur 1 staat een luchtfoto van het betreffende circuit.



Figuur 1: Luchtfoto van het circuit Zandvoort

Bij de vergunningverlening is het belangrijk de vergunningswaarden te kunnen toetsen. Hierbij speelt tonaliteit een grote rol omdat het tot extra hinder kan leiden. In de wetgeving wordt daarom bij de toetsing een toeslag van 5 dB(A) aangehouden (zie H3).

Op dit moment geschiedt de vaststelling van tonaliteit door twee representanten van het bevoegd gezag. Indien beide aangeven dat er sprake is van tonaliteit dan wordt het betreffende geluid als tonaal aangemerkt. Het grootste bezwaar tegen deze methode is het subjectieve karakter ervan. Een waarneming van een percept (bv tonaliteit) wordt door een groot aantal andere vaak niet-akoestische factoren (stimuli) beïnvloed. Een objectief meetsysteem is hiervoor ongevoelig en de resultaten zijn daarom reproduceerbaar (zie H4).

In het kader van het onderhavige onderzoek zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Inventarisatie van de huidige situatie rond het CPZ
2. Inventarisatie naar de geluidtechnische eigenschappen van racegeluid
3. Uitwerken van een meetprotocol op basis van de norm ISO 1996-2, Annex C¹
4. Controlemetingen waarin het protocol wordt getest
5. Vastleggen van het definitieve meetprotocol

Onderdeel van het onderzoek was het bijwonen van een symposium in Silverstone met betrekking tot racegeluid en een instructie- en analysedag bij Delta Acoustics in Kopenhagen met betrekking tot tonaliteit.

2 TONAAL GELUID

Om een goede beoordeling van racelawaai te verkrijgen, dienen naast het monitoren van gemiddelde geluidniveaus ook psychofysische aspecten meegenomen worden. De eerste en waarschijnlijk meest belangrijke is tonaliteit². Tonaal wil zeggen: een toon met een bepaalde frequentie, die gedurende een langere tijd als zodanig herkenbaar is.

Psychofysisch is tonaliteit een moeilijk begrip. Ieder signaal dat kort wordt beluisterd is tonaal. Het menselijk gehoor is zeer selectief als het om tonaliteit gaat. Zelfs korte aanbiedingen van witte ruis kan als tonaal worden aangemerkt (*roving spectra*; zie ook §4.5).

Ook kunnen signalen zonder duidelijke spectrale lijnen tonaal zijn. Voorbeelden zijn “gekleurde” of herhaalde ruisen zoals die vaak in elektronische muziek worden toegepast. Het tijdvenster waarin ons gehoor (of beter de cortex) tonaliteit vaststelt, bedraagt minder dan 300 ms³. Dit houdt dus in dat de meettijd van welk meetsysteem dan ook significant langer dan 1 s dient te zijn.

Het meten en beoordelen van geluidmetingen dient plaats te vinden overeenkomstig de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999⁴.

Dit betekent dat bij controle op naleving van de vergunning een toeslag van 5 dB wordt toegepast als daadwerkelijk sprake is van tonaal karakter van een activiteit.

Naast het vaststellen van de geluidniveaus tijdens activiteiten op het Circuit Park was het doel van de metingen in dit onderzoek ook het beoordelen of de geluidimmissie ter hoogte van de woningen als tonaal gekarakteriseerd kan worden.

Als er sprake is van een tonaal karakter dient er op de gemeten of berekende equivalente geluidbelasting vanwege de gehele inrichting in de betreffende etmaalperiode een toeslagfactor van 5 dB(A) in rekening te worden gebracht. Zie hiervoor ook het gestelde in de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999. Op welke wijze de correctiefactor moet worden toegepast als het tonale geluid niet continu optreedt, zij verwezen naar de hiervoor vermelde Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai: de correctiefactor wordt toegepast voor dat deel van de tijd dat er sprake is van tonaal geluid.

De wetgever heeft nog geen objectieve meetmethode vastgesteld om te kunnen bepalen of er sprake is van een tonaal karakter. In principe dient als criterium te worden aangehouden dat het “tonale karakter” duidelijk hoorbaar moet zijn bij de ontvanger. Vanwege het subjectieve karakter van deze beoordelingssystematiek is de huidige werkwijze binnen de provincie dat het tonale karakter door twee of meer representanten van het bevoegd gezag wordt vast gesteld.

3 EIGENSCHAPPEN RACELAWAAI

Het motorgeluid ten gevolge van raceauto's wordt gekenmerkt door inlaat- en uitlaatgeluid. Zowel het inlaat- als het uitlaatgeluid bestaat uit een reeks pulsen met als grondfrequentie het motortoerental. Voor "open" motoren heeft het derhalve een sterk tonaal karakter. een sterk tonaal karakter.

Bij viertaktmotoren wordt het aanzuigen van het verse mengsel en het uitblazen van de verbrandingsgassen door de op- en neergaande zuiger tezamen met de kleppen gestuurd. Daardoor vindt dit proces veel geleidelijker plaats waardoor de pulsen veel minder steil en daardoor langer zijn. Het geluid is dan minder "scherp" en minder sterk tonaal. Het toepassen van geluiddempers, meestal in de uitlaat, heeft als doel het pulskarakter met een grote inhoud aan hoge, voor het gehoor extra hinderlijke, frequenties zoveel mogelijk om te zetten in een gelijkmatige uitstroming met minder hoogfrequente componenten.

Op basis van voornoemde kan als vuistregel worden gehanteerd dat categorieën waarbij elke vorm van uitlaatgeluiddemping ontbreekt als tonaal (zie H3) kunnen worden aangemerkt. Dit geldt ook voor tweetakt-raceklassen⁵.

Raceauto's en -motoren rijden rond op een circuit met meerdere bochten waarbij auto's remmen en optrekken. Verder rijden er meerdere voertuigen tegelijkertijd. Hierdoor treden er spectrale verschuivingen en optellingen op. Het circuit van Zandvoort is hiervan een voorbeeld

Racelawaai is vanwege zijn specifiek karakter zeer opvallend. Als vuistregel kan worden aangehouden dat het al waarneembaar is zodra het niveau minder dan 15 dB(A) onder het heersende achtergrond geluidniveau ligt⁶. Voor andere bronnen zonder een dergelijke herkenbaarheid en hinderlijkheid is dat in zijn algemeenheid ongeveer 10 dB(A). Het verschil van 5 dB(A) komt overeen met de toeslag bij toetsing in geval van tonaal geluid.

Het is in de literatuur niet altijd duidelijk of racegeluid tonaal is⁷. In het algemeen wordt in de literatuur aangehouden dat racegeluid niet tonaal is (behoudens de bijzondere raceklassen zoals deF1). Individuele voertuigen binnen een raceklasse kunnen wel zeker tonaal zijn.

Door de unit Handhaving van de provincie Noord-Holland zijn in het verleden los van bovenstaande argumentatie toch een aantal raceklassen op basis van waarnemingen als tonaal aangemerkt, het betreft hier:

- Formule 1
- Formule 3
- Formule BMW
- DTM

Dynamische metingen aan racegeluid hebben de voorkeur boven statische metingen. Statische metingen kunnen eenvoudig door elektronisch hulpmiddelen in het motormanagement beïnvloedt worden. Verder worden bij dynamisch metingen ook het band/wegdek geluid meegenomen al is het motorgeluid dominant. Opvallend is dat er geen verband te vinden is tussen dynamische en statische metingen⁸.

4 MEETMETHODE

Bij een meetmethode en –protocol is het van belang dat deze de volgende elementaire eigenschappen heeft⁹:

1. Reproduceerbaar
2. Repeteerbaar
3. Representatief

4.1 Reproduceerbaar

Reproduceerbaarheid is het steeds opnieuw kunnen bereiken van een vergelijkbaar resultaat wanneer een beschreven meetprocedure wordt uitgevoerd. Dat houdt in dat bij metingen van een fysische grootte de spreiding van meetwaarden, als de meting onder *verschillende* omstandigheden wordt uitgevoerd: door verschillende personen, verspreid over een langere periode of met verschillende meetapparaten, binnen vooraf gestelde eisen valt.

Door een ander team en op een andere dag dienen dezelfde raceauto's als tonaal te worden aangemerkt.

4.2 Repeteerbaar

Repeteerbaarheid (herhaalbaarheid) is een van de manieren waarop de precisie van een serie metingen kan uitdrukken. Onder herhaalbaarheid verstaat men een maat voor de spreiding van meetwaarden die onder *dezelfde* omstandigheden werden uitgevoerd. Daaronder verstaat men: door dezelfde persoon, met dezelfde meetmethode, met dezelfde meetapparatuur en hulpstoffen, en binnen een kort tijdsbestek (een dag).

Door hetzelfde team en op een dezelfde dag dienen dezelfde raceauto's als tonaal te worden aangemerkt.

4.3 Representatief

Een meetmethode is representatief indien de meetwaarden overeenkomen met de werkelijke waarden. Een afwijking wordt vertekening of *bias* genoemd. De representativiteit bepaalt in grote mate de nauwkeurigheid van een meting (en de verdere analyse), niet de precisie van de meting.

De raceauto's waarvan het geluid als tonaal kan worden aangemerkt dienen ook werkelijk tonaal te zijn. Een *bias* kan zijn dat alle raceauto's niet tonaal zijn of juist alle zijn wel tonaal. De conclusies en gevolgen daarvan gebaseerd op dergelijke *biased* metingen hebben dan geen enkele waarde.

4.4 Huidige en nieuwe meetmethode

Zoals eerder vermeld, werkt de huidige methode van luisteren door controleurs in zijn algemeenheid voldoende. De methode is daarmee representatief. Echter de waarneming van een percept (in dit geval tonaliteit) wordt door een groot aantal andere vaak niet-akoestische factoren (stimuli) beïnvloed. De meetwaarden zijn daarom beperkt reproduceerbaar. Naar alle waarschijnlijkheid zijn ze wel repeteerbaar.

Een objectief meetsysteem is ongevoelig voor verschillende meetomstandigheden en de resultaten zijn daarom wel reproduceerbaar en repeteerbaar. Voornoemde impliceert niet automatisch dat deze metingen representatief zijn. Daarom dient er gezocht te worden naar een meetprotocol dat representatief is.

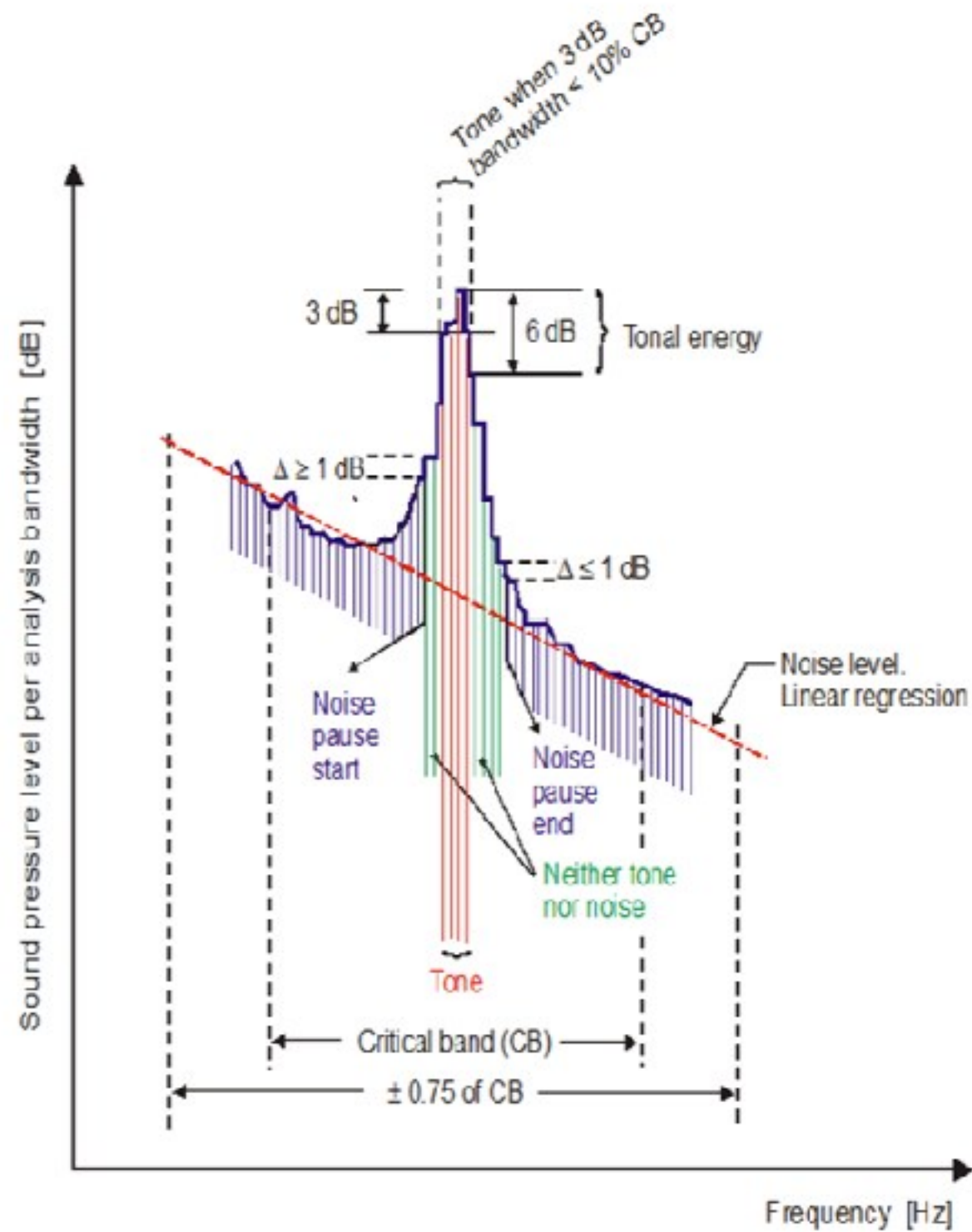
4.5 ISO 1996-2, Annex C

In de ISO-norm 1996-2, Annex C¹ staat een methode om de tonaliteit van een geluid objectief vast te kunnen stellen op basis van een detectiealgoritme. De methode is gebaseerd op Joint Nordic method, version 2.

Dit algoritme is gebaseerd op de analyse van kritieke banden die een rol spelen bij monaurale (éénorige) maskering¹⁰. Hierbij wordt rekening gehouden dat geluiden buiten elkaars kritieke band elkaar niet maskeren en binnen elkaars kritieke band wel. De methode kent procedures voor zuivere tonen en smalbandige ruis. Een richtlijn voor de meettijd is volgens de norm 1 minuut voor stationaire signalen. Deze meettijd is significant langer dan het tijdvenster van ons gehoor (zie H3). Hierin ligt een bron van discrepantie tussen de resultaten van de bestaande methode en de ISO-methode bij veranderlijke signalen op grotere afstanden. In dat geval geeft de norm geen waarde voor de meettijd.

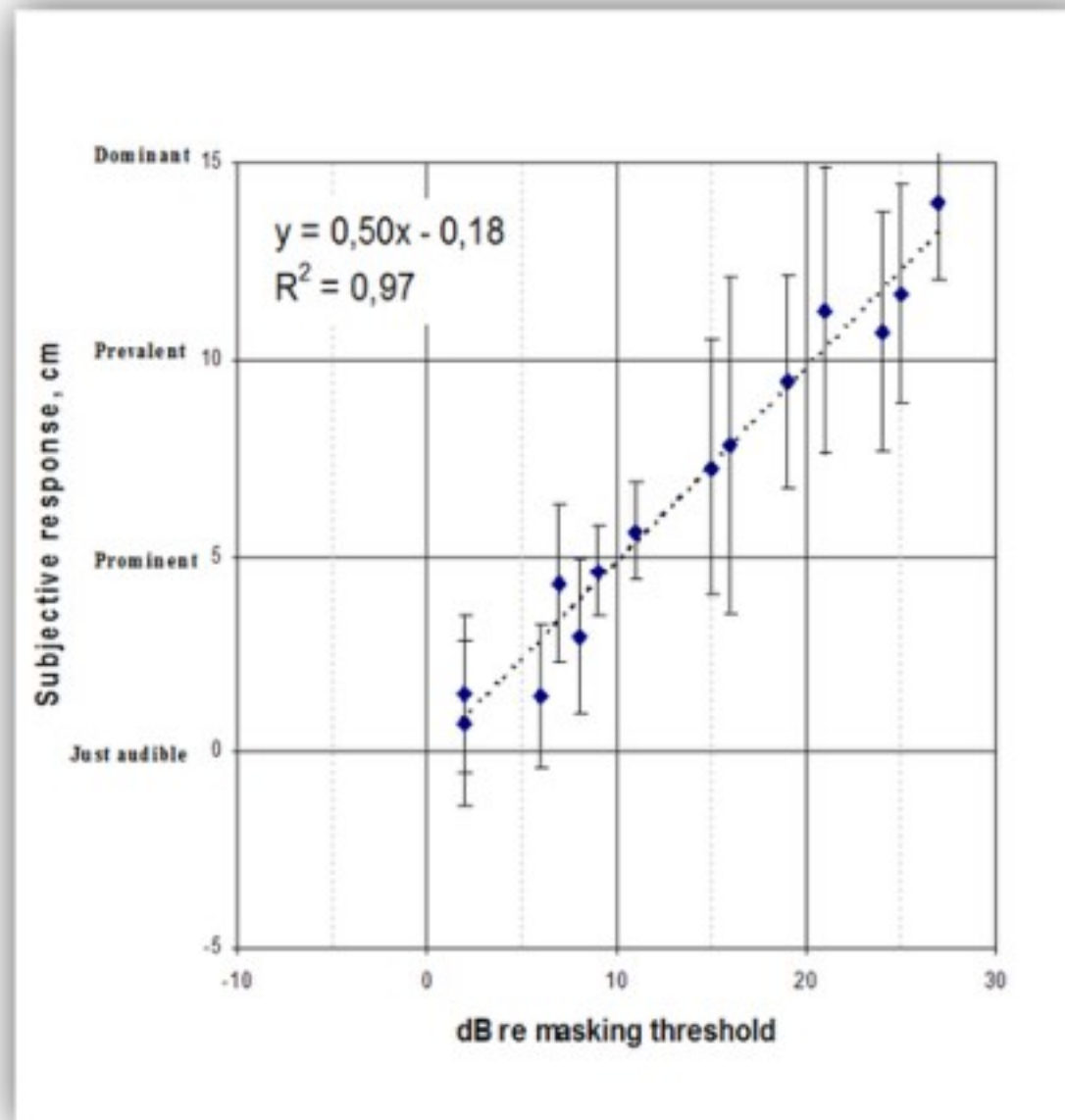
Voor de exacte wiskundige formuleringen wordt verwezen naar de tekst van de Norm. In figuur 2 staat het algoritme grafisch weergegeven.

In Annex D van de Norm staat een eenvoudiger methode weergegeven. Deze lijkt voor racelawaai te onnauwkeurig onder andere omdat tonale componenten in verschillende tertsbanden kunnen vallen¹¹.



Figuur 2: Algoritme ter bepaling van de opvallendheid van een tonale component binnen een kritische band (CB).

Uit metingen¹⁰ blijkt dat het verband tussen de oude methode van luisteren en een test die ten grondslag ligt aan de ISO 1996 lineair is (zie figuur 3). De spreiding in de meetdata wordt veroorzaakt door verschillen in interpretatie van de proefpersonen. Deze spreiding is strikt genomen niet identiek aan de spreiding bij de waarneming van tonaliteit van een gebeurtenis ("oude" methode) maar komt er wel sterk mee overeen.



Figuur 3: Verband tussen subjectieve impressie en tonale opvallendheid

4.6 Implementatie

De hiervoor beschreven ISO-methodiek kan op diverse geluidmeters geïmplementeerd worden¹². Ook kunnen opnamen later geanalyseerd worden met behulp van speciale software waarin de Annex C is geprogrammeerd. Er is hierbij een aantal praktische ervaringen van belang om de methode aan de algemene eisen (zie H4) te laten voldoen¹³:

Frequentiebereik

Het is verstandig het frequentiebereik te beperken tot 10 kHz om overdadig veel tonale componenten boven de 10 KHz te detecteren die in werkelijkheid niet tot tonaliteit leiden.

Ondergrens niveau

De methode is in staat om tonale componenten te detecteren die onder de waarnemingsdrempel liggen en dus niet hoorbaar zijn. Dit kunnen ook artefacten van *roving* spectra zijn (zie H2).

Observering

Uit de praktijk blijkt dat een korte globale observering van de (grafische) analyse nog steeds belangrijk is. Met name om ongewenste situaties te vermijden die het gevolg zijn van een te grote selectiviteit van de ISO-methode met name in situaties waar de geluidniveaus erg laag zijn. Dit is een onwaarschijnlijke situatie rond het circuit.

5 METINGEN

Op zaterdag 5 juni 2010 is er een aantal metingen op het Circuit Park Zandvoort verricht. Het doel was niet het vaststellen van de geluidniveaus maar van geschikte passages kwalitatief hoogstaande opnamen te maken met behulp van een 01dB systeem.

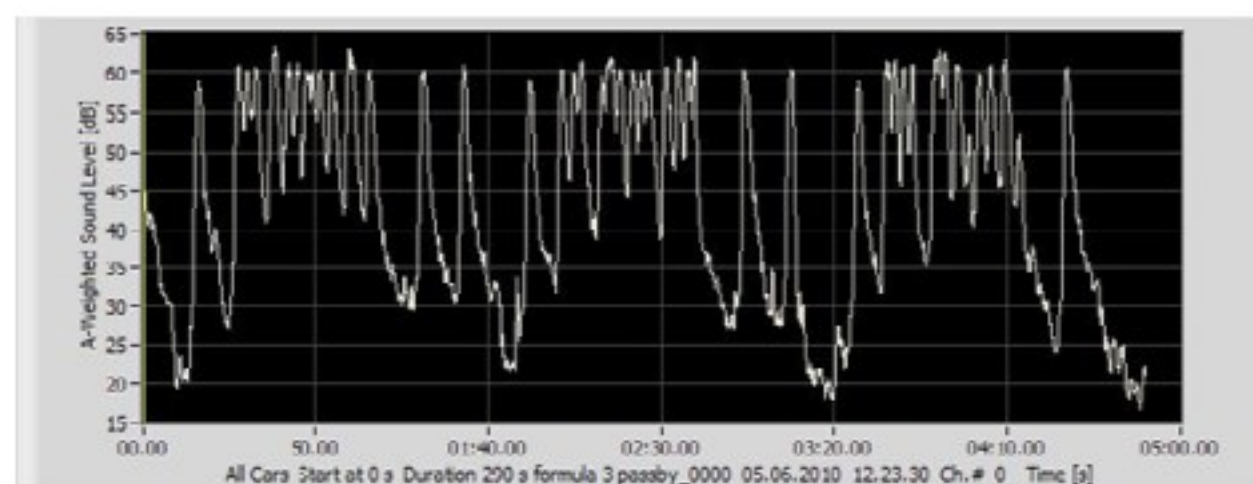
De eerste meetlocatie was nabij de geluidmeetpost op het circuit en betrof dus Pass-by emissiemetingen en de tweede meetlocatie was op 4^{de} verdieping van de Lorentzstraat ten zuiden van het circuit en betrof dus een immissiemeting.

Het evenement betrof de RTL GP Masters of Formula 3. Op de zaterdag vonden er trainingen plaats en een enkele race. In tabel 1 staat een overzicht van de raceklassen die tijdens de metingen aanwezig waren.

Tabel 1: Overzicht van de gemeten raceklassen

klasse	type	motor	
		type	vermogen
Formule 3	monoposto	2.000 CC, 4 cilinder	200 pk @ 5.000 – 7.400 tpm
Dutch GT4	standaard auto's	6/8 cilinder	varieert
Boss GP	oude F1	8 cilinder	>500 pk @ >7.000 tpm
Formule Ford	monoposto	1.600 / 1.800 cc, 4 cilinder	115 / 140 pk
Formule Renault	monoposto	2.000 cc, 4 cilinder	144 pk

De opnamen zijn uitgewerkt in samenwerking met de medeontwikkelaar van de ISO-norm Carsten Thomson van Delta. Hierbij is NoiseLab professional¹⁴ gebruikt wat specifiek voor dit soort doeleinden is geprogrammeerd onder Windows XP. De software is geschikt om verschillende uitsneden in de tijd te maken en die apart te beoordelen. Een dergelijk uitsnede wordt, in dit verband wellicht wat verwarrend, een *car* genoemd. In figuur 4 staat een voorbeeld van een dergelijke opname.

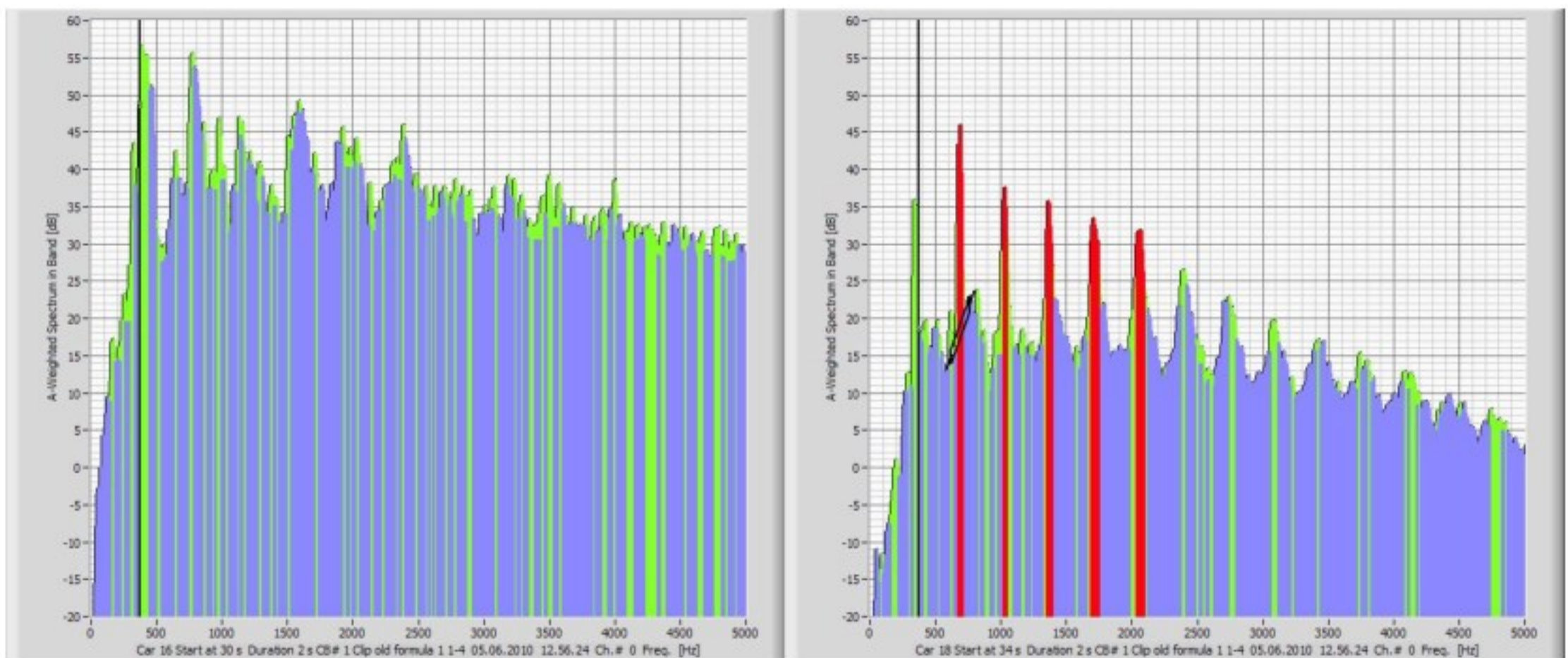


Figuur 4: Voorbeeld opname Formule Ford

Bij de uitwerking is met name gekeken naar de gevoeligheid van de instellingen van verschillende parameters. De belangrijkste parameters zijn:

- Lengte van de *car*
- Frequentieresolutie
- Hellingdetectie.

De lengte van de *car* bepaalt bij veranderlijke signalen de mate van uitsmering door Dopplereffect ed. (zie ook H6). In figuur 5, linker plaatje staat een voorbeeld van een F1 racewagen op het moment dat deze de microfoon passeert. De geluidsniveaus zijn zeer hoog echter de software detecteert geen tonaliteit (geen rode pieken). Echter na 4 seconden is het geluid duidelijk tonaal geworden (harmonisch gelegen rode pieken).



Figuur 5: Detectie van tonaliteit van een passerende F1. Links vlak voor microfoon, rechts 4 seconden later

Vanwege het dopplereffect is de frequentiesprong te groot in verhouding tot de lengte van de *car* waardoor de frequentiecomponenten worden uitgesmeerd en niet meer aan de detectiecriteria voldoen.

Bij frequentieresolutie geldt in principe hetzelfde als bij de meettijd. Uit de analyse van de opnamen blijkt een optimale resolutie van 1 Hz. Echter een analyse met 0,5 en 2 Hz is noodzakelijk om de stabiliteit van de analyse te toetsen (zie ook §4.6).

Uit de analyse blijkt dat de klassen met minder vermogen en/of lagere maximale toerentallen veel minder tonaal (maar niet atonaal) te zijn dan hoogtoerige klassen zoals (oude) F1 en F3

Met het hanteren van een drempelwaarde voor het gemiddelde, wordt voorkomen dat alles tonaal zou worden hetgeen niet overeenkomt met de waarneming.

Door nu verschillende *cars* samen te nemen, kan bepaald worden of een gebeurtenis tonaal is. Uit de analyse blijkt dat een gemiddelde waarde van 0,7 goed reproduceert. Met deze weging zijn alleen F1 en F3 robuust tonaal.

Ook zijn de opnamen van de F3 op het immissiepunt nader met NoiseLab geanalyseerd. Hieruit bleek dat het grootste deel van de *cars* tonaal was. Hiermee zou de gebeurtenis (de F3 training) als tonaal worden aangemerkt. Echter de tonaliteit is veel minder sterk dan bepaald op basis van Pass-by metingen vanwege uitsmering.

Omdat de F3 eenduidig tonaal blijkt te zijn, houdt dit dus in dat er op de UBO-dagen geen bepalingen van de tonaliteit gedaan hoeven te worden.

De tijdsduur van een dergelijke meting en analyse is in de orde van enkele minuten. De metingen en analyses kunnen daarom ter plekke worden uitgevoerd.

Uit de metingen en analyse volgt dat het voorgestelde meetprotocol met een percentage 70% tonaal, eenduidig en robuust is. Het blijkt dat van de gemeten raceklassen de F1 en F3 tonaal zijn en de andere gemeten raceklassen niet.

6 MEETPROTOCOL

6.1 Immissie

De nieuwe meetmethodiek met betrekking tot de immissie bestaat uit de meetmethode volgens ISO 1996-2 en een meetprotocol welke past bij veranderlijke geluiden zoals raceauto's. Tevens sluit zij aan bij de oude methode op basis van luisteren.

Zoals eerder vermeld, staat er in de Norm geen meettijd vermeld voor veranderlijke geluiden. Deze meettijd is echter cruciaal voor de detectie van tonaliteit vanwege:

- Tijdvenster menselijk gehoor
- Dopplereffecten
- Op- en aftoeren van de motoren
- Meerdere bronnen (raceauto's) tegelijk

Om de methodiek meettechnisch te laten voldoen met betrekking tot reproduceerbaarheid (zie H4) dient veel aandacht besteed te worden aan afstand en meettijd. Feitelijk zijn deze grootheden hoog gecorreleerd.

Bij het vaststellen van tonaliteit van een gebeurtenis (race) wordt het volgende meetprotocol voorgesteld.

1. Op een immissiepunt worden een opname gemaakt van minimaal 20 s.
2. De opname wordt opgedeeld in *cars* van 2 s lengte.
3. De frequentieresolutie is 3 Hz.
4. De helling tussen de aanliggende frequentiebanden is 1 dB(A).
5. Van iedere *car* wordt de tonaliteit bepaald met behulp van specifieke software.
6. Indien 70% van de *cars* tonaal is, wordt de gebeurtenis voorlopig als tonaal gekwalificeerd.
7. Stap 4 wordt herhaald met helling van 0,5 en 2 dB(A).
8. Indien de resultaten niet meer dan een factor 2 afwijken van die van stap 6 is de gebeurtenis definitief tonaal.
9. De meest opvallende piek wordt nogmaals getoetst op logische oorzakelijkheid (geen artefact meetapparatuur, geen vogels ed).
10. Voor de gebeurtenissen die in stap 8 als tonaal zijn bepaald, geldt er een toeslag van 5 dB(A).

De tijdsduur van een dergelijke meting en analyse is in de orde van enkele minuten. De metingen en analyses kunnen daarom ter plekke worden uitgevoerd.

6.2 Emissie

Recente inzichten wijzen erop dat een Pass-by meting het meest representatief is voor het detecteren van uitschieters die de hinder bij omwonenden veroorzaken. Door het korte tijdvenster van ons gehoor is het eenvoudig uitschieters te volgen gedurende een gehele race. Meettechnisch is dat veel moeilijker. Het is dan ook eenvoudiger om de tonaliteit van uitschieters (en ook uitschieters in absoluut geluidniveau) dicht bij de baan te detecteren. Hierbij kan de meettijd wat langer zijn wat de reproduceerbaarheid ten goede komt.

Pass-by metingen op een beperkt aantal locaties, zoals nu het geval op het CPZ, zijn echter ongeschikt om gemiddelde immissieniveaus vast te stellen¹⁵ en zoals hiervoor opgemerkt voor tonaliteit van de totale gebeurtenis maar ze zijn dus wel geschikt om uitschieters te detecteren en selecteren.

Uit analyse van de meetdata van de Pass-by metingen bleek dat de uitkomst sterk afhangt van de keus van de parameters. Toch is het mogelijk om ook hiervoor een protocol af te leiden voor detectie van uitschieters. Dit protocol kan in combinatie met de reeds bestaande protocollen voor L_{max} en is draadloos uit te voeren. Deze techniek gaat via IP en wordt op een aantal circuits (bv Silverstone) al uitgevoerd. Het uitfilteren van raceauto's met een te dominante tonaliteit betekent dat er meer "ruimte" komt voor de rest van het wagenpark. Immers, een toeslag van maximaal 5 dB is dan niet van toepassing. Verder kunnen de emissie- en immissiemetingen gecorreleerd worden om de gevoeligheid en daarmee de betrouwbaarheid van het emissieprotocol te optimaliseren.

Een dergelijk emissieprotocol is in dit onderzoek niet nader uitgewerkt.

Concluderend kan gesteld worden dat:

1. het meetprotocol op basis van ISO 1996-2 goed geschikt is voor het bepalen van tonaliteit van racegeluid vanwege het Circuit Park Zandvoort op een immissiepunt in de buurt.
2. een aangepast meetprotocol op basis van ISO 1996-2 voor Pass-by metingen op meetpunt 1 naast de baan zou geschikt kunnen zijn om tonale uitschieters te detecteren.

7 LITERATUUR

- ¹ ISO 1996-2, Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels, 2007
- ² A.E. Watson, *personal communication*, Silverstone, 2010
- ³ H. Fastl en E. Zwicker, *Psychophysics; facts and models*, Springer Verlag, 2006
- ⁴ Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999, www.vrom.nl, internet uitgave 2004
- ⁵ Meten en beoordelen van tonaal geluid, Bureau Milieumetingen, IPO-2004, 10 september 2004
- ⁶ D. Trew, Managing Noise from Motor Sport, *Proceedings Institute of Acoustics*, Vol. 32, 2010
- ⁷ X. Kaiser en J.J. Embrechts, Analysis of different approaches to the management of motor sports noise and application to an international racing track, InterNoise 2007, Istanbul.
- ⁸ A.E. Watson, The Importance Of Noise Control At Venues And How the Governing Bodies Approach The Issue, *Proceedings Institute of Acoustics*, Vol. 32, 2010
- ⁹ ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995), 2008
- ¹⁰ C. Thomsen en T.H. Pedersen, Methods of Assessing Tonal and Impulsive Components in Environmental Noise, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol. 29. Pt.5 2007
- ¹¹ Marchal Day Acoustics, Dragway Noise Policy Advice, rapport 2005239, november 2005
- ¹² C. Greene, D. Manvell, M. Scholz and A.L. Enggaard, Implementation of ISO 1996-2 (2007) pure tone assessment in a sound level meter, Euronoise, 2008
- ¹³ C. Thomsen , *personal communication*, 5 juli 2010
- ¹⁴ http://www.geonoise-instruments.com/images/noiselab_ver_3.pdf
- ¹⁵ M. Fillery, Knowledge and Ignorance: 10 Things You Ought to Know about Motor Sports Noise, *Proceedings Institute of Acoustics*, Vol 32, 2010

Toelichting

In dit document kunt u secties terugvinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de wet openbaarheid van bestuur (WOB). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

A	art. 10	lid 1 a	kan de eenheid van de Kroon in gevaar brengen
B	art. 10	lid 1 b	kan de veiligheid van de Staat schaden
C	art. 10	lid 1 c	betreft bedrijfs- en fabricagegegevens, die door natuurlijke personen of rechtspersonen vertrouwelijk aan de overheid zijn meegedeeld
D	art. 10	lid 1 d	betreft persoonsgegevens als bedoeld in de artikelen 9 (bijzondere persoonsgegevens), 10 (strafrechtelijke gegevens) en 87 (nationaal identificatienummer zoals BSN) van de Algemene verordening gegevensbescherming
E	art. 10	lid 2 a	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van de betrekkingen van Nederland met andere staten en met internationale organisaties
F	art. 10	lid 2 b	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van de economische of financiële belangen van de Staat, de andere publiekrechtelijke lichamen of de in artikel 1a, onder c en d van de Wet openbaarheid van bestuur bedoelde bestuursorganen
G	art. 10	lid 2 c	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van de opsporing en vervolging van strafbare feiten
H	art. 10	lid 2 d	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van inspectie, controle en toezicht door bestuursorganen
I	art. 10	lid 2 e	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer
J	art. 10	lid 2 f	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang dat de geadresseerde erbij heeft als eerste kennis te kunnen nemen van de informatie
K	art. 10	lid 2 g	belang van openbaarmaking weegt niet op tegen het belang van het voorkomen van onevenredige bevoordeling of benadeling van bij de aangelegenheid betrokken natuurlijke personen of rechtspersonen dan wel van derden
L	art. 11	lid 1	Betreft persoonlijke beleidsopvattingen die zonder anonimiseren herleidbaar zijn tot een persoon