

ASCEE



GELUIDSMETINGEN RACETRUCKS ZANDVOORT 28 MAART 2018

Dr.ir. J.A. de Jong

13 april 2018

ASCEE
Maximastraat 1
7442 NW Nijverdal
The Netherlands
T: +31 6 18971622
E: info@ascee.nl

Intern document ID:	31417
Extern document ID:	
Document status:	Final
Document revisie:	1

Inleiding

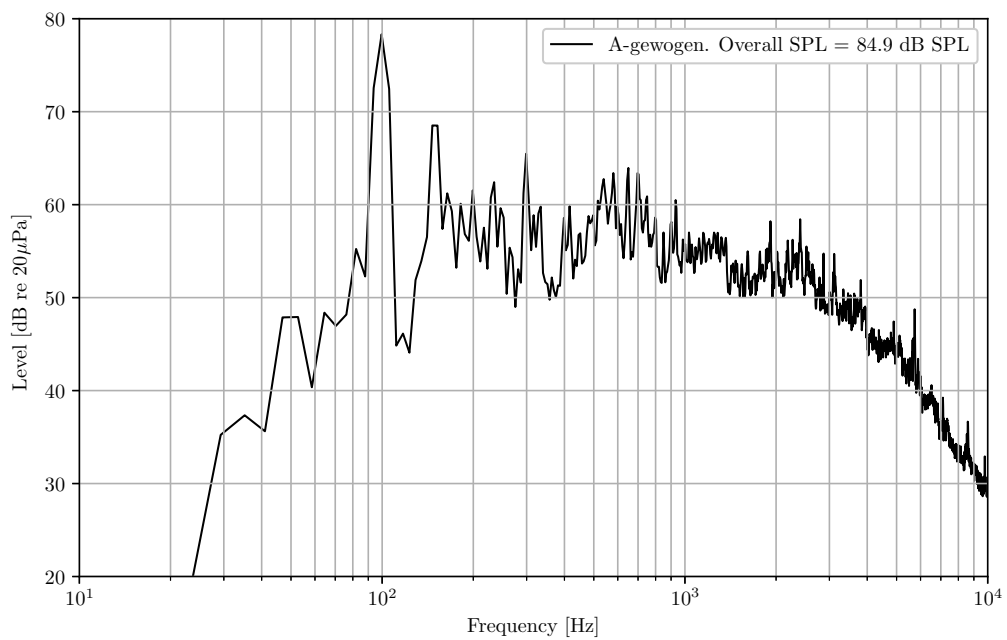
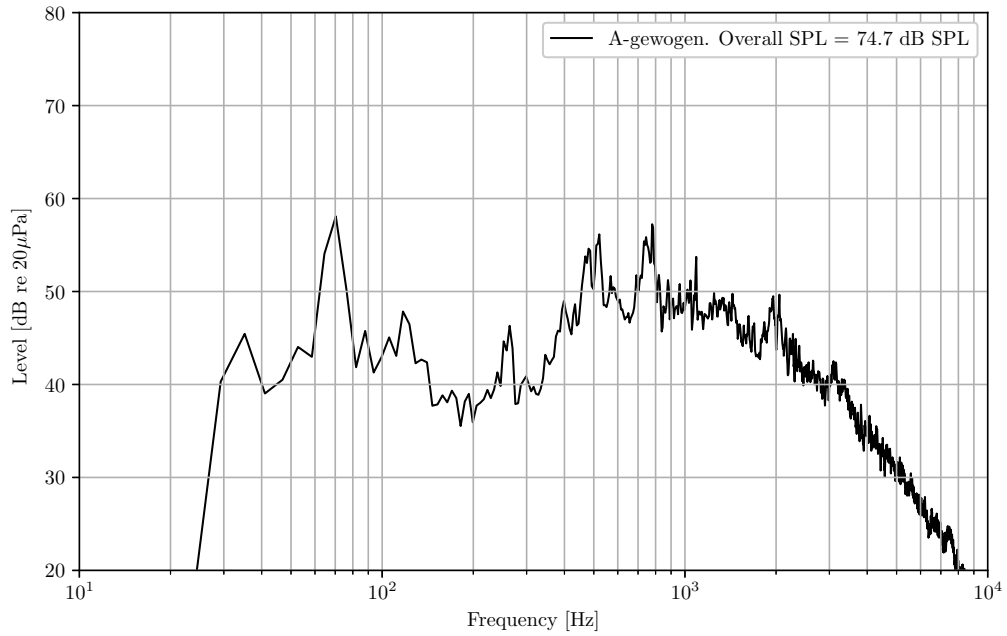
Dit korte rapport bevat de resultaten van metingen gedaan aan de racetrucks, t.b.v. een dieper begrip van de hoeveelheid, de soort en de directiviteit van de geluidsproductie van racetrucks. Op de geluidstestdag, 28 maart j.l. is het geluid van vier racetrucks gemeten. Hierbij was het van belang dat de individuele geluidsproductie, gemeten als $L_{AF,max}$ (het A-gewogen snel-gefilterd maximum van het geluidsdrukniveau) niet hoger is dan 95 dB(A), bij de officiële geluidsmeetpaal van circuit Zandvoort. De 4 racetrucks die meededen aan de meting waren „Ome Wout”, „Clemens Hecker”, „Rainbow Warrior” en „Flying Dutchman”.

Stilstaande metingen

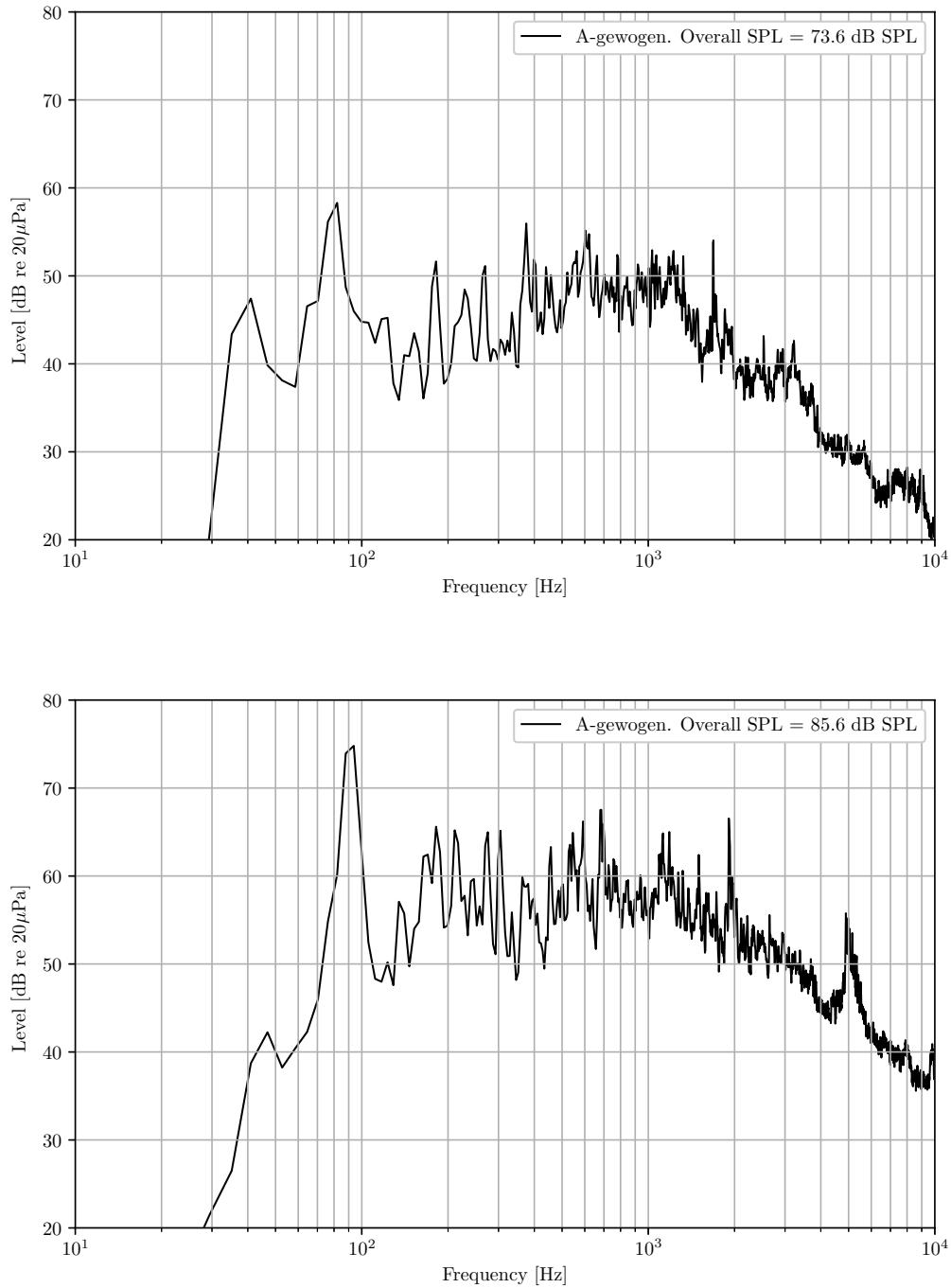
Vermogensspectra

Om begrip te krijgen van de verdeling van het geluidsvermogen over de verschillende frequenties, is van elke racetruck een geluidsmeting rondom de truck gedaan, bij het rusttoerental (stationair) en bij ongeveer 2000 r.p.m. Figuren 1.1-1.4 laten de resultaten zien van de gemeten vermogensspectra. Wat bij de Rainbow Warrior, Clemens Hecker en Flying Dutchman goed te zien is, is de sterke piek bij ongeveer 100 Hz wanneer de motor op verhoogd toerental draait. Deze is te verklaren, doordat bij 6-cilinder motor bij 2000 r.p.m., de krukas draait op een rotatiefrequentie van 33 Hz, en 3 maal per rotatie (6 maal per twee rotaties voor een 4-taktmotor) er een cilinder de uitlaatklep open heeft staan, waarmee de uitlaatpoort-openingsfrequentie 100 Hz is.

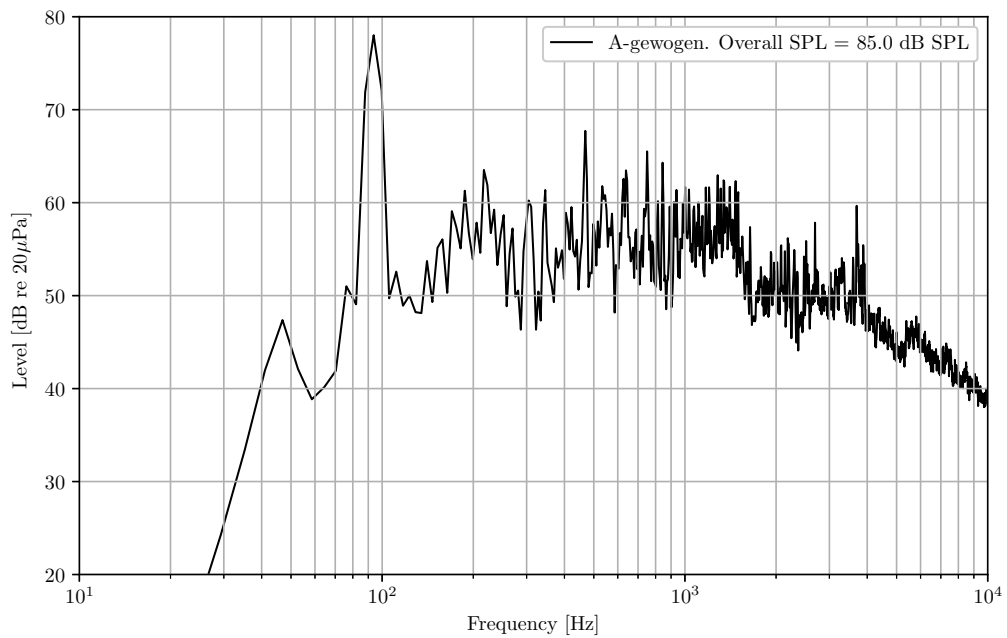
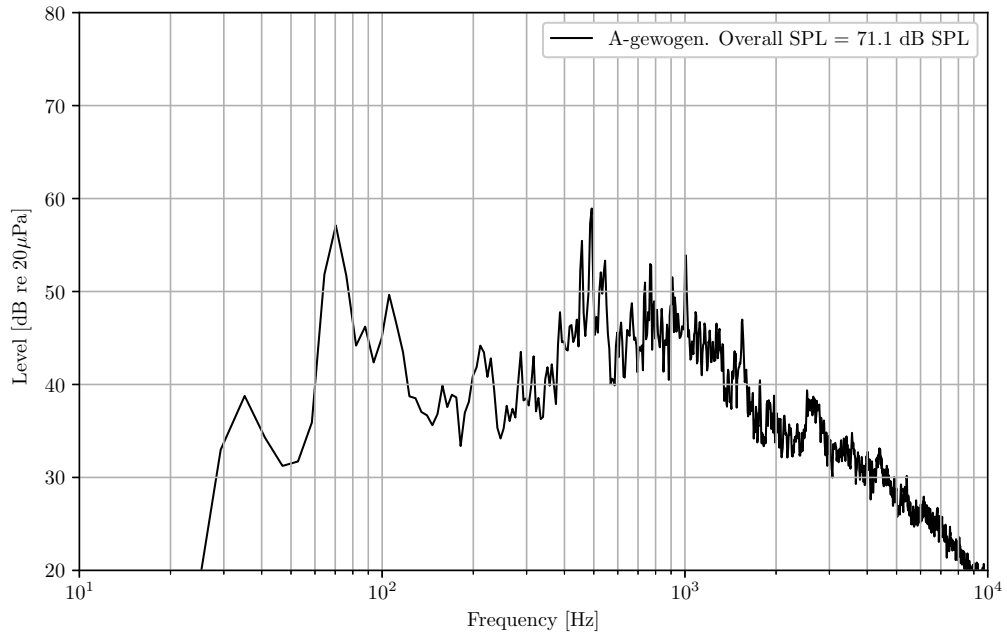
Het vermogenspectrum van „Ome Wout” is erg tonaal vergeleken met de andere 3, en heeft de eerste piek bij ongeveer 150 Hz. Dit is een 8-cilinder twee-takt die bij 2000 r.p.m. een (gemiddelde) uitlaatpoort-openingsfrequentie heeft van 267 Hz. Het is niet compleet duidelijk waarom deze motor subharmonischen heeft. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden doordat de rotatiehoek van de krukas tussen de uitlaatopeningen niet constant is, wat het geval is als bij een 2-takt V8 de V-hoek ongelijk is aan 30° . Het resulteert in ieder geval in het unieke geluid van deze motor. Deze zijn ook te zien in het spectrum, de eerste toon is te zien bij ongeveer 154 Hz, 180 Hz en 215 Hz. De piek daarna ligt bij ongeveer 250 Hz en komt overeen met de grondtoon van de gemiddelde uitlaatpoort-openingsfrequentie. De motor had gedurende de metingen wel een variërend toerental.



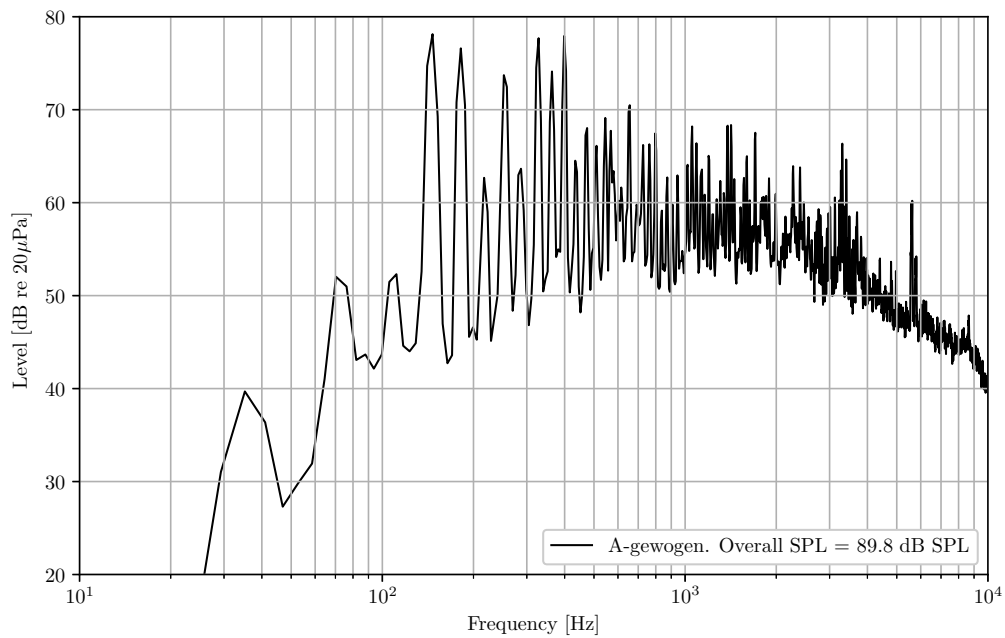
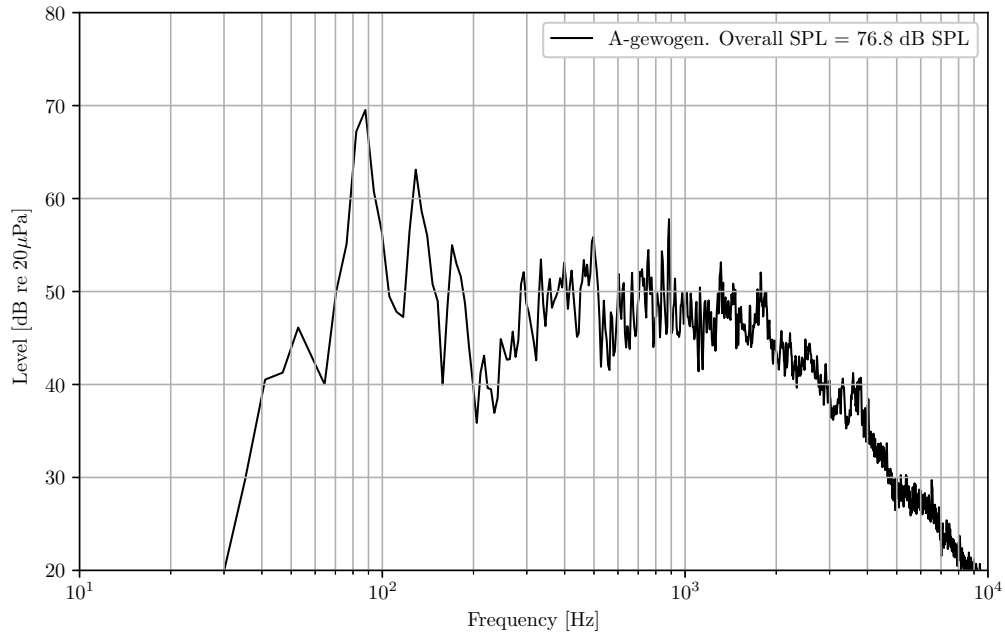
Figuur 1.1 – A-gewogen vermogensspectra van de **Rainbow Warrior** racetruck bij stationair toerental (boven) en bij ongeveer 2000 r.p.m. (onder).



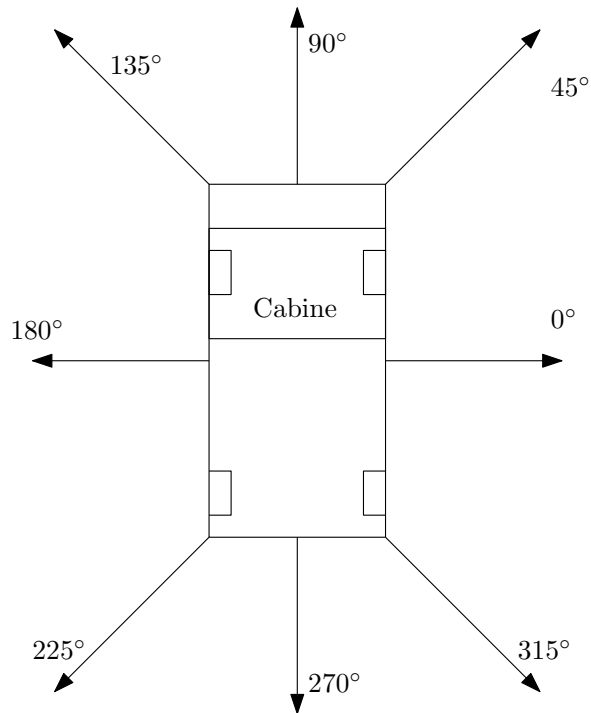
Figuur 1.2 – A-gewogen vermogensspectra van de **Flying Dutchman** racetruck bij stationair toerental (boven) en bij ongeveer 2000 r.p.m. (onder).



Figuur 1.3 – A-gewogen vermogensspectra van de **Clemens Hecker** racetruck bij stationair toerental (boven) en bij ongeveer 2000 r.p.m. (onder).



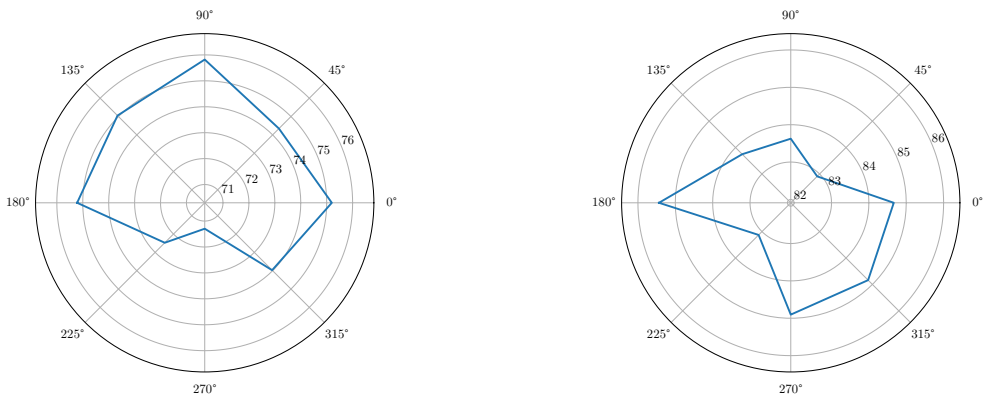
Figuur 1.4 – A-gewogen vermogensspectra van de **Ome Wout** racetruck bij stationair toerental (boven) en bij ongeveer 2000 r.p.m. (onder).



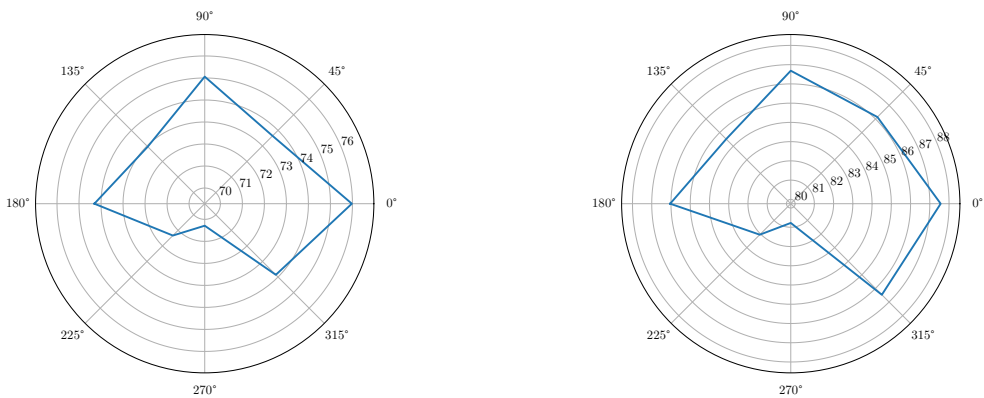
Figuur 1.5 – Overzicht van de meetlocaties rondom de racetruck

Richtingafhankelijkheid (directiviteit)

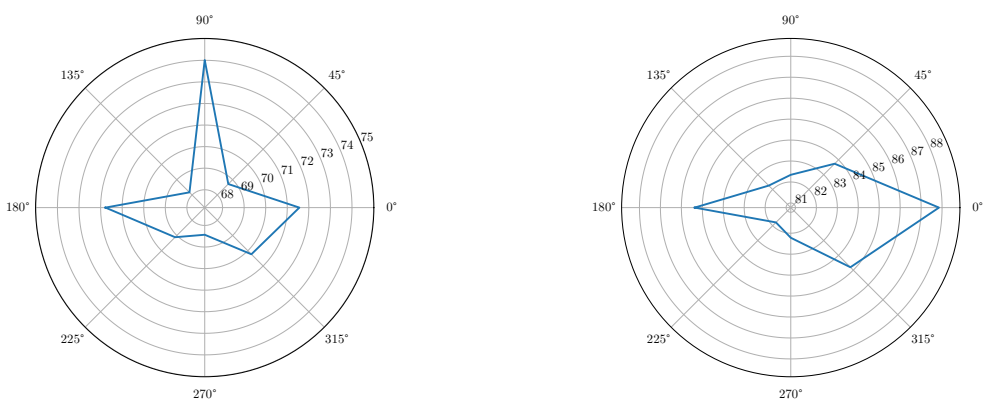
Van de 4 racetrucks is de richtingsafhankelijkheid van het geluid gemeten door rondom de truck te meten. Voor de metingen is zoveel mogelijk een vrije-veld situatie gecreëerd. Op 8 punten rondom de trucks, op een afstand van 5 meter is een meting gedaan van 10 s. Figuur 1.5 geeft een overzicht van de meetposities. Figuren 1.6-1.9 laten de resultaten zien voor de racetrucks. Bij de 6-cilindertrucks zien we dat bij stationair toerental het inlaatgeluid van voor de cabine overheerst. Bij hogere toerentallen ligt het zwaartepunt overal aan de zij-achterkant van de trucks. Dit komt door de reflecterende werking van de cabine van de racetruck. Verschillen in het geluidsniveau zitten in de orde grootte van 1 tot 5 decibel. Met de richtingskarakteristiek is dus veel „speelruimte” om mogelijke overlast te verhelpen, door de richting waarin dit geluid afgestraald wordt te tunen m.b.t. oriëntatie in het circuit. Hiermee kan het geluid wat het bewoonde deel van Zandvoort bereikt op een positieve manier beïnvloed worden.



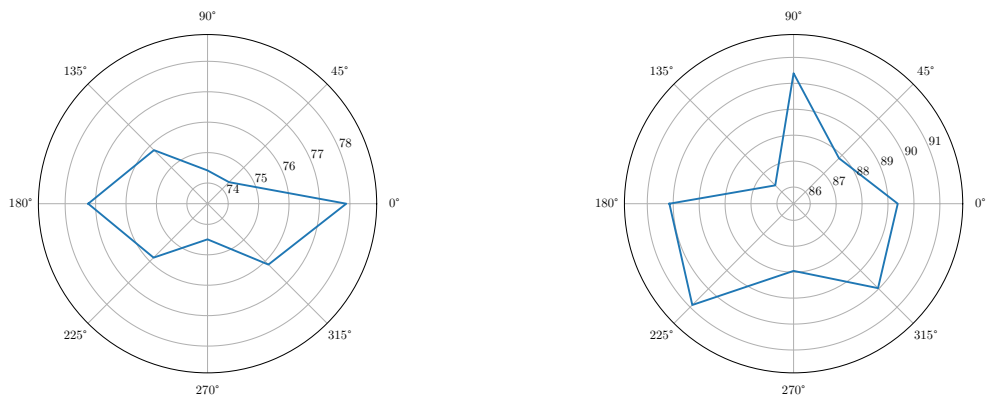
Figuur 1.6 – Richtingafhankelijkheid van de piek van het A-gewogen geluidsniveau ($L_{AF,max}$) van de metingen rondom **Rainbow Warrior**. Links: stationair, rechts: bij 2000 toeren.



Figuur 1.7 – Richtingafhankelijkheid van de piek van het A-gewogen geluidsniveau ($L_{AF,max}$) van de metingen rondom **Flying Dutchman**. Links: stationair, rechts: bij 2000 toeren.



Figuur 1.8 – Richtingafhankelijkheid van de piek van het A-gewogen geluidsniveau ($L_{AF,max}$) van de metingen rondom **Clemens Hecker**. Links: stationair, rechts: bij 2000 toeren.



Figuur 1.9 – Richtingafhankelijkheid van de piek van het A-gewogen geluidsniveau ($L_{AF,max}$) van de metingen rondom **Ome Wout**. Links: stationair, rechts: bij 2000 toeren.

Tijd	Truck	$L_{CF,max}$	$L_{AF,max}$	Meetpaal ($L_{AF,max}$)
11:25	Flying Dutchman, met resonantiedemper	105 dB(C)	94.6 dB(A)	94.2 dB(A)
11:27	Rainbow Warrior, zonder demper	101 dB(C)	97.0 dB(A)	98.2 dB(A)
11:28	Flying Dutchman, met resonantiedemper	103 dB(C)	92.9 dB(A)	94.7 dB(A)
11:29	Rainbow Warrior, zonder demper	101 dB(C)	97.5 dB(A)	97.1 dB(A)
11:30	Flying Dutchman, met resonantiedemper	102 dB(C)	93.7 dB(A)	95.2 dB(A)
11:39	Ome Wout met twee dempers	100 dB(C)	89.8 dB(A)	92.7 dB(A)
11:39	Ome Wout met twee dempers	99 dB(C)	89.5 dB(A)	92.5 dB(A)
11:44	Clemens Hecker, zonder demper	104 dB(C)	97.8 dB(A)	97.7 dB(A)

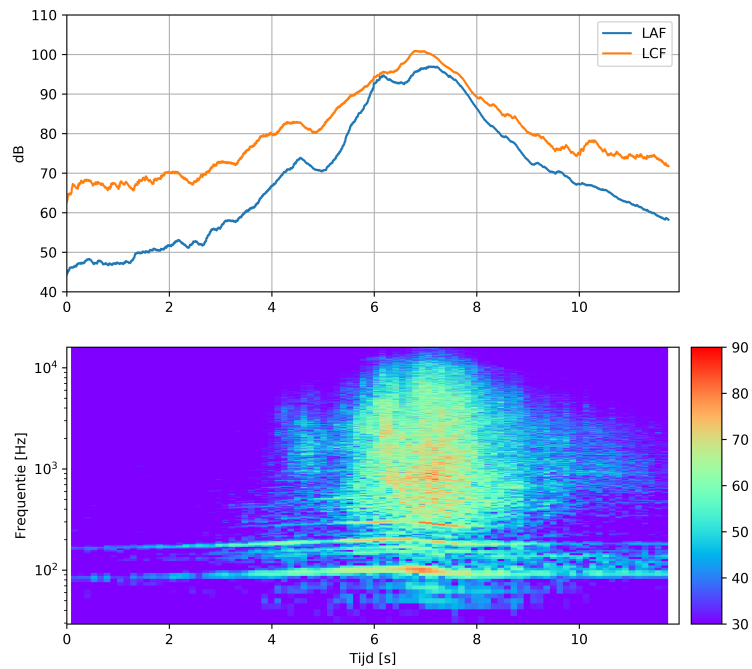
Tabel 1.1 – Overzicht van de meetresultaten bij de officiële meetpaal langs het circuit. De meetwaarden zijn maximaal gemeten geluidsdrumniveaus, A-gewogen en C-gewogen.

Pass-by metingen

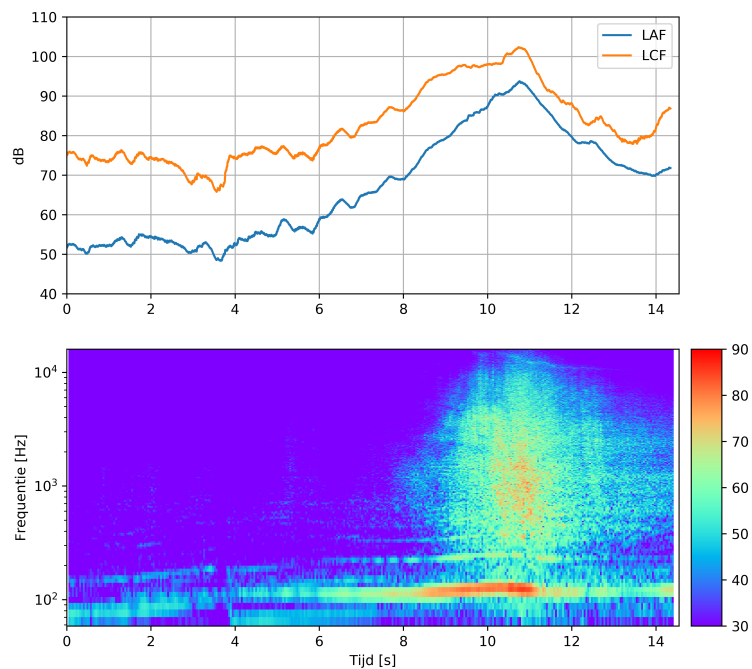
Naast het meetpunt zijn pass-by metingen verricht van de racetrucks de microfoon was gepositioneerd bij de start van het rechte stuk (Bos Uit). Hierbij zijn niet alle metingen gedaan die de officiële meetpaal wel gedaan heeft. Een overzicht van de resultaten is gegeven in tabel 1.1. Van enkele pass-by's is een spectrogram van de meting gedaan. In een spectrogram wordt de frequentie-inhoud van het geluidssignaal uitgezet tegen de tijd. Deze spectrogrammen zijn weergegeven in de figuren 1.10-1.13. Bij de racetrucks, Ome Wout is de fluittoon van de turbo goed te zien in het spectrogram. Dit geeft de scherpe lijn bij ongeveer 10 kHz. Ook is te zien dat tijdens het klimmen naar het piekniveau, de A-gewogen en C-gewogen curve steeds dichterbij elkaar komen. Dit komt omdat het geluid steeds hoger frequent wordt bij het op gang komen van de motor. Over het algemeen zijn in het geluidssignaal de tonen van de motor goed te zien, deze hebben een belangrijk aandeel in het totale geluidsvermogen, zelfs voor de A-weging. Met goede resonantiedempers is dus in theorie veel te bereiken om de geluidsafstraling te verminderen.

Conclusies

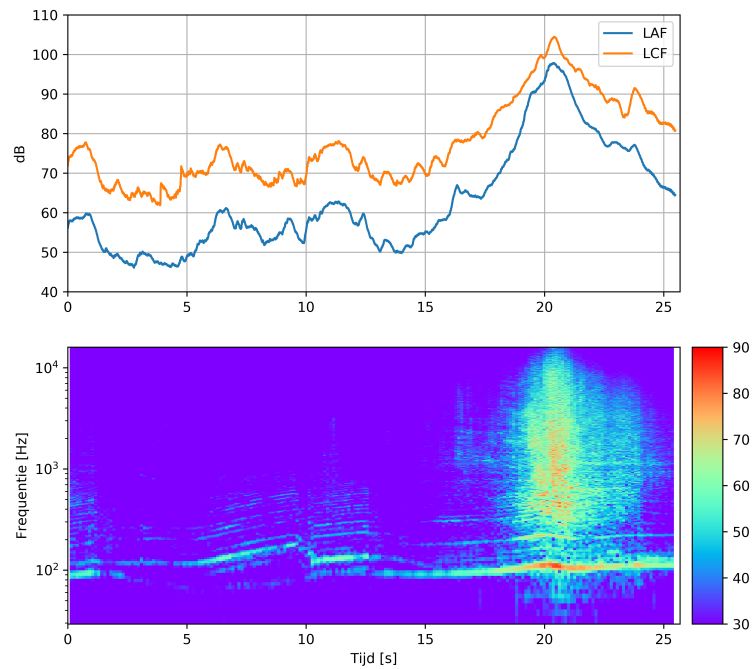
- De motortonen spelen de belangrijkste rol in het totale geluidsvermogen dat een racetruck afstraalt.
- Racetrucks hebben een relatief laagfrequent tonaal geluid, dat in theorie goed te dempen is met een resonantiedemper. Echter vraagt dit wel een stukje tuning. De resultaten van de Flying Dutchman lieten een grotere reductie in geluidsniveau zien bij de absorptiedemper.
- Doordat de racetrucks een directiviteit hebben is met het „richten” van de uitlaatuitmonding de directiviteit van het geluid te beïnvloeden. Hiermee is het ook mogelijk een geluidsreductie te bewerkstelligen, door het geluid in tegengestelde richting van het bewoonde Zandvoort te richten.
- Door de directiviteit van racetrucks, staat de officiële meetpaal van Zandvoort ongunstig gepositioneerd om een representatieve indicatie te geven van wat de bewoonde gebied van Zandvoort bereikt. Hiervoor kan de paal beter aan de buitenbocht-kant staan.



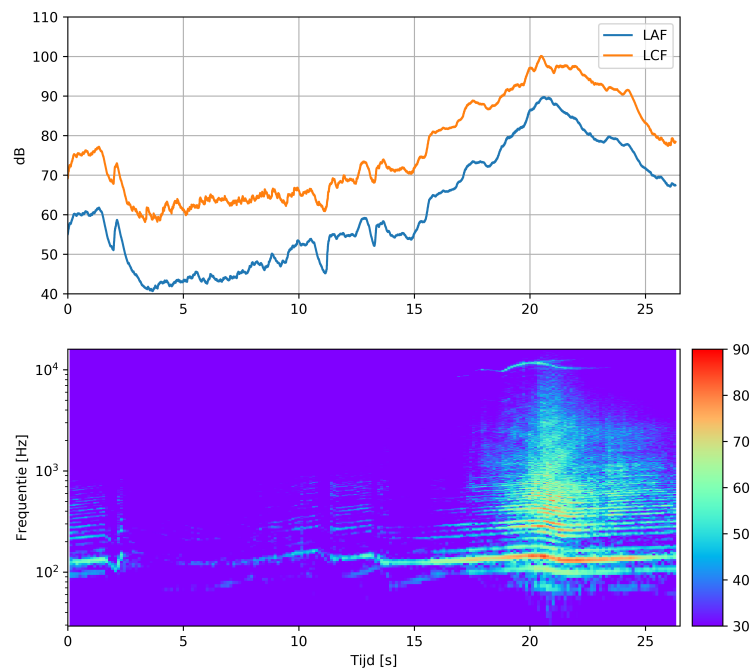
Figuur 1.10 – Pass-by meting van racetruck **Rainbow Warrior**, zonder demper om 11:27u. Boven: A-gewogen geluidsdrumniveau in het blauw en C-gewogen geluidsdrumniveau in het oranje. Onder: A-gewogen spectrogram.



Figuur 1.11 – Pass-by meting van racetruck **Flying Dutchman**, zonder demper om 11:30u. Boven: A-gewogen geluidsdrumniveau in het blauw en C-gewogen geluidsdrumniveau in het oranje. Onder: A-gewogen spectrogram.



Figuur 1.12 – Pass-by meting van racetruck **Clemens Hecker**, zonder demper om 11:44u. Boven: A-gewogen geluidsdrukniveau in het blauw en C-gewogen geluidsdrukniveau in het oranje. Onder: A-gewogen spectrogram.



Figuur 1.13 – Pass-by meting van racetruck **Ome Wout**, zonder demper om 11:39u. Boven: A-gewogen geluidsdrukniveau in het blauw en C-gewogen geluidsdrukniveau in het oranje. Onder: A-gewogen spectrogram.