

RAPPORT

Extra Sneltrain Groningen Leeuwarden

rapport laagfrequent geluid

Klant: ProRail

Referentie: BA6790-104-188-R001-F01

Versie: 10/Finale versie

Datum: 12 oktober 2016

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 151
6500 AD Nijmegen
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Extra Sneltrain Groningen Leeuwarden

Ondertitel: Deelrapport laagfrequent geluid
Referentie: BA6790-104-188-R001-F01
Versie: 10/Finale versie
Datum: 12 oktober 2016
Projectnaam: ESGL
Projectnummer: BA6790-104-188
Auteur(s): Hans Schinck

Opgesteld door: Hans Schinck



Gecontroleerd door: Gideon Konings



Datum/Initialen: 12 oktober 2016

Goedgekeurd door: Miriam van Dullemen

Datum/Initialen: 12 oktober 2016

Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1.1	Aanleiding voor het project Extra Sneltrain Groningen Leeuwarden	1
1.2	Referentiesituatie en projectalternatief	2
1.3	Effectonderzoek	5
1.4	Leeswijzer	6
2	Wat is laagfrequent geluid	7
3	Beoordelingskader	8
3.1	Toetsingscurve	8
3.2	Beoordelingscriterium voor laagfrequent geluid	9
4	Onderzoeksopzet	10
5	Resultaten	12
5.1	Beschouwing laagfrequent geluid referentiesituatie (huidige situatie)	12
5.2	Beschouwing laagfrequent geluid projectalternatief	13
6	Effectbeschrijving en -beoordeling	14
6.1	Waardering effecten	14
6.2	Effecten	15
7	Mitigerende en compenserende maatregelen	16
7.1	Aan de bron	16
7.2	In de overdracht	17
7.3	Maatregelen bij ontvanger	17
7.3.1	Gevelmaatregelen	17
7.4	Conclusie maatregelen	18
8	Leemten in kennis en gegevens	19
9	Conclusie	20

Bijlagen

Bijlage 1: Laagfrequent geluid metingen huidige situatie

1 Inleiding

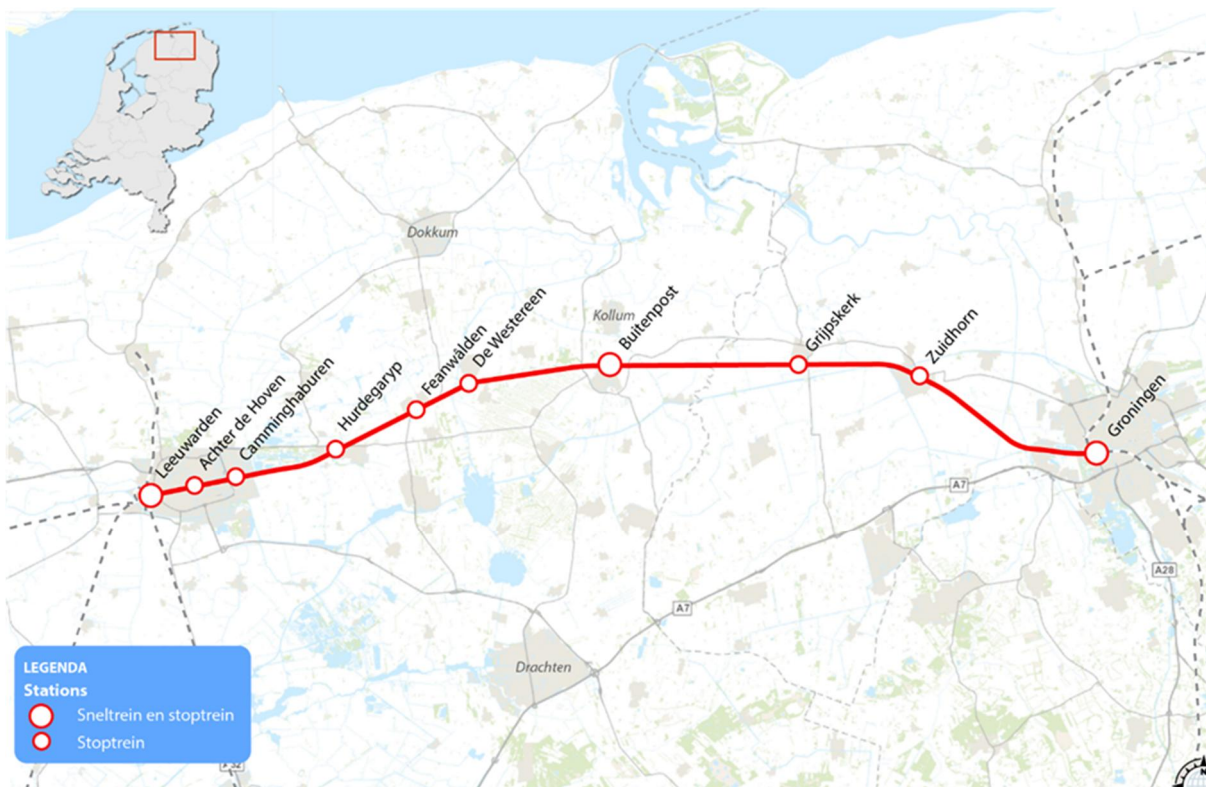
1.1 Aanleiding voor het project Extra Sneltrain Groningen Leeuwarden

Het Rijk (ministerie van Infrastructuur en Milieu) en de provincies Groningen en Fryslân streven naar een kwalitatief hoogwaardige openbaar vervoer structuur. Het spoorwegnet vormt de ruggengraat van deze openbaar vervoer structuur. Hoogwaardig betekent met een hoge frequentie en zo snel en comfortabel mogelijk. Vanuit deze visie op openbaar vervoer wordt in het kader van het project Extra Sneltrain Groningen – Leeuwarden (ESGL) op de spoorverbinding Groningen – Leeuwarden een extra sneltrain ingezet. Hierdoor ontstaat op dit traject een dienstregeling met twee stoptreinen en twee sneltreinen per uur (per richting). Dit zorgt onder meer voor een hogere frequentie, meer comfort en betere aansluitmogelijkheden.

Om het huidige aantal reizigers en de verwachte toekomstige groei daarvan te kunnen faciliteren is alleen de inzet van een extra sneltrain niet voldoende. Ook moeten hiervoor langere treinen worden ingezet, met name in de spitsperiode.

De extra sneltrain en de langere treinen worden mogelijk gemaakt via het project Extra Sneltrain Groningen - Leeuwarden dat als onderdeel van het 'Programma Noord Nederland' (PNN) wordt uitgevoerd. PNN is een uitwerking van het convenant 'Regiospecifiek Pakket Zuiderzeelijn' (RSP-ZZL). Dit is een convenant ondertekend door de toenmalige minister van Verkeer en Waterstaat, de voorzitter van de Stuurgroep Zuiderzeelijn en de gedeputeerden van de provincies Fryslân, Groningen, Drenthe en Flevoland. De projecten uit het RSP-ZZL richten zich onder andere op het verbeteren van de bereikbaarheid via het openbaar vervoer en de weg, zowel binnen als buiten de regio Noord-Nederland. De spoorgerelateerde projecten uit het convenant zijn vertaald in infraproducten, die zijn opgenomen in het 'Programma Noord Nederland' (PNN).

Figuur 1.1 geeft een overzicht van het tracé van het project Extra Sneltrain Groningen – Leeuwarden.



Figuur 1.1 Overzicht tracé Leeuwarden – Groningen in de huidige situatie

Om een extra sneltrein per uur te laten rijden, en om langere treinen te laten rijden, zullen aanpassingen moeten plaatsvinden aan het spoor en aan de stations. Om deze aanpassingen aan het spoorwegtraject tussen Groningen en Leeuwarden te kunnen realiseren, dient de procedure van de Tracéwet te worden doorlopen. De Tracéwet beoogt door het vaststellen van een tracébesluit een zorgvuldige besluitvorming omtrent de aanleg of het wijzigen van hoofdinfrastructuur.

Op grond van de Wet milieubeheer moet ter ondersteuning van het tracébesluit ook de procedure van milieueffectrapportage (m.e.r.) worden doorlopen. Deze procedure resulteert in een Milieueffectrapport (MER). De m.e.r.-procedure is een onderdeel van de Tracéwetprocedure. Dit houdt in dat het MER tezamen met het ontwerp-tracébesluit ter visie wordt gelegd.

1.2 Projectalternatief en referentiesituatie

In dit onderzoek worden de effecten van het project Extra Snelrein Groningen – Leeuwarden onderzocht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen het projectalternatief (de situatie met project) en de referentiesituatie (de situatie zonder project).

In het *projectalternatief* (de situatie met uitvoering van het project Extra Snelrein Groningen – Leeuwarden) worden maatregelen getroffen om één extra sneltrein per uur per richting te laten rijden. In de *referentiesituatie* (de situatie zonder project) komt er geen extra sneltrein en worden er geen aanpassingen aan het spoor doorgevoerd. De autonome ontwikkeling, zoals beschreven in het MER, wordt in de referentiesituatie meegenomen.

In tabel 1.1 is een overzicht gegeven van het aantal treinen dat gaat rijden als gevolg van het project Extra Snelrein Groningen – Leeuwarden, en in tabel 1.2 van het aantal treinen dat zou gaan rijden als het project

Extra Sneltrain Groningen – Leeuwarden niet zou worden uitgevoerd. Het aantal treinen in de referentiesituatie (tabel 1.2) is gelijk aan het aantal treinen in de huidige situatie. In het projectalternatief rijdt er tussen 7.00 en 20.00 uur één extra sneltrain per uur per richting in vergelijking met de referentiesituatie. In de spits worden daarnaast langere treinen ingezet dan in de referentiesituatie.

Tabel 1.1 ESGL projectalternatief, treinaantallen in 2020 en 2030

ESGL Projectalternatief	2020	2030
Sneltreinen Groningen – Leeuwarden	2 per uur per richting tussen 7.00 uur en 20.00 uur 1 per uur per richting vòòr 7.00 uur en na 20.00 uur	2 per uur per richting tussen 7.00 uur en 20.00 uur 1 per uur per richting vòòr 7.00 uur en na 20.00 uur
Stoptreinen Groningen – Leeuwarden	2 per uur per richting	2 per uur per richting
Ochtend-pendeltrein Groningen – Zuidhorn	3 per dag per richting	3 per dag per richting
Goederentreinen	1 per maand in beide richtingen tezamen	1 per maand in beide richtingen tezamen

Tabel 1.2 ESGL referentiesituatie, treinaantallen in 2020 en 2030

ESGL Referentiesituatie	2020	2030
Sneltreinen Groningen – Leeuwarden	1 per uur per richting	1 per uur per richting
Stoptreinen Groningen – Leeuwarden	2 per uur per richting	2 per uur per richting
Ochtend-pendeltrein Groningen – Zuidhorn	3 per dag per richting	3 per dag per richting
Goederentreinen	1 per maand in beide richtingen tezamen	1 per maand in beide richtingen tezamen

Om het rijden van de extra sneltrain en tevens langere treinen mogelijk te maken zijn verschillende maatregelen nodig aan het spoor en aan de stations. Het projectalternatief bestaat uit het realiseren van de volgende infrastructurele maatregelen (zie ook figuur 1.2):

- Een spoorverdubbeling tussen Zuidhorn en Hoogkerk; daartoe worden ook overwegen en kunstwerken in dit traject aangepast aan het dubbelspoor.
- Maatregelen aan alle stations van Leeuwarden tot Groningen, behalve station Groningen. De maatregelen betreffen met name het uitbreiden van de perrons, zodanig dat langere treinen hier kunnen halteren.
- Het station Leeuwarden Achter de Hoven vervalt en wordt geamoveerd.
- Het aanpassen van de overweg Schrans te Leeuwarden.
- Het vervangen van de overweg Rijksstraatweg te Hurdegaryp door een onderdoorgang voor alle verkeerstypen.
- Het vervangen van de overweg Paterswoldseweg te Groningen door een onderdoorgang voor alle verkeerstypen.
- Bij diverse overwegen tussen Leeuwarden en Groningen worden maatregelen in de weginfrastructuur en inrichting van de overweg genomen. Verder wordt een aantal (particuliere) overwegen opgeheven.
- Het aanleggen van een keervoorziening te Zuidhorn met perron voor de pendeltrein van en naar Groningen.
- Het aanpassen van het opstel terrein tussen de overweg Peizerweg en de brug over het Noord-Willemskanaal van een terrein met meerdere opstelsporen naar een terrein met één opstelspoor.

Tevens worden maatregelen genomen zodat de snelheid op het traject Leeuwarden – Feanwâlden kan worden verhoogd van 100 km/u naar 130 km/u en op het traject Grijpskerk – Hoogkerk van 100 km/u naar 120 km/u.

De spoorverdubbeling tussen Zuidhorn en Hoogkerk wordt deels ten zuiden van het bestaande (enkel)spoor en deels ten noorden van het bestaande (enkel)spoor aangelegd.

Het projectalternatief kent twee varianten die in het MER worden vergeleken:

1. Variant A: in de spits worden treinen ingezet met een treinlengte van 153 meter. Daarvoor worden alle perrons tussen Groningen en Leeuwarden geschikt gemaakt.
2. Variant B: in de spits worden treinen ingezet met een treinlengte van 168 meter. Daarvoor worden alle perrons tussen Groningen en Leeuwarden geschikt gemaakt.

De genoemde treinlengten gelden voor alle stop- en sneltreinen in de dienstregeling, maar alleen tijdens de ochtend- en avondspits. Buiten de spits zijn de treinen 112 meter lang. De verschillen in treinlengte zorgen ervoor dat er in de varianten een verschil zit in de lengte waarover de perrons worden uitgebreid. Voor een langere trein is een langer perron nodig. Daarnaast kunnen langere treinen mogelijk leiden tot extra milieueffecten.

Het beoogde jaar van ingebruikname van Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden is 2020. Voor het bepalen van de milieueffecten wordt uitgegaan van de planhorizon tien jaar na ingebruikname van het project Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden, dus 2030. Het plangebied betreft het tracé tussen station Leeuwarden en Groningen, dat is tussen km 26,05 en km 80,10. De breedte van het plangebied wordt bepaald door de ruimte die nodig is om Extra Snelrein Groningen Leeuwarden te realiseren. Het plangebied omvat alle maatregelen die deel uitmaken van het project Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden.



Figuur 1.2 Voorziede maatregelen om de extra sneltrein en de langere treinen te laten rijden op traject Leeuwarden – Groningen (project Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden)

Tracébesluit en MER Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden

Het projectalternatief en de twee varianten daarbinnen worden in het MER beoordeeld op de gevolgen voor het milieu. Op basis daarvan wordt gekeken of er maatregelen nodig zijn om negatieve gevolgen te voorkomen of beperken. De keuzes hierover resulteren in een uitgewerkt ontwerp met maatregelen dat in het tracébesluit wordt vastgelegd. In het tracébesluit wordt ingegaan op het ontwerp en de maatregelen die worden genomen.

1.3 Effectonderzoek

Voorliggend onderzoek gaat in op de effecten van het project Extra Snelrein Groningen - Leeuwarden voor laagfrequent geluid. Tevens wordt aangegeven welke maatregelen vanuit laagfrequent geluid nodig of wenselijk zijn. Dit onderzoek dient als achtergronddocument voor het tracébesluit. Daarnaast wordt het gebruikt als achtergronddocument bij het opstellen van het MER.

In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor het project ESGT toegezegd om “de effecten van het project op de emissie van laagfrequent geluid te beschouwen”. Normaal gesproken wordt laagfrequent geluid alleen onderzocht bij verdiepte liggingen of tunnels. Aanleiding voor het onderzoek is mede gelegen in het feit dat er in de bestaande situatie ten aanzien van de Stadlertreinen geluidklachten op het gebied van laagfrequent geluid in woningen worden gemeld. Het onderzoek beperkt zich tot het vermeende aspect laag frequent geluid in woningen.

Het onderzoek is gebaseerd op het huidige materieel. Bij het afgeven van een nieuwe concessie kan een andere vervoerder gebruik gaan maken van ander materieel. De emissie van laagfrequent geluid kan bij ander materieel anders zijn.

1.4 Leeswijzer

Voor u ligt het deelrapport laagfrequent geluid. Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 een toelichting gegeven op laagfrequent geluid. In hoofdstuk 3 is het beoordelingskader beschreven. De onderzoeksopzet is in hoofdstuk 4 beschreven. De resultaten worden gepresenteerd in de beschouwing in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de effecten beschreven. In hoofdstuk 7 zijn de maatregelen beschouwd. In hoofdstuk 8 zijn de leemten in kennis beschreven. In hoofdstuk 9 zijn de conclusies geformuleerd. In bijlage 1 zijn de meetresultaten weergegeven.

2 Wat is laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid vormt een onderdeel van normaal geluid. Laagfrequent geluid is het geluid dat componenten in het laagst hoorbare frequentiegebied heeft. Dit frequentiegebied is niet vast gedefinieerd maar bevindt zich voor de beoordeling in het gebied tussen 10 t/m 200 Hz.

De exacte grens van laagfrequent is niet precies bepaald en varieert enigszins per toetsingssystematiek. De toetsingssystematiek die in de volgende hoofdstuk wordt beschouwd begint bij 10 tot 20 Hz en eindigt bij 100 tot 200 Hz. In het voorliggende onderzoek wordt daarom ten minste 10 tot 200 Hz beschouwd.

Is er sprake van meetbaar laagfrequent geluid

Als er sprake is van een subjectief waargenomen fenomeen buiten de persoon zelf, dan moet objectief met metingen worden nagegaan of het inderdaad om laagfrequent geluid gaat.

Een fenomeen of verschijnsel is hierbij een voor ieder mens observeerbare gebeurtenis. Allereerst is belangrijk na te gaan of de persoon in kwestie het vermeende laagfrequente geluid voortdurend waarneemt of alleen op bepaalde tijdstippen. Er zijn momenten met vermeend laagfrequent geluid en momenten zonder vermeend laagfrequent geluid. Door op beide momenten metingen te verrichten en de uitkomsten te vergelijken kan een aanwijzing worden gevonden voor het bestaan van laagfrequent geluid. Tevens is van belang om zowel buiten in de omgeving van de woning enkele metingen uit te voeren (liefst op momenten dat er weinig stoorgeluid/achtergrondgeluid is) als binnen in de woning op plaatsen waar het geluid vooral wordt waargenomen.

Als er sprake blijkt te zijn van een externe stimulus of prikkel, dan is de vraag of het inderdaad om laagfrequent geluid gaat. Met stimulus of prikkel wordt bedoeld een verandering in de uitwendige omgeving waarop een mens reageert. Deze reactie wordt ook wel een respons genoemd. Hier staat de situatie een externe stimulus of prikkel is meetbaar en objectiveerbaar tegenover de situatie dat geen externe stimulus meetbaar is, waardoor het kennelijk om een niet objectiveerbaar en daarmee subjectief verschijnsel gaat.

Daarbij is het criterium

$$\text{dB(C)} - \text{dB(A)} > 20 \text{ dB}$$

van toepassing.

Voor het menselijk oor klinken lage tonen zachter dan hoge tonen. De A weging is de correctie die overeenkomt met de karakteristieken van het menselijk oor. De C weging is de correctie die overeenkomt met de karakteristieken van het menselijk oor voor luider geluid. De C weging is hierbij een correctie waarbij lage tonen zwaarder worden gewogen dan de A correctie.

3 Beoordelingskader

3.1 Toetsingscurve

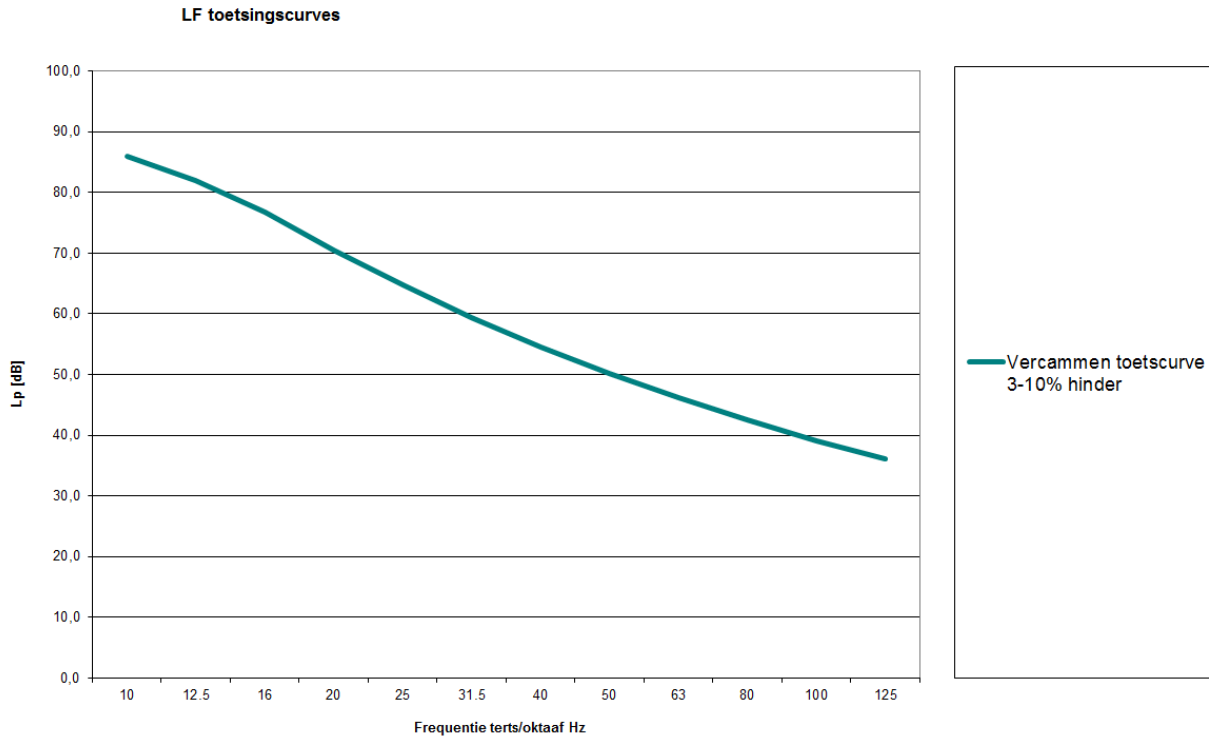
Er is in Nederland geen specifiek wettelijk toetsingskader voor laagfrequent geluid van kracht. Wel geldt op grond van artikel 10 lid 1 onder b van de Tracéwet, dat het tracébesluit ten minste moet bevatten: “een beschrijving van de te treffen voorzieningen, gericht op het ongedaan maken, beperken of compenseren van de nadelige gevolgen van de uitvoering van het werk, voor zover die voorzieningen rechtstreeks verband houden met de uitvoering van het werk”. Ook geldt op grond van artikel 3:2 van de Algemene wet bestuursrecht dat bij de voorbereiding van een besluit het bestuursorgaan de nodige kennis omtrent de relevante feiten en de af te wegen belangen vergaart.

Volgens jurisprudentie kan laagfrequent geluid worden aangemerkt als objectiveerbare hinder (zaaknr. 200509380/1 ABRvS 13 december 2006).

In de praktijk is een aantal methodieken en richtlijnen ontwikkeld om inzicht te krijgen in het optreden en beoordelen van laagfrequent geluid. Eén daarvan is de Vercammencurve, die ook in de jurisprudentie is geaccepteerd als toetsingskader voor laagfrequent geluid. De Vercammencurve wordt voor het project ESGL het meest geschikte toetsingskader voor laagfrequent geluid geacht omdat hij gebaseerd is op een smalbandig tertsbandspectrum en het laagfrequent geluid hier wordt veroorzaakt door een stationaire bron.

De Vercammen curve is gebaseerd op 3-10% hinder. Dit houdt in dat van 100 mensen er 3-10 er hinder ervaren als ze worden blootgesteld aan een niveau gelijk aan de curve. Het ligt in de lijn der verwachting dat als de curve in zekere mate wordt overschreden er meer dan 3-10% mensen hinder ervaren. Hoeveel dit meer is dan 3-10% is onbekend, omdat de dosis-effect relaties voor laagfrequent geluid zijn. Ook indien deze wel bekend zou zijn, dan is het geen discrete grens waarboven alle mensen (100%) hinder ervaren en onder deze grens door niemand hinder wordt ervaren. Het is daarom niet mogelijk om aan te geven dat vanaf een bepaalde sterkte van het laagfrequent geluid sprake is van hinder.

De Vercammen 3-10%-curve toetsingscurve is in figuur 3.1 grafisch weergegeven .

Figuur 3.1 Toetsingscurve


3.2 Beoordelingscriterium voor laagfrequent geluid

Om de effecten voor laagfrequent geluid in de referentiesituatie te vergelijken met het projectalternatief worden deze in beeld gebracht aan de hand van het volgende criterium:

- Toe- of afname laagfrequent geluid in dB;

Tabel 3.1. Beoordelingscriterium laagfrequent geluid

Aspect	Criterium	Wijze van beoordelen	Methode	Eenheid
<i>emissie laagfrequent geluid</i>	Toe- of afname laagfrequent geluid	Expert judgement	beschouwen effect	dB

4 Onderzoeksopzet

Om de referentiesituatie (de huidige situatie) te bepalen, worden metingen uitgevoerd bij representatieve woningen. Vervolgens worden de resultaten van de metingen gebruikt om een uitspraak te doen over de te verwachten effecten in het projectalternatief (de situatie met project ESGL).

Er zijn op drie locaties laagfrequent geluid metingen in representatieve woningen uitgevoerd. De representatieve woningen zijn bepaald op basis van klachten, afstand tot het tracé, type stations en aard van de gevel. Er kan met betrekking tot de emissie van de treinen onderscheid gemaakt worden in stilstaande treinen met stationair draaiende motor, optrekkende treinen vanuit stilstand en doorgaande treinen. Doel van de selectie van de meetlocaties is aan al deze verschillende relevante emissies metingen te verrichten.

Om enerzijds de referentiesituatie vast te leggen in een aantal representatieve woningen en anderzijds van relevante emissies meetgegevens te verzamelen voor het vermeende laagfrequent geluid, is er voor gekozen om metingen te verrichten bij een woning nabij een halte (tussenstation), een station (eindstation) en een woning tussen twee stations in. Hierbij is gekozen voor de woningen Oostergast 19 te Zuidhorn, Hollanderdijk 32 te Leeuwarden en Achter de Hoven 116a te Leeuwarden. Dit zijn de dichtstbijzijnde objecten bij een station (eindstation), een halte (tussenstation) en een woning op 800 m afstand van een station. Het betreft woningen zonder specifieke gevelmaatregelen voor laagfrequent geluid. Deze drie woningen worden op basis van alle beschreven aspecten representatief geacht voor alle woningen in de invloedssfeer voor laagfrequent geluid van de spoorlijn Groningen - Leeuwarden. In bijlage 1 wordt een toelichting gegeven op de werkwijze en resultaten van de uitgevoerde metingen gegeven.

In tabel 4.1 zijn alle relevante aspecten van de meetlocaties weergegeven.

Tabel 4.1: meetlocaties metingen

Locatie	Object	Klachten ten aanzien van laagfrequent geluid	Afstand tot bron [m]	Omschrijving locatie	Situatie treinen
Locatie 1	Oostergast 19 Zuidhorn	Ja	30-80	Nabij halte (tussenstation)	-stilstaande treinen -vertrekkende treinen vanuit stilstand -doorgaande treinen
Locatie 2	Hollanderdijk 32 Leeuwarden	Nee	40-90	Nabij station (eindstation)	-stilstaande treinen -vertrekkende treinen vanuit stilstand
Locatie 3	Achter de Hoven 116a Leeuwarden	Ja	44	Op 800 m afstand van station (eindstation)	-passerende optrekkende trein

Op het gebied van laagfrequent geluid is geen wettelijk kader van kracht en geen algemeen geaccepteerde rekenmethode voorhanden. Ook op het gebied van kentallen gekoppeld aan de beschouwde specifieke bronnen van laagfrequent geluid is er sprake van een leemte in kennis. Tot aan de woning kan met de methode handreiking industrielaawaai (puntbron) dan wel SRM2 (lijnbron) worden bepaald. Daarnaast heeft elke woning vanwege staande golven een onbekende specifieke invloed op het geluidniveau in een woning. Een staande golf in een woning is een golfverschijnsel veroorzaakt door interferentie van een golf met zijn reflectiegolf met gelijke frequentie en amplitude maar tegengestelde voortplantingsrichting. Daardoor ontstaat er in de woning een regelmatig patroon van punten met minimale uitslag, de knopen, en punten die maximale uitslag vertonen, de buiken.

De stilstaande trein is een puntbron. Met de optrekkende en afremmende trein wordt bedoeld een zeer langzaam rijdende trein in de nabijheid van het punt waar ze tot stilstand komt. Dit vertoont de meeste overeenkomst met een puntbron. De passerende trein is als een lijnbron te beschouwen.

Het is op basis van de beschikbare informatie niet mogelijk om voor het projectalternatief op woningniveau een betrouwbare exacte prognose voor laagfrequent geluid in de woningen te formuleren. Dit wordt met name veroorzaakt door het onbekende staande golf effect.

Het effect ten gevolge van een zachte bodem kan voor laagfrequent geluid relevant zijn. Dit effect is al in de meetresultaten opgenomen.

Het is voor het aspect laagfrequent geluid slechts mogelijk om een algemene conclusie ten aanzien van het projectalternatief te formuleren. Hiermee wordt de delta in emissie tussen referentiesituatie en projectalternatief bepaald. Tevens wordt de mate en frequentie van het optreden van laagfrequent geluid inzichtelijk gemaakt. Bij de beschouwing wordt geen rekening gehouden met afscherpende effecten door bebouwing. Vanwege de grote golflengte van laagfrequent geluid is de afscherpende werking van bebouwing beperkt.

5 Resultaten

5.1 Beschouwing laagfrequent geluid referentiesituatie (huidige situatie)

In bijlage 1 zijn de meetresultaten van de drie locaties weergegeven. Op basis van de geluidmetingen aan stilstaande, vertrekkende en doorgaande treinen kunnen de volgende conclusies t.a.v. de huidige situatie worden geformuleerd:

- § Bij het halte (tussenstation) Zuidhorn is er op 30-80 m afstand bij stilstaande en vertrekkende treinen sprake van laagfrequent geluid, de toetsingscurve Vercammen wordt significant overschreden. De pieken doen zich voor in de 40 en 80 Hz tertsband;
- § Bij het station (eindstation) Leeuwarden is er op 40-90 m afstand bij vertrekkende treinen sprake van laagfrequent geluid, de toetsingscurve Vercammen wordt significant overschreden;
- § Bij het station (eindstation) Leeuwarden is er op 40-90 m afstand bij stilstaande treinen sprake van laagfrequent geluid maar wordt aan de toetsingscurve Vercammen voldaan. De emissie bij het station (eindstation) is lager dan bij een halte (tussenstation) omdat bij aankomst de helft van alle motoren wordt uitgezet;
- § Bij doorgaande treinen is er geen sprake van laagfrequent geluid;

Er zijn geen ontwikkelingen bekend in het gebied die de invloedssfeer voor laagfrequent geluid beïnvloeden. Dit betekent dat de referentiesituatie gelijk is aan de huidige situatie.

In tabel 5.1 is de overschrijding laagfrequent geluid in de referentiesituatie voor laag frequent geluid voor de toetsingscurve Vercammen weergegeven.

Tabel 5.1: overzicht toetsing voor laagfrequent geluid

	Vercammen toetscurve 3-10% hinder
Maximale overschrijding bij stilstand trein halte (tussenstation) [dB]	18,6
Maximale overschrijding bij vertrek [dB]	19,5

De toetsing geldt voor de situatie met twee stilstaande treinen met ieder twee motorcompartimenten danwel het vertrek van een trein met twee motorcompartimenten.

5.2 Beschouwing laagfrequent geluid projectalternatief

Om het rijden van de extra sneltrein en tevens langere treinen mogelijk te maken zijn verschillende maatregelen nodig aan het spoor en aan de stations. De maatregelen voor het project ESGL betreffen o.a. het uitbreiden van de perrons, zodanig dat langere treinen hier kunnen halteren en het aanleggen van een keerspoor.

- Met het uitbreiden van de perrons wordt vanuit het perspectief van de woningen het gebied waar stilstaande treinen kunnen staan groter op deze locaties.
- Ook het aantal momenten dat er stilstaande treinen staan, neemt toe, omdat de intensiteit in het kader van het project ESGL wordt verhoogd.
- De afstand van het keerspoor tot de woningen is niet maatgevend omdat het keerspoor verder weg ligt dan het perronspoor. Dit betekent dat de laagfrequent geluid immissie in de woningen ten gevolge van het keerspoor niet toeneemt.
- Doordat er langere treinen worden ingezet (met meerdere motorblokken) en er daarom meer stationair draaiende motorblokken tegelijkertijd stilstaan, neemt de kans toe dat deze laagfrequent geluid voortbrengen omdat de emissie vanuit het perspectief van de woningen groter wordt.

In de planning zitten in de ochtendspits en in de avondspits vier verlengde treinen met drie motorcompartimenten. In de referentiesituatie en in de projectsituatie is de maximale situatie twee tegelijkertijd stilstaande treinen. In de referentiesituatie hebben deze maximaal twee motorcompartimenten, in de projectsituatie maximaal drie motorcompartimenten. Vanuit het perspectief van de woningen staan er maximaal zes motorcompartimenten in plaats van vier motorcompartimenten stationair te draaien. Hierdoor wordt de emissie vanuit het perspectief van de woningen groter.

Deze toename van laagfrequent geluid voor het projectalternatief van 2 stilstaande treinen met drie motorcompartimenten is daarom $(10 \cdot \log(6/4)) = 1,8$ dB.

6 Effectbeschrijving en -beoordeling

Een MER bevat de beschrijving van de gevolgen voor het milieu die het voornemen zal hebben. Daarnaast bevat een MER de motivering van de wijze waarop deze gevolgen zijn bepaald. De effectbeschrijving in dit hoofdstuk vormt de basis voor de effectbeoordeling en mitigerende maatregelen die in hoofdstuk 8 worden behandeld. Maar voorafgaande aan de effectbeschrijving wordt eerst in de volgende paragraaf uitleg gegeven over de effectbepaling. Hieruit wordt duidelijk hoe tot een bepaalde score is gekomen bij de effectbeschrijving.

6.1 Waardering effecten

In het MER worden de effecten van het ESGL beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Om een goede onderlinge vergelijking tussen de alternatieven mogelijk te maken heeft de referentiesituatie altijd een neutrale score (0). Door de referentiesituatie neutraal te stellen wordt een goede en duidelijke effectbeoordeling van de alternatieven (ten opzichte van de referentiesituatie) en onderlinge vergelijking (tussen de alternatieven onderling) mogelijk gemaakt. In het MER zijn de effecten door middel van een onderbouwde kwantificering en/of kwalitatieve beschrijving in kaart gebracht en vervolgens beoordeeld op een kwalitatieve schaal. De kwalitatieve methode vergelijkt het alternatief met de referentiesituatie. Deze beoordeling vindt plaats op een zevendelige schaal (+ +, +, 0/+, 0, 0/-, -, - -) en de referentiesituatie is hierbij neutraal (= 0). Deze score is in tabel 6.1 uitgewerkt.

Tabel 6.1. Beoordeling effecten

Waardering	Omschrijving	Kwantificering*
--	groot negatief effect	grote toename laagfrequent geluid sterke verslechtering
-	negatief effect	toename laagfrequent geluid verslechtering
0/-	gering negatief effect	geringe toename laagfrequent geluid geringe verslechtering
0	neutraal effect	geen toename laagfrequent geluid neutraal effect geen effect
0/+	gering positief effect	geringe afname laagfrequent geluid geringe verbetering
+	positief effect	afname laagfrequent geluid verbetering
++	groot positief effect	grote afname laagfrequent geluid sterke verbetering

6.2 Effecten

Er is een toename van de emissie van het laagfrequent geluid van 1,8 dB. Hiermee is er sprake van een gering negatief effect als bedoeld in tabel 6.1 ten gevolge van het project. Hiermee treedt een geringe verslechtering op. Daarnaast zal ten gevolge van het projectalternatief het aantal momenten waarop de woningen aan laagfrequent geluid worden blootgesteld in beperkte mate toenemen.

Tabel 6.2. Effecten

Beoordelingsaspect	Criterium	Referentie-situatie	Plansituatie ESGL	Effect
<i>emissie laagfrequent geluid</i>	Af- danwel toename van laagfrequent geluid	er is sprake van laagfrequent geluid	toename van laagfrequent geluid met 1,8 dB	0/-

De varianten A en B met respectievelijk maximaal 153 m treinlengte en 168 m treinlengte in de spits scoren gelijk op het aspect laagfrequent geluid.

7 Mitigerende en compenserende maatregelen

In de huidige situatie is er (in Zuidhorn en Leeuwarden) sprake van laagfrequent geluid dat niet aan de toetsingscurve van Vercammen voor laagfrequent geluid voldoet.

In de referentiesituatie is er sprake van laagfrequent geluid. De emissie van laagfrequent geluid zal ten gevolge van het projectalternatief met 1,8 dB toenemen.

Dit houdt in dat maatregelen onlosmakelijk twee effecten mitigeren:

- het laagfrequent geluid effect van het projectalternatief;
- het laagfrequent geluid effect van de referentiesituatie.

Het is niet mogelijk om alleen het projectalternatief te mitigeren en een stand still principe voor mitigatie te hanteren. Als er mitigatie van het effect van het projectalternatief wordt uitgevoerd wordt tevens de huidige situatie gemitigeerd.

Er zijn verschillende typen maatregelen denkbaar:

- Aan de bron;
- In de overdracht;
- Maatregelen bij de ontvanger.

7.1 Aan de bron

Deels zijn in de huidige situatie al hinder beperkende maatregelen genomen doordat Arriva bij stilstaande treinen op het station (eindstation) Leeuwarden het beleid hanteert dat na 7 minuten de eerste motor wordt uitgezet en na 25 minuten de tweede motor. In de praktijk is tijdens de metingen geconstateerd dat bij alle treinen niet na 7 minuten maar bij aankomst vrijwel direct een motor wordt uitgezet waarna de machinist gelijk doorgaat naar zijn volgende trein. Bij halte (tussenstation)s is het tijdelijk uitzetten van motoren geen optie.

Voor het treffen van bronmaatregelen moeten er afspraken worden gemaakt met de concessiehouder: nu Arriva, maar over enige tijd kan dat weer een andere partij zijn. Deze afspraken kunnen in ieder geval niet worden vastgelegd in het tracébesluit. In het tracébesluit kan er daarom geen zekerheid worden geboden over bronmaatregelen.

In technische zin kan een project worden gestart om te onderzoeken of er (verbeterde) resonantiedempers kunnen worden geplaatst op de treinen.

Het onderzoek is gebaseerd op het huidig materieel. Bij het afgeven van een nieuwe concessie kan een andere vervoerder gebruik gaan maken van ander materieel. De emissie van laagfrequent geluid kan bij ander materieel anders zijn. Bij het opstellen van een programma van eisen voor de nieuwe concessie kan sturing worden gegeven aan een lagere emissie van laagfrequent geluid met eisen, wensen en puntentelling.

7.2 In de overdracht

In de overdracht kunnen door afstand vergroting en door overdrachtmaatregelen (schermen) maatregelen worden genomen. Afstandvergroting is voor de bestaande stations en bestaande woningen geen optie. Overdrachtmaatregelen zijn voor lage frequenties relatief inefficiënt. De benodigde overdracht reductie bedraagt circa 20 dB.

Het schermeffect wordt uitgedrukt in D_{scherm} . De maatgevende frequentie bedraagt 40 Hz, de geluidsnelheid bedraagt 331 m/s, dit houdt in dat de golflengte $\lambda=8,3$ m bedraagt. Hiermee dient de scherm lengte tenminste 8,3 m te bedragen. Op basis van de rekenregels van de HMRI levert de overdracht reductie getalsmatig het volgende op. Een rekenpunt op 1,5 m hoogte en op 30 m afstand van een geluidbron levert met een 4 m hoog oneindig lang scherm op 15 m van de woning een D_{scherm} van circa 2 dB. Een rekenpunt op 1,5 m hoogte en op 30 m afstand van een geluidbron levert met een 8 m hoog oneindig lang scherm op 15 m van de woning een D_{scherm} van circa 7 dB.

Overdrachtmaatregelen zijn praktisch zeer moeilijk uitvoerbaar in de nabijheid van een station in een bebouwde omgeving. Een scherm zal de toegankelijkheid van het station beïnvloeden. Conclusie is dat schermen voor lage frequenties (40 Hz) significant minder reduceren dan voor het maatgevende frequentiegebied voor railverkeer (1000-2000 Hz). Overdrachtmaatregelen voor laagfrequent geluid zullen naar verwachting onvoldoende mitigeren en zijn bovendien praktisch niet inpasbaar c.q. realiseerbaar in de omgeving van stations.

7.3 Maatregelen bij ontvanger

7.3.1 Gevelmaatregelen

Laagfrequent geluid ondervindt een veel geringere geluidsisolatie dan 'gewoon' geluid (oftewel laagfrequent geluid wordt veel makkelijker doorgelaten in een woning dan 'gewoon' geluid). Om in lage frequenties hoge isolaties te halen moet je zeer zware constructies/geveldelen aanbrengen.

Laagfrequent geluid ondervindt een geringere geluidsisolatie op grond van de (theoretische) massawet, die zegt dat het transmissieverlies van geluid dat door uniforme materialen heen gaat, de geluidsisolatie voor elke verdubbeling van de frequentie met 5 à 6 dB toeneemt. Voor een geluidsisolerende beglazing, die bij 500 Hz een transmissieverlies heeft van rond 39 dB, geldt bij 63 Hz nog een isolatiewaarde van ca. 25 dB. Laagfrequent geluid wordt gemakkelijk doorgelaten, ook door geluidsisolerende glassoorten. Hetzelfde geldt voor lichte geveldelen zoals ramen en daken. Er zijn geen gevelmaatregelen (maatregelen aan bestaande woningen) of projecten bekend, dan wel toegepast voor het aspect laagfrequent geluid.

Als het mogelijk zou zijn om gevelmaatregelen te treffen, kunnen deze een positief maar ook een negatief effect hebben voor laagfrequent geluid. Als er aanvullende gevelmaatregelen voor laagfrequent geluid worden genomen, levert dit voor laagfrequent geluid een (beperkte) reductie op. Voor hoogfrequent ('gewoon' geluid) zal de reductie naar verwachting veel hoger zijn. Deze hoge reductie hoogfrequent heeft naar verwachting tot gevolg dat het laagfrequente geluid beter herkenbaar zal zijn omdat het maskerend achtergrondgeluid lager zal worden.

Lichte gevelelementen zoals ramen en lichte dakconstructies zijn maatgevend voor de isolatie voor laagfrequent geluid. Om in lage frequenties hoge isolaties te halen moet men zeer zware constructies/geveldelen aanbrengen. Er kan bijvoorbeeld worden gedacht aan dubbele kozijnconstructies met glaspartijen op grote luchtspouw (tot 50 cm). Het treffen van dergelijke maatregelen in woningen heeft een grote impact op de bruikbaarheid van de woningen. De kosten naar maatregelen voor laagfrequent

geluid kunnen niet worden begroot aangezien dergelijke maatregelen nog niet zijn uitgevoerd. Duidelijk is wel dat de kosten per woning aanzienlijk zullen zijn.

7.4 Conclusie maatregelen

Samenvattend wordt geconcludeerd dat er zijn naar de huidige stand der techniek geen mitigerende maatregelen voor laagfrequent geluid zijn. Er zijn geen mitigerende maatregelen voor laagfrequent geluid, anders dan het uitzetten van de bron wat al wordt gedaan.

De toename van laagfrequent geluid is in absolute zin beperkt. De tijd dat er zich laagfrequent geluid voordoet in woningen zijn als kortdurend aan te merken. Voor het overgrote resterende deel van de tijd doet er zich geen laagfrequent geluid voor in de woningen. Daar waar treinen langer stilstaan zijn in de huidige situatie al hinder beperkende maatregelen genomen door het uitzetten van de tweede motor per motorcompartiment. Hiermee is naar verwachting, ook zonder aanvullende mitigatie, sprake van een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

Het onderzoek is gebaseerd op het huidig materieel. Bij het afgeven van een nieuwe concessie kan een andere vervoerder gebruik gaan maken van ander materieel. De emissie van laagfrequent geluid kan bij ander materieel anders zijn. Bij het opstellen van een programma van eisen voor de nieuwe concessie kan sturing worden gegeven aan een lagere emissie van laagfrequent geluid met eisen, wensen en puntentelling.

8 Leemten in kennis en gegevens

Rekenmethode prognose

Op het gebied van laagfrequent geluid is geen wettelijk kader van kracht en geen algemeen geaccepteerde rekenmethode voorhanden. Ook op het gebied van kentallen gekoppeld aan de beschouwde specifieke bronnen van laagfrequent geluid is er sprake van een leemte in kennis. Daarnaast heeft elke woning (o.a. door constructie en geometrie) een onbekende specifieke invloed op het geluidniveau in een woning. Het is op basis van de beschikbare informatie dan ook niet mogelijk om voor het projectalternatief op woningniveau een betrouwbare exacte prognose voor laagfrequent geluid te formuleren.

Uitgangspunten en aannames

Uitgangspunt van het voorliggend onderzoek is het materieel wat door de huidige concessiehouder Arriva gebruikt wordt op het tracé. De beschouwing is geënt op de metingen aan de emissie van laagfrequent geluid van het huidige materieel van Arriva. Het is in juridische zin onzeker welke concessiehouder in de toekomst op het tracé actief zal zijn. In de toekomst is het daarom mogelijk dat er ander materieel met een andere emissie voor laagfrequent geluid op het tracé rijdt.

Mitigatie

De beschikbare richtlijnen en rekentools van gevelisolatieberekeningen (zoals worden uitgevoerd bij geluidhinder in het kader van de Wet geluidhinder) zijn gebaseerd op isolatiewaarden van de oktaafbanden met als middenfrequentie 125 t/m 2000 Hz. De isolatiewaarden in tertsbanden lager dan 125 Hz (bij laagfrequent geluid) zijn onbekend. Een oktaafband heeft een grotere bandbreedte dan een tertsband, een oktaafband bestaat uit 3 tertsbanden. De benodigde isolatiewaarden hebben een lagere bandbreedte en hebben lagere frequenties. Dit houdt in dat rekentools voor gevelisolatieberekeningen voor laagfrequent geluid op dit moment ontbreken. Isolatiewaarden van constructies worden in laboratoria vastgesteld met metingen. Of het ten principale mogelijk is om laagfrequent isolatie waarden van verschillende constructies laagfrequent in laboratoria vast te stellen is vooralsnog onduidelijk. Duidelijk is dat afhankelijk van de geometrie van een laboratorium er beperkingen zijn aan de laagste te meten frequenties in een laboratorium.

9 Conclusie

Op basis van het voorliggende onderzoek worden voor het thema laagfrequent geluid de volgende conclusies geformuleerd:

- § Er zijn op drie locaties metingen (voor laagfrequent geluid) in representatieve woningen uitgevoerd. Er kan met betrekking tot de emissie van de treinen onderscheid gemaakt worden in stilstaande treinen met stationair draaiende motor, optrekkende treinen vanuit stilstand en doorgaande treinen. Doel van de selectie van de meetlocaties is aan al deze verschillende relevante emissies metingen te verrichten;
- § Bij het halte (tussenstation) Zuidhorn is vastgesteld dat er op 30-80 m afstand bij stilstaande en vertrekkende treinen sprake is van laagfrequent geluid, de toetsingscurve Vercammen wordt significant overschreden;
- § Bij het station (eindstation) Leeuwarden is vastgesteld dat er op 40-90 m afstand, bij stilstaande treinen, sprake is van laagfrequent geluid. Aan de toetsingscurve Vercammen wordt voldaan. De emissie van stilstaande treinen bij het station (eindstation) is lager dan bij een halte (tussenstation) omdat bij aankomst de helft van alle motoren wordt uitgezet;
- § Bij het station (eindstation) Leeuwarden is vastgesteld dat er op 40-90 m afstand bij vertrekkende treinen sprake is van laagfrequent geluid, de toetsingscurve Vercammen wordt significant overschreden;
- § Bij doorgaande treinen is over het algemeen geen sprake van laagfrequent geluid;
- § Op het gebied van laagfrequent geluid is geen wettelijk kader van kracht en geen algemeen geaccepteerde rekenmethode voorhanden. Ook op het gebied van kentallen gekoppeld aan de beschouwde specifieke bronnen van laagfrequent geluid is er sprake van een leemte in kennis. Daarnaast heeft elke woning (o.a. door constructie en geometrie) een onbekende specifieke invloed op het geluidniveau in een woning. Het is op basis van de beschikbare informatie dan ook niet mogelijk om voor het projectalternatief op woningniveau een betrouwbare exacte prognose voor laagfrequent geluid in de woningen te formuleren. Dit wordt met name veroorzaakt door het onbekende staande golf effect. Het is voor het aspect laagfrequent geluid slechts mogelijk om een algemene conclusie ten aanzien van het projectalternatief te formuleren op basis van de delta in emissie tussen referentiesituatie en projectalternatief.;
- Het aantal momenten dat er stilstaande treinen staan die laagfrequent geluid produceren, neemt toe, omdat de intensiteit in het kader van het project ESGL worden verhoogd. Doordat er langere treinen worden ingezet (met meerdere motorblokken) en er daarom meer stationair draaiende motorblokken tegelijkertijd stilstaan, neemt de kans toe dat deze laagfrequent geluid voortbrengen omdat de emissie groter wordt. Ten gevolge van het project wordt er een toename van het laagfrequent geluid verwacht van 1,8 dB. Hiermee is er sprake van een gering negatief effect ten gevolge van het project. Dit geldt voor alle woningen in de nabijheid van het project. De varianten A en B met respectievelijk maximaal 153 m treinlengte en 168 m treinlengte in de spits scoren gelijk op het aspect laagfrequent geluid;
- Voor laagfrequent geluid zijn er geen dosis-effect relaties beschikbaar om het percentage gehinderden te bepalen. Het is echter mogelijk dat een toename van laagfrequent geluid een groter percentage gehinderden met zich mee kan brengen. In de huidige situatie is slechts sprake van een zeer beperkt aantal klachten t.a.v. laagfrequent geluid. De verwachting voor het projectalternatief is daarom dat er in absolute zin een beperkt aantal extra klachten t.a.v. laagfrequent geluid kan ontstaan;
- Ten aanzien van maatregelen wordt geconcludeerd dat de stand der techniek gereedschapskist met mitigerende maatregelen voor het aspect laagfrequent geluid op dit moment leeg is. Er zijn geen

mitigerende maatregelen voor laagfrequent geluid, anders dan het uitzetten van de bron wat al wordt gedaan. De toename van laagfrequent geluid is in absolute zin beperkt. De tijd dat er zich laagfrequent geluid voordoet in woningen zijn als kortdurend aan te merken. Voor het overgrote resterende deel van de tijd doet er zich geen laagfrequent geluid voor in de woningen. Daar waar treinen langer stilstaan zijn in de huidige situatie al hinder beperkende maatregelen genomen door het uitzetten van de tweede motor per motorcompartiment. Hiermee is naar verwachting, ook zonder aanvullende mitigatie, sprake van een aanvaardbaar woon- en leefklimaat;

- Het voorliggende onderzoek is gebaseerd op het huidig materieel. De emissie karakteristieken van het huidige materieel is verantwoordelijk voor het laagfrequent geluid effect. Bij het afgeven van een nieuwe concessie kan een andere vervoerder gebruik gaan maken van ander materieel. De emissie van laagfrequent geluid kan bij ander materieel anders zijn. Bij het opstellen van een programma van eisen voor de nieuwe concessie kan sturing worden gegeven aan een lagere emissie van laagfrequent geluid met eisen, wensen en puntentelling.

Bijlage 1: Laagfrequent geluid metingen huidige situatie

1 INLEIDING

Op het traject Groningen Leeuwarden rijden in de bestaande (referentiesituatie) en de toekomstige situatie (projectalternatief) zogenaamde Stadler GTW 2/6 en GTW 2/8 treinen. In de bestaande situatie bestaan er ten aanzien van deze treinen klachten ten aanzien van laagfrequent geluid. De klachten die bekend zijn bij Prorail zijn niet specifiek op het aspect laagfrequent geluid geregistreerd maar meer algemeen onder klachten ten aanzien van geluid. De Stadler treinen zijn dieseltreinen die afhankelijk van de lengte van de trein meerdere motorcompartimenten hebben. De klachten ten aanzien van laagfrequent geluid hebben betrekking hebben op stilstaande treinen met stationair draaiende motoren en op optrekkende treinen.

Er kan met betrekking tot de emissie van de treinen onderscheid gemaakt worden in stilstaande treinen met stationair draaiende motor, optrekkende treinen vanuit stilstand en doorgaande treinen. Om enerzijds de referentiesituatie vast te leggen in een aantal maatgevende woningen, en anderzijds van relevante emissies meetgegevens te verzamelen voor het vermeend laagfrequent geluid, is er voor gekozen om metingen te verrichten bij een woning nabij een tussenstation, nabij een eindstation en een woning tussen twee stations in. In februari 2015 zijn daarom in een drietal woningen nabij het traject Groningen Leeuwarden metingen aan laagfrequent geluid verricht namelijk de woningen Oostergast 19 te Zuidhorn, Hollanderdijk 32 te Leeuwarden en Achter de Hoven 116a te Leeuwarden. Dit zijn de dichtstbijzijnde objecten bij een eindstation, een tussenstation en een woning op 800 m afstand van een station. In januari 2016 zijn voor locatie 1 en 2 aanvullende metingen verricht om aanvullende meetgegevens te verzamelen.

2 METINGEN LAAGFREQUENT GELUID

Selectie meetlocaties

Om enerzijds de referentiesituatie vast te leggen in een aantal maatgevende woningen en anderzijds van relevante emissies meetgegevens te verzamelen voor het vermeend laagfrequent geluid is er voor gekozen om metingen te verrichten bij een woning nabij een tussenstation en een eindstation. Hierbij is gekozen voor de woningen Oostergast 19 te Zuidhorn, Hollanderdijk 32 te Leeuwarden en Achter de Hoven 116a Leeuwarden. Dit zijn de dichtstbijzijnde objecten bij een eindstation een tussenstation en een spoor tussen twee stations. In tabel 2.1 zijn alle relevante aspecten van de meetlocaties weergegeven. Deze woningen worden op basis van alle beschreven aspecten maatgevend geacht voor alle woningen in de invloedssfeer voor laagfrequent geluid van de spoorlijn Groningen Leeuwarden.

Tabel 2.1: meetlocaties metingen

Locatie	Object	Klachten ten aanzien van laagfrequent geluid	Afstand tot bron [m]	Omschrijving locatie	Situatie treinen
Locatie 1	Oostergast 19 Zuidhorn	Ja	30-80	Nabij tussenstation	-stilstaande treinen -vertrekkende treinen vanuit stilstand -doorgaande treinen
Locatie 2	Hollanderdijk 32 Leeuwarden	Nee	40-90	Nabij eindstation	-stilstaande treinen -vertrekkende treinen vanuit stilstand
Locatie 3	Achter de Hoven 116a Leeuwarden	Ja	44	Op 800 m afstand van eindstation	-passerende optrekkende trein

2.1 Beschrijving metingen

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetsystemen.

- § Een 12 kanaals 01dB netdB meetsysteem. Het meetsysteem van 01 dB is uitgerust met 2 trillingsopnemers (Dytran 3187D) en 4 maal microfoon B&K4189;
- § Tevens is gebruik gemaakt van een B&K2260 real time analyzer.

Voor het aanbrengen van de sensoren van het 01dB meetsysteem in de meetpunten zijn de versnellingsopnemers gekalibreerd met een AP Tech AT01 versnellingscalibrator serienr 5110. Voor het aanbrengen van de microfoons van het 01dB meetsysteem zijn de microfoons gekalibreerd met een B&K type 4231 calibrator. Het 12 kanaalsmeetsysteem is zo ingericht dat analyses achteraf plaats vinden. De klok van de beide meetsystemen is gesynchroniseerd voor de meting. De B&K2260 real time analyzer is alleen gebruikt voor exacte tijdwaarnemingen en indicatieve metingen op het perron.

De metingen in februari 2015 is door een persoon uitgevoerd hij verzorgt de metingen en waarnemingen in de woning. De aanvullende metingen in januari 2016 metingen zijn met twee personen uitgevoerd, een man verzorgt de metingen en waarnemingen in de woning en een man verzorgt de waarnemingen op het perron.

2.2 Meetpunten

Omschrijving meetpunten in de woningen:

- § meetpunt 1, piëzoopnemer, verticale versnelling bodem (buiten de woning);
- § meetpunt 2, piëzoopnemer, verticale versnelling vloer;
- § meetpunt 3, microfoon op statief in buitenlucht voor gevel met zicht op spoor h=2 m;
- § meetpunt 4, microfoon op statief binnen voorzijde nabij gevel met zicht op spoor h=2,75 m;
- § meetpunt 5, microfoon op statief binnen midden ruimte h=1,75 m;
- § meetpunt 6, microfoon op statief binnen achterzijde ruimte h=1,25 m;

De microfoons in meetpunt 4,5 en 6 zijn op een diagonaal van de ruimte gepositioneerd waarbij de hoogte van de microfoons varieert. Op elke locatie zijn zes meetpunten

uitgezet. De bovenstaande omschrijving van de meetpunten is voor beide woningen gelijk. In foto 1 t/m 4 zijn enkele meetpunten weergegeven. In figuren 2.1, 2.2 en 2.3 is de situatie van de meetpunten voor de meetlocaties schematisch weergegeven.



Foto 1 t/m 4: weergave meetpunten

In meetpunt 1 is de sensor met een schroefdraad bevestigd op een stalen pen van 60 cm die in de bodem is aangebracht.

Meetpunten 4, 5 en 6 hebben tot doel het geluidniveau binnen vast te stellen. Tijdens de metingen is de geluiddeskundige aanwezig in de ruimte. Meetpunt 3 heeft tot doel achteraf signalen te kunnen beluisteren. Meetpunten 1 en 2 hebben tot doel om de relatie tussen trillingsniveau en geluidniveau binnen vast te kunnen stellen.

In meetpunt 2 is de sensor met een schroefdraad bevestigd op een stalen meettafel. In meetpunt 3, 4, 5 en 6 is de microfoon op een statief geplaatst. De microfoon in meetpunt 3 is van een windbol voorzien. De metingen over de 6 kanalen zijn hiermee gesynchroniseerd uitgevoerd. De gehanteerde grootte betreft het Leq. De terts- en oktaafbandanalyses zijn met een integratietijd van 0,125 sec uitgevoerd.

2.3 Meetresultaten locatie 1 Oostergast 19 te Zuidhorn

In bijlage 2.1 zijn de meetresultaten van de metingen in februari 2015 en de aanvullende metingen in januari 2016 grafisch weergegeven. In de onderstaande tabel 2.2 is de toetsing van de meetgegevens aan de curve samengevat weergegeven.

In de tabel zijn de meetgegevens per event gepresenteerd. Op basis van de waarnemingen op het perron zijn de events opeenvolgend genummerd. Deze events zijn achteraf op kantoor beluisterd en beoordeeld op hoorbare verstoring. Alleen de meetgegevens van events zonder hoorbare verstoring zijn in tabel 2.2 opgenomen. Dit heeft tot gevolg dat de nummering van de events niet meer opeenvolgend is.

In meetlocatie 1 Oostergast 19 te Zuidhorn zijn van 14.00 tot 19.00 uur in januari 2016 metingen verricht.

Het geluid van stilstaande treinen is in de woning goed hoorbaar.

Op het perron van station Zuidhorn is vastgesteld dat een trein over een of twee motorcompartimenten beschikt. Elk motorcompartiment heeft twee motoren. Een trein

beschikt derhalve over twee of vier motoren. Op het tussenstation Zuidhorn draaien bij stilstand van de trein alle motoren stationair.

Tabel 2.2: overzicht toetsing meetgegevens huidige situatie aan toetscurve meetlocatie 1

Datum	Event	aantal treinen (treinnummers)	totaal aantallen motoren	afstand tot trein [m]	duur event [sec]	duur meting [sec]	LF check (dBC-dBA>20 dB)	Vercammen toetscurve 3-10% hinder
Stilstaande trein								
2015	1.17	1	4	30-80	55	10	Ja	voldoet niet
	1.19	1	4	30-80	75	10	Ja	voldoet niet
	1.21	2	8	30-80	70	10	Ja	voldoet niet
2016	1.2	1 (325)	2	30-80	51	51	Ja	voldoet niet
	1.3	1 (317)	2	30-80	38	38	Ja	voldoet niet
	1.4	2 (317,312)	4	30-80	7	7	Ja	voldoet niet
	1.5	2 (308,317,312)	6	30-80	38	38	Ja	voldoet niet
	1.6	2 (351,240)	4	30-80	63	63	Ja	voldoet niet
	1.7	2 (242,325)	4	30-80	63	63	Ja	voldoet niet
	1.8	2 (351,240)	4	30-80	56	56	Ja	voldoet niet
	1.9	2 (312,317,240,351)	8	30-80	23	23	Ja	voldoet niet
	1.10	2 (346,308)	4	30-80	37	37	Ja	voldoet niet
	1.12	2 (325,242)	4	30-80	15	15	Ja	voldoet niet
	1.13	2 (308,325,242)	6	30-80	19	19	Ja	voldoet niet
Vertrekkende trein								
2015	1.17.v	1	2	30-80	25	25	Ja	voldoet niet
	1.19.v	1	2	30-80	20	20	Ja	voldoet niet
	1.21.v	1	2	30-80	20	20	Ja	voldoet niet
	1.23.v	1	2	30-80	20	20	Ja	voldoet niet
Doorgaande trein								
2015	1.18.d	1	2	30-80	10	10	Ja	voldoet niet

Op basis van subjectieve waarneming door de geluideskundige is er bij stilstand en vertrek vanuit stilstand sprake van laagfrequent geluid in het object Oostergast 19 te Zuidhorn. Op basis van de meetdata is er bij alle events sprake van laagfrequent geluid uitgaande van het criterium voor laagfrequent geluid dBC-dBA>20 dB. In de 40 en 80 Hz tertsbands zijn relevante pieken waarneembaar in de tertsbandspectra. Er zijn relevante verschillen (tot circa 15 dB) tussen de meetgegevens in de drie meetpunten in de woning. Dit houdt in dat de subjectieve waarneming in de woning sterk varieert afhankelijk van de positie in de woning. In de woning staan soms lichte gevelelementen zoals ramen hoorbaar geluid af te stralen. Op basis van de meetdata bestaat de indruk dat geluidafstraling door de vloer niet relevant is voor het laagfrequent geluid in de woning.

De bewoner geeft aan met name hinder ten aanzien van laagfrequent geluid van verlengde treinen te ondervinden vooral als er twee verlengde treinen gelijktijdig stilstaan.

Samenvattend: in de woning Oostergast 19 te Zuidhorn is in de huidige situatie op 30 tot 80 m afstand van de treinen op basis van subjectieve waarnemingen en op basis van objectieve meetdata sprake van laagfrequent geluid. De meetdata van de geregistreerde events (stilstaande en vertrekkende treinen) overschrijden over het algemeen de toetsingscurve voor laagfrequent geluid.

2.4 Meetresultaten locatie 2 Hollanderdijk 32 te Leeuwarden

In bijlage 2.2 zijn de meetresultaten van de metingen in februari 2015 en de aanvullende metingen uit januari 2016 grafisch weergegeven. In de onderstaande tabel 2.4 is de toetsing van de meetgegevens aan de curve samengevat weergegeven.

In meetlocatie 2 Hollanderdijk 32 te Leeuwarden zijn in januari 2016 van 8.00 tot 13.00 uur metingen verricht. Het verkeer over de Hollanderdijk veroorzaakt een relatief hoog stoorgeluid tijdens passages van het verkeer. Er kunnen binnen in de woning Hollanderdijk 32 alleen op tijdstippen met stille momenten waarbij er geen wegverkeer over de Hollanderdijk rijdt, metingen worden verricht ten gevolge van de treinen.

Het geluid van stilstaande treinen is in de woning net hoorbaar. Op het perron van station Leeuwarden is vastgesteld dat een trein over een of twee motorcompartimenten beschikt. Elk motorcompartiment heeft twee motoren. Een trein beschikt derhalve over twee of vier motoren. Op het eindstation wordt bij aankomst een motor per motorcompartiment uit gezet. Op het eindstation Leeuwarden draaien bij stilstand van de trein de helft van alle motoren stationair.

Tabel 2.4: overzicht toetsing meetgegevens aan toetscurve meetlocatie 2

Datum	event	Aantal Treinen (treinnummers)	Aantal motor compartimenten	totaal aantallen motoren	afstand tot trein [m]	duur event [sec]	duur meting [sec]	LF check (dBC-dBA>20 dB)	Vercammen toetscurve 3-10% hinder
stilstaande trein met stationair draaiende motor									
2015	2.1	1	1	1	40-90	645	10	Ja	voldoet
	2.2	2	2	2	40-90	nvt	10	Ja	voldoet
	2.3	2	2	2	40-90	nvt	10	Ja	voldoet
	2.4	1	1	1	40-90	655	10	Ja	voldoet
	2.5	2	2	2	40-90	nvt	10	Ja	voldoet
	2.6	1	1	1	40-90	onbekend	10	Nee	voldoet
	2.7	2	2	2	40-90	nvt	5	Ja	voldoet
	2.8	3	3	3	40-90	nvt	5	Ja	voldoet
	2.9	2	2	2	40-90	nvt	10	Ja	voldoet
2016	2.1	304,308	2	2	40-90	0:03:39	5	Ja	voldoet
	2.2	304,308, 314,346	4	4	40-90	0:04:00	5	Ja	voldoet
	2.3	314,346	2	2	40-90	0:20:02	5	Ja	voldoet
	2.4	314,346, 310,351	4	4	40-90	0:04:54	5	Ja	voldoet
	2.5	313	1	1	40-90	0:09:23	5	Ja	voldoet
	2.6	311,347, 313	3	3	40-90	0:03:31	5	Ja	voldoet
	2.7	311,313	2	2	40-90	0:01:22	5	Ja	voldoet
	2.9	302,229	2	2	40-90	0:04:24	5	Ja	voldoet
	2.10	318	1	1	40-90	0:05:32	5	Ja	voldoet
	2.11	314,346, 318	3	3	40-90	0:05:16	5	Ja	voldoet
	2.12	351	1	1	40-90	0:07:22	5	Nee	voldoet
	2.13	311	1	1	40-90	0:06:06	5	Ja	voldoet
	2.14	311,313	2	2	40-90	0:05:42	5	Ja	voldoet
	2.15	302	2	2	40-90	0:01:53	5	Ja	voldoet
	2.16	318	1	1	40-90	0:07:21	5	Ja	voldoet
	Vertrek vanuit stilstand								
2015	2.1.v	1	1	2	40-90	5	5	Ja	voldoet niet
	2.2.v	1	1	2	40-90	10	10	Ja	voldoet niet
	2.3.v	1	1	2	40-90	15	15	Nee	voldoet niet
	2.4.v	1	1	2	40-90	20	20	Ja	voldoet niet
	2.5.v	1	1	2	40-90	15	15	Ja	voldoet niet
	2.8.v	1	1	2	40-90	5	5	Ja	voldoet niet
	2.9.v	1	1	2	40-90	20	20	Ja	voldoet niet

Op basis van subjectieve waarneming door de geluid deskundige is er bij stilstand geen sprake van laagfrequent geluid in het object Hollanderdijk 32 te Leeuwarden. De bewoner geeft aan geen hinder ten aanzien van laagfrequent geluid van treinen te ondervinden. Dat beeld wordt door de meetgegevens bevestigd.

Op basis van de meetdata is er bij het merendeel van de events sprake van laagfrequent geluid uitgaande van het criterium voor laagfrequent geluid $dB_{C}-dB_{A}>20$ dB.

Er zijn relevante verschillen (tot circa 15 dB) tussen de meetgegevens in de drie meetpunten in de woning. Dit houdt in dat de subjectieve waarneming in de woning sterk varieert afhankelijk van de positie in de woning. Op basis van de meetdata bestaat de indruk dat geluidafstraling door de vloer niet relevant is voor het laagfrequent geluid in de woning.

Samenvattend: in de woning Hollanderdijk 32 te Leeuwarden is in de huidige situatie op 40 tot 90 m afstand van de treinen basis van subjectieve waarnemingen en op basis van objectieve meetdata van stilstaande treinen weliswaar sprake van laagfrequent geluid maar dit voldoet aan de toetsingscurve voor laagfrequent geluid die gebaseerd zijn op hinder.

2.5 Meetresultaten locatie 3 Achter de Hoven 116a te Leeuwarden

In bijlage 2.3 zijn de meetresultaten grafisch weergegeven. In de onderstaande tabel 2.5 is de toetsing van de meetgegevens aan de curve samengevat weergegeven.

In meetlocatie 3 Achter de Hoven 116a te Leeuwarden zijn van 10.50 tot 15.00 uur metingen verricht. Tijdens een passage van een trein staat het verkeer over de Achter de Hoven stil. Tijdens elke passage van een trein is de bel van de overweg in bedrijf. Het geluid van vertrekkende treinen is in de woning goed hoorbaar. Vanaf 11.15 uur is direct voor de gevel van Achter de Hoven 116a een mobiele kraan actief. Tussen 12.00 en 13.15 uur is de kraan niet actief. Na 15.00 uur is een tweede kraan actief waardoor het niet meer mogelijk is om geluidmetingen te verrichten aan treinpassages. Na analyse blijkt dat alleen de geluidmetingen waarbij de mobiele kraan niet actief is bruikbaar zijn.

Tabel 2.5: overzicht toetsing meetgegevens aan toetscurve meetlocatie 3

event	aantal treinen	totaal aantallen motor blokken	afstand tot trein [m]	duur event [sec]	duur meting [sec]	LF check (dBC-dBA>20 dB)	Vercammen toetscurve 3-10% hinder
Passage trein							
3.1	1	1	circa 44 m	8	8	nee	nvt
3.2	1	1	circa 44 m	7	7	nee	nvt
3.8	1	2	circa 44 m	10	10	nee	nvt
3.9	1	1	circa 44 m	10	10	nee	nvt
3.10	1	1	circa 44 m	8	8	nee	nvt
3.12	1	2	circa 44 m	7	7	nee	nvt

Op basis van subjectieve waarneming door de geluid deskundige zijn de passages waarneembaar in de woning, er zijn bij de passages soms laagfrequent componenten waargenomen in het object Achter de Hoven 116a te Leeuwarden. De bewoner geeft aan soms hinder ten aanzien van laagfrequent geluid van passerende treinen te ondervinden. Hij geeft aan dat het geluid tijdens een passage sterk wisselend is.

Dat beeld wordt door de meetdata niet bevestigd. Event 3.1, 3.8 en 3.10 zijn optrekkende treinen richting Groningen. Bij alle 6 de geregistreerde passages (3 richting Groningen en 3 richting Leeuwarden) wordt niet voldaan aan het criterium voor laag frequent geluid (dBC-dBA>20 dB). Ook zijn de spectra van de optrekkende treinen wisselend (40, 63 en 80 Hz).

Er zijn relevante verschillen (tot circa 15 dB) tussen de meetgegevens in de drie meetpunten in de woning. Dit houdt in dat de subjectieve waarneming in de woning sterk varieert afhankelijk van de positie in de woning. De indruk bestaat dat geluidafstraling door de vloer niet relevant is voor het laagfrequent geluid in de woning.

Samenvattend: in de woning Achter de Hoven 116a te Leeuwarden is in de huidige situatie op 44 m afstand van het spoor op basis van subjectieve waarnemingen en op basis van objectieve meetdata van passerende treinen geen sprake van laagfrequent geluid. Dit geldt zowel voor passages richting Leeuwarden als richting Groningen. De bewoner van de woning Achter de Hoven 116a te Leeuwarden geeft aan soms hinder ten gevolge van laagfrequent geluid van passages te ondervinden.

2.6 analyse laagfrequent geluid

In tabel 2.6 is een overzicht van de events weergegeven van de mate van overschrijdingen van de hindercurve.

Tabel 2.6: overzicht toetsing meetgegevens huidige situatie aan toetscurve meetlocatie 1

event	Aantal motoren	overschrijding Vercammen [dB]	% t.o.v. max overschrijding Vercammen
2	2	5,1	28
3	2	13,2	71
4	4	8,9	48
6	4	14,3	77
7	4	16,2	88
8	4	10,3	56
10	4	17,6	95
12	4	16,6	90
5	6	10,0	54
13	6	15,7	85
9	8	18,5	100
max overschrijding [dB]	2-8	18,5	--
gem. overschrijding [dB]	2-8	13,2	--

Legenda

categorie	Mate van overschrijding, t.o.v. max. overschrijding [%]
	<0
	-25
	25-50
	50-75
	75-100

In het overzicht in tabel 2.6 is zichtbaar dat er een zeker verband bestaat tussen het aantal stationair draaiende motoren en de mate van overschrijding van de curve in de woning. De grotere overschrijdingen doen zich meer voor bij de events met grotere aantallen stationair draaiende motoren. Dit is geen eenduidig lineair verband. Kennelijk zijn er behalve het aantal stationair draaiende motoren statische factoren die een rol spelen bij de mate van overschrijding. Voor een statistische analyse is het aantal metingen te klein. Daarom wordt op basis van de metingen gesproken over een indicatie. Er is een indicatie dat een verlengde trein meer laagfrequent geluid met zich meebrengt dan een niet verlengde trein.

De Vercammen curve is op 3-10% gehinderden gebaseerd. Voor laag frequent geluid zijn er geen dosis-effect relaties beschikbaar om het percentage gehinderden te bepalen. Het is echter waarschijnlijk dat een grotere mate van overschrijding een groter percentage gehinderden met zich mee brengt.

Op basis van de metingen in locatie 1 is er een indicatie dat gelijktijdig stilstaande verlengde treinen een grotere mate van laagfrequent geluid met zich meebrengen dan een afzonderlijke stilstaande niet verlengde trein. Het is waarschijnlijk dat een grotere mate van overschrijding meer hinder en een groter percentage gehinderden met zich mee brengt.

In tabel 2.7 is de toetsing voor laag frequent geluid voor de Vercammen toetsingscurve weergegeven.

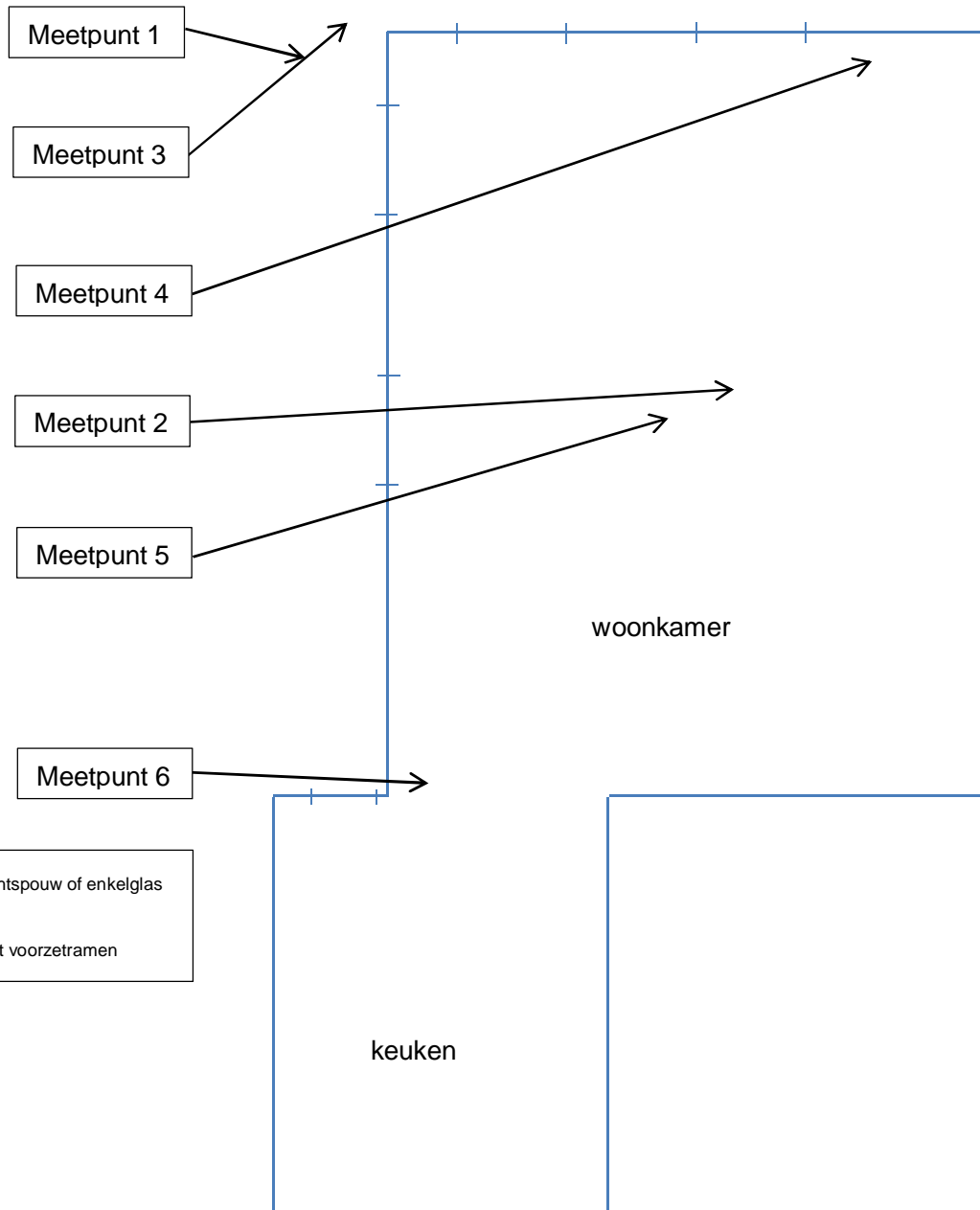
Tabel 2.7: overzicht toetsing laagfrequent geluid

	Vercammen toetscurve 3-10% hinder
Maximale overschrijding bij stilstand trein tussenstation [dB]	18,6
Maximale overschrijding bij vertrek [dB]	19,5

Figuur 2.1
Situatie meetpunten locatie 1

Figuur 2.1: Situatieschets meetpunten woonkamer meetlocatie 1

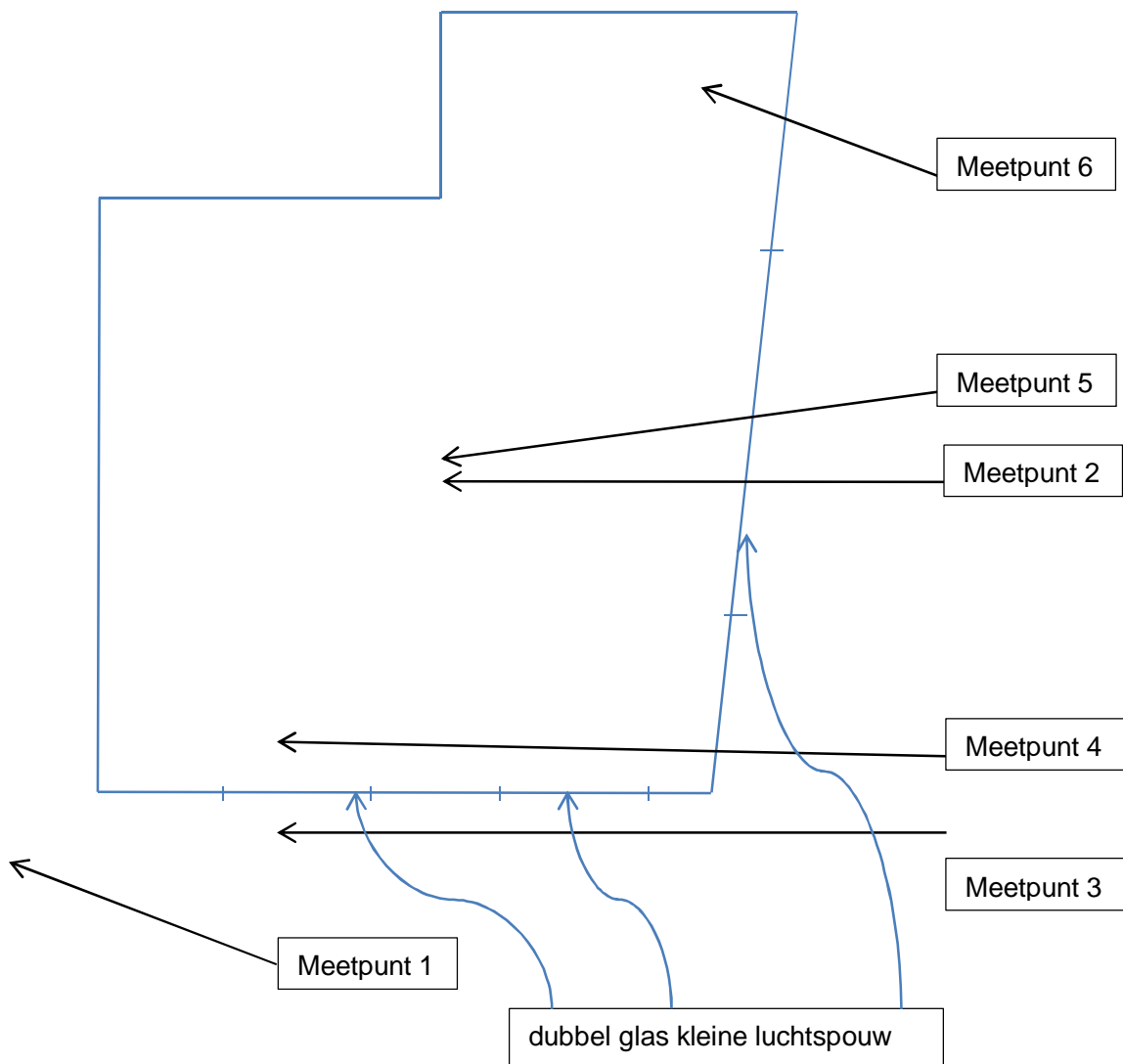
Afmeting woonkamer: circa 5x6 m



Figuur 2.2
Situatie meetpunten locatie 2

Figuur 2.2: Situatieschets meetpunten woonkamer meetlocatie 2

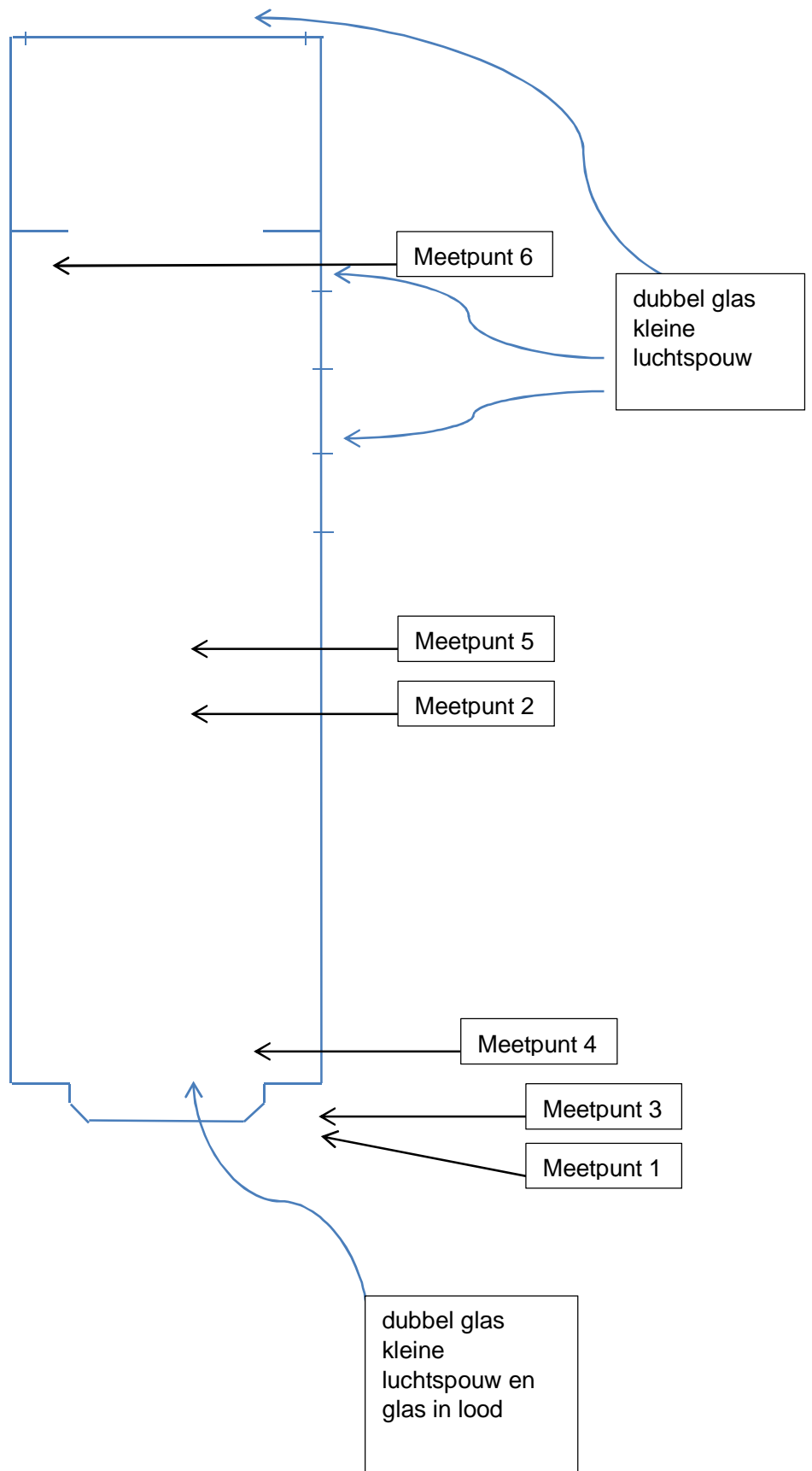
Afmeting: circa 5,5x6 m



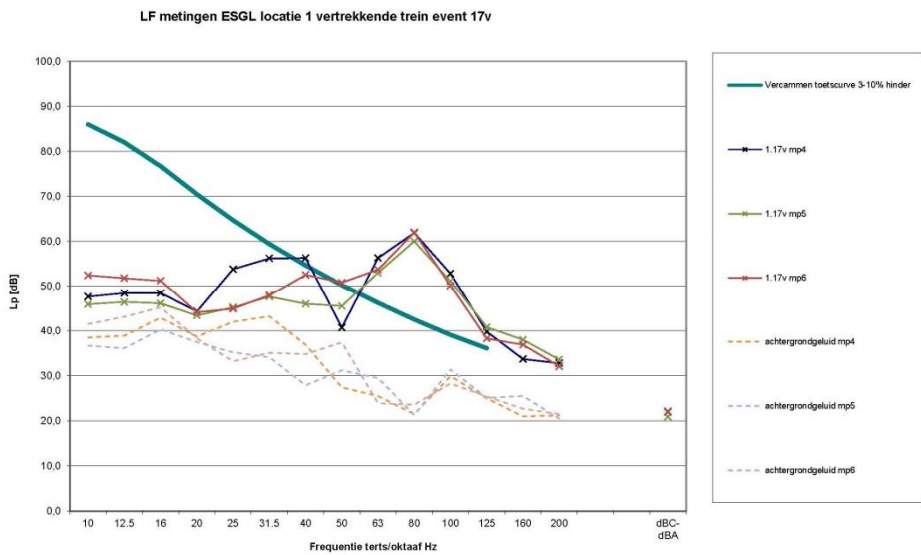
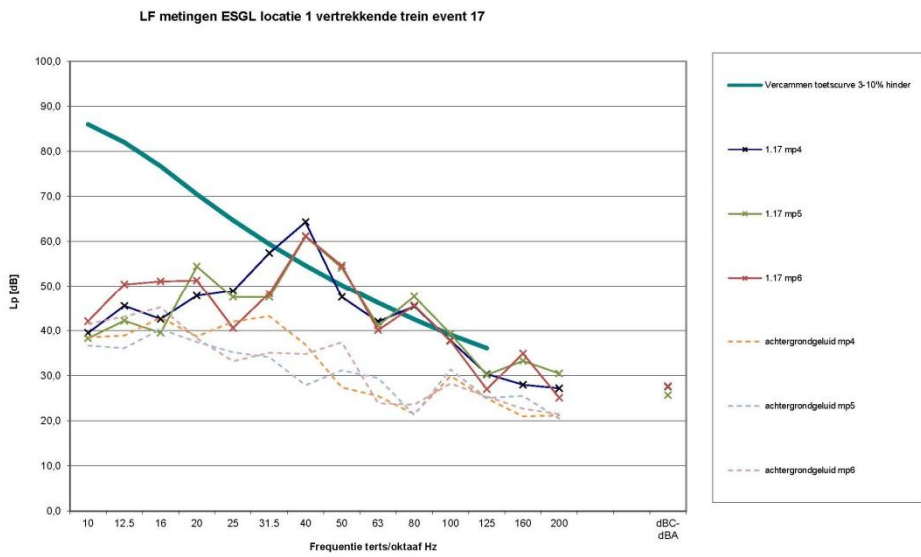
Figuur 2.3
Situatie meetpunten locatie 3

Figuur 2.3: Situatieschets meetpunten woonkamer meetlocatie 3

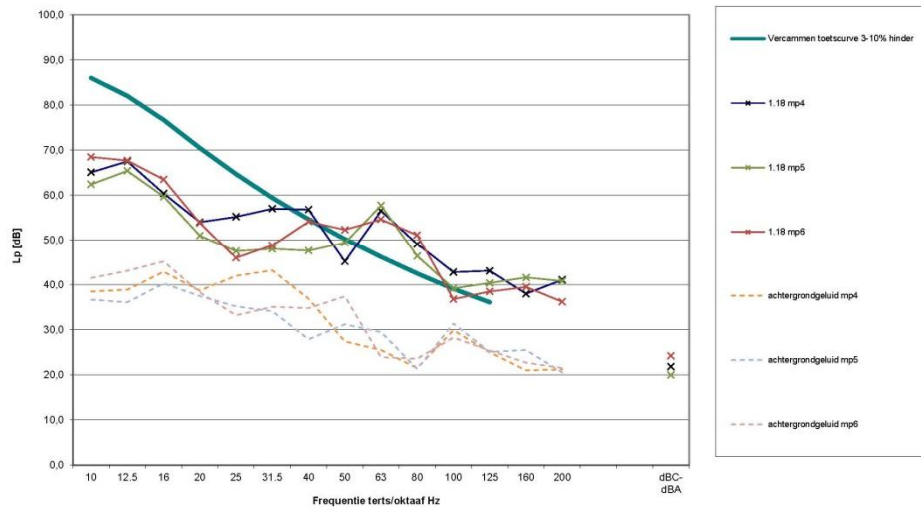
Afmeting: circa 13x4,5 m



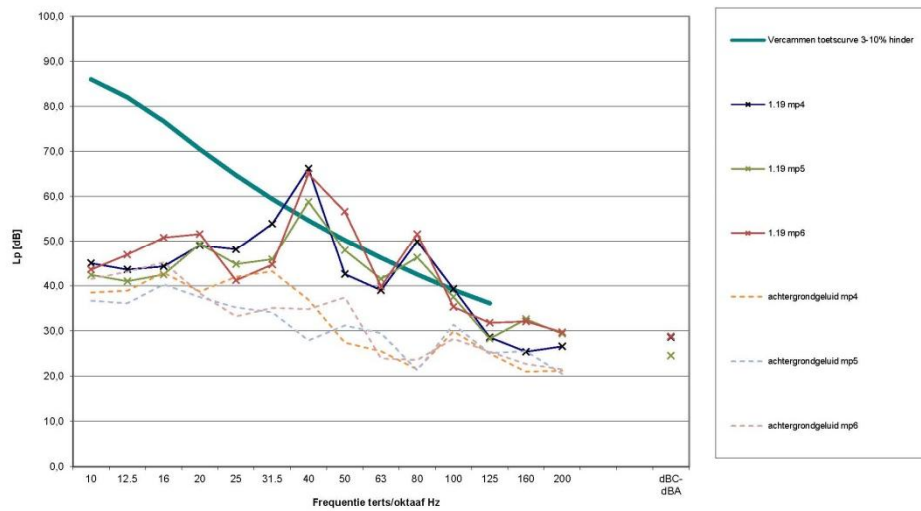
Bijlage 2.1
Grafische weergave meetdata locatie 1



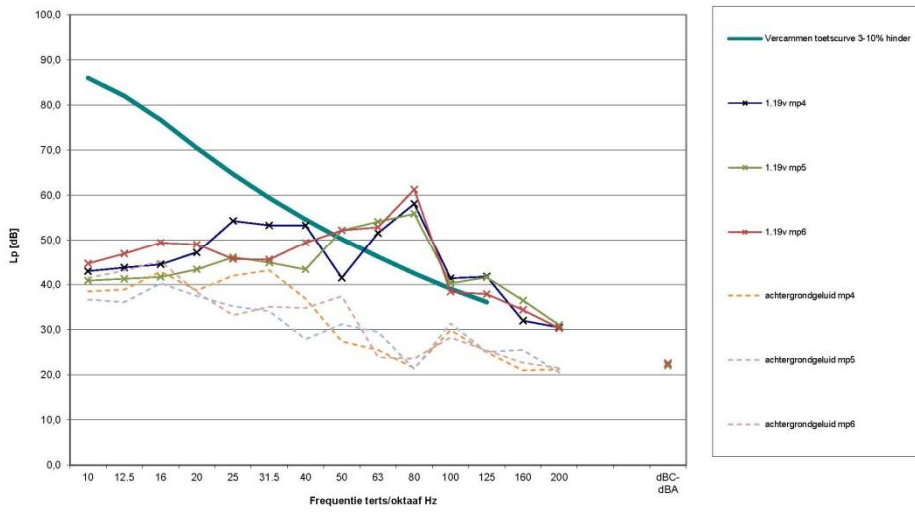
LF metingen ESGL locatie 1 doorgaande trein event 18



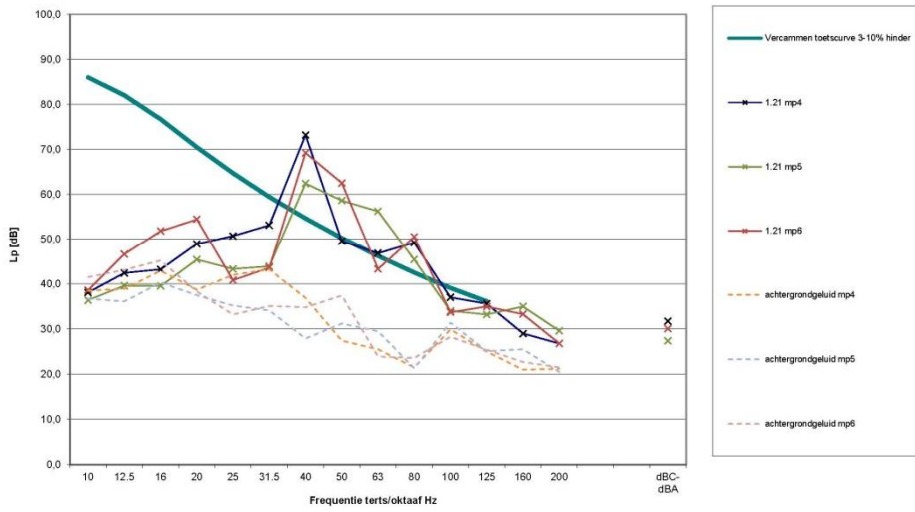
LF metingen ESGL locatie 1 vertrekkende trein event 19



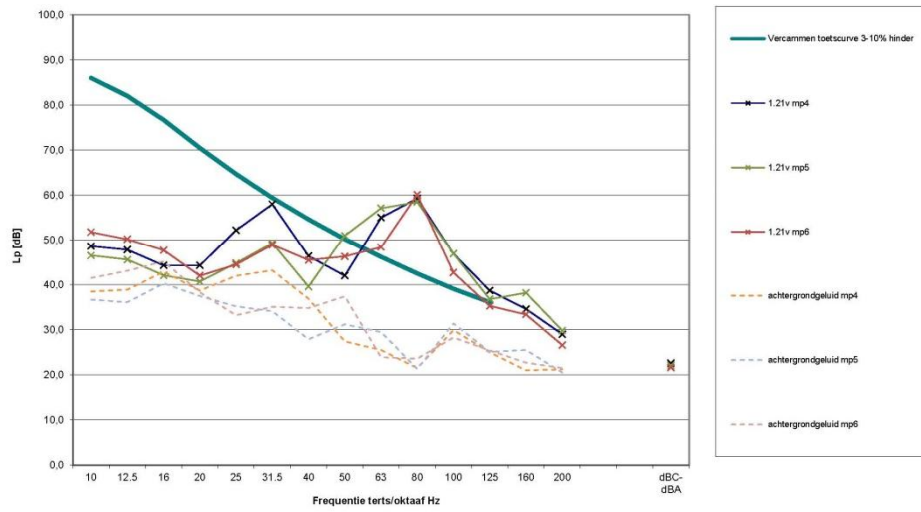
LF metingen ESGL locatie 1 vertrekkende trein event 19v



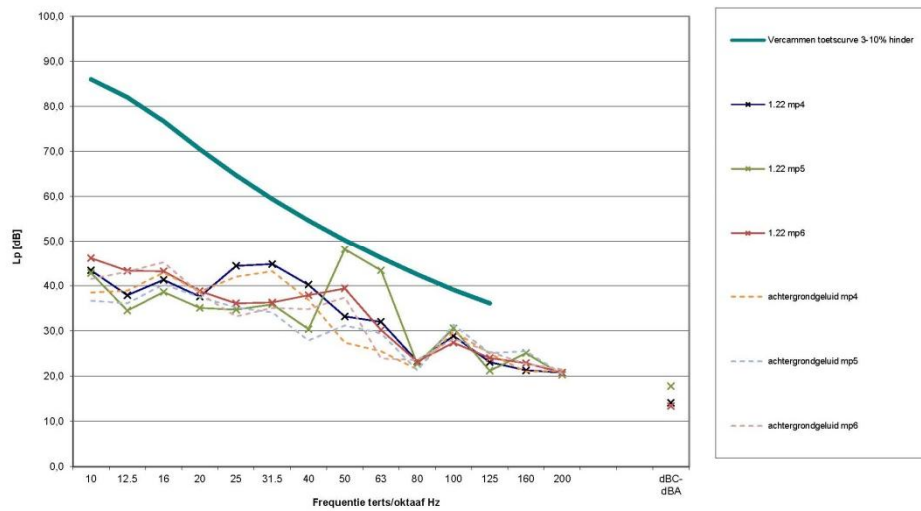
LF metingen ESGL locatie 1 vertrekkende trein event 21



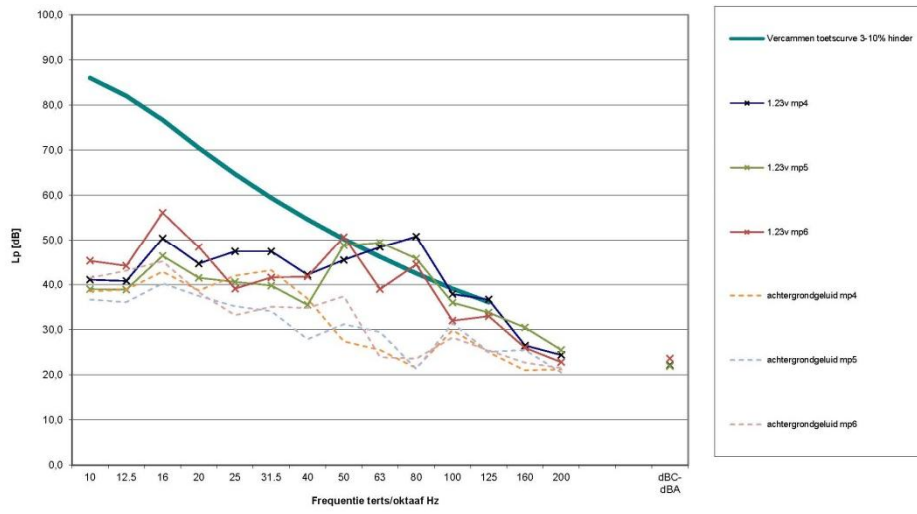
LF metingen ESGL locatie 1 vertrekkende trein event 21v



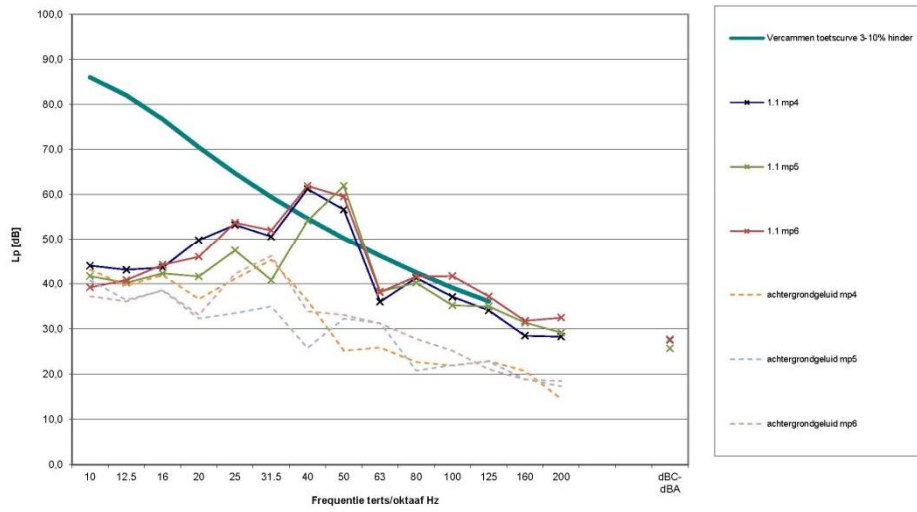
LF metingen ESGL locatie 1 doorgaande trein event 22



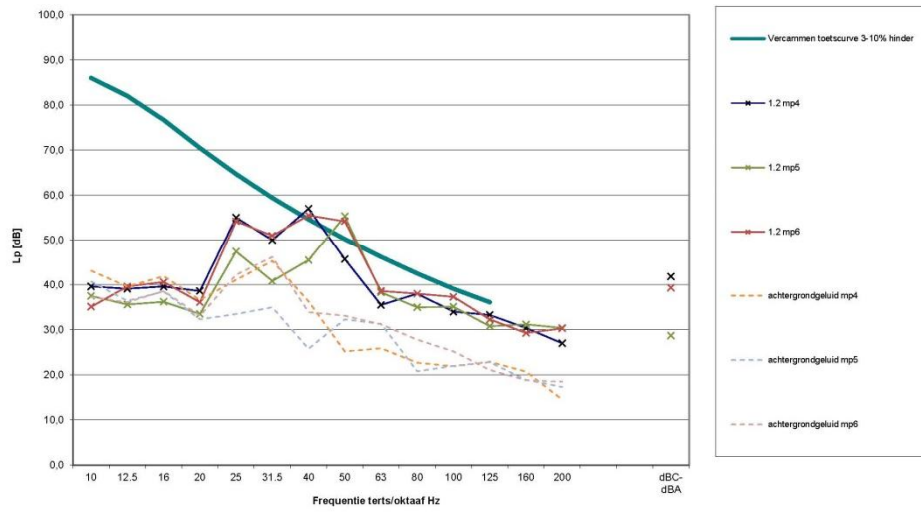
LF metingen ESGL locatie 1 vertrekkende trein event 23v



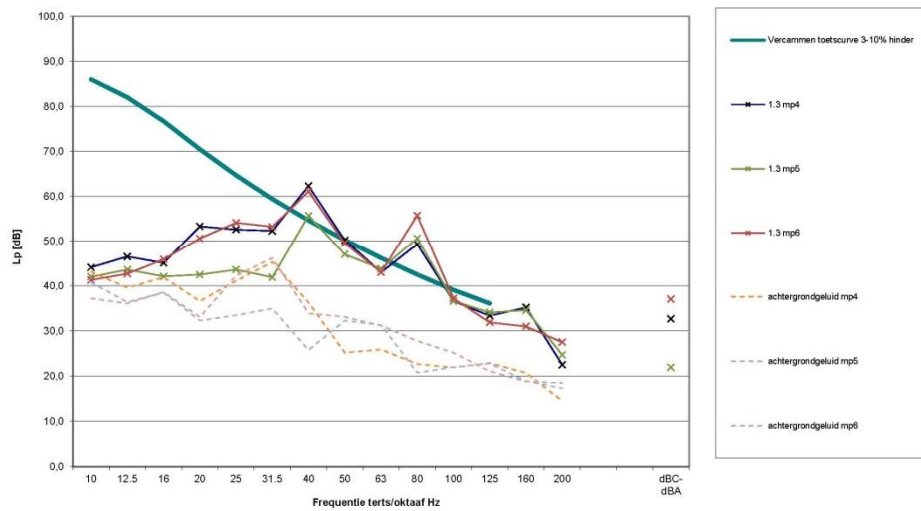
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 1



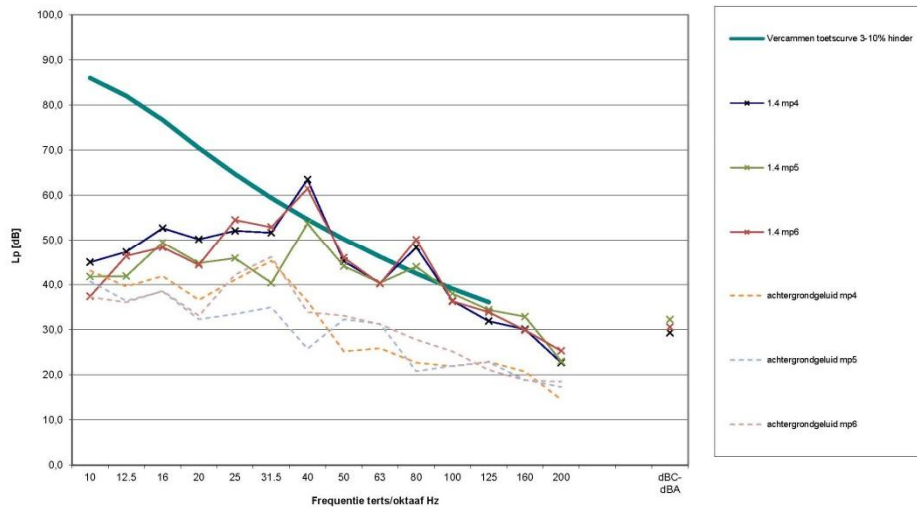
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 2



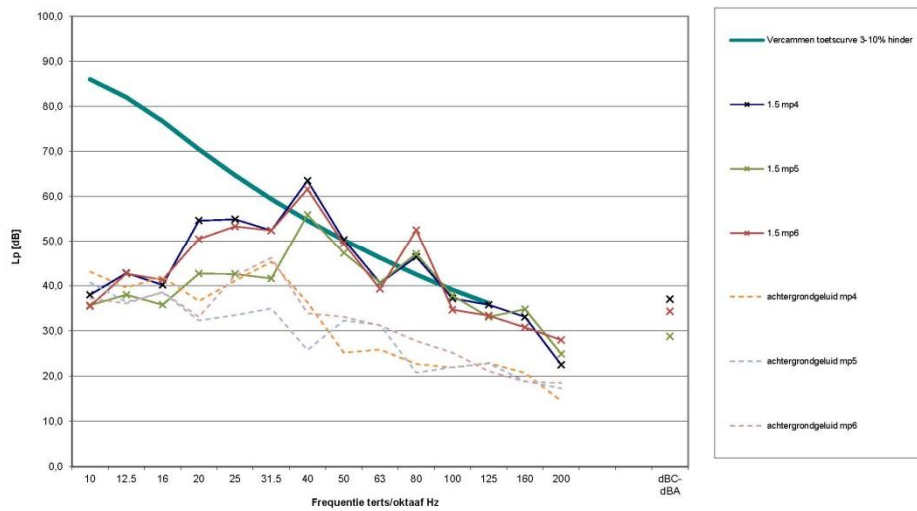
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 3



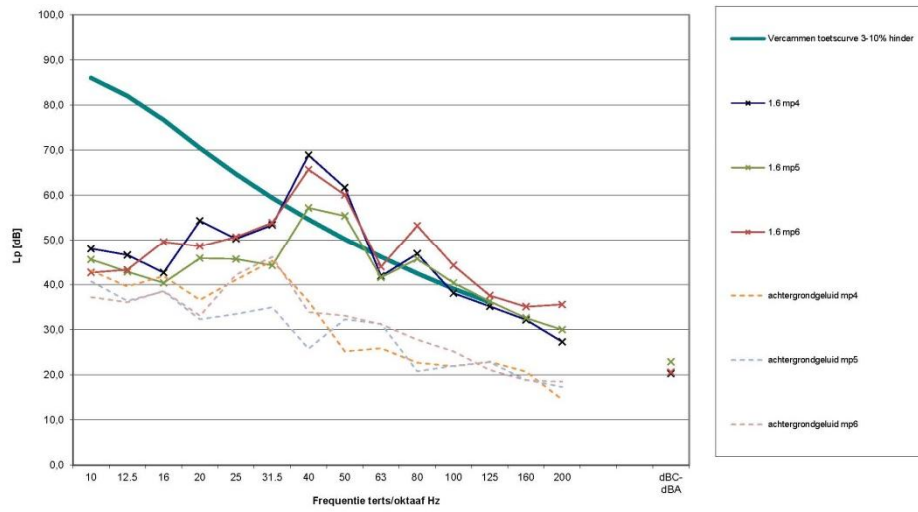
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 4



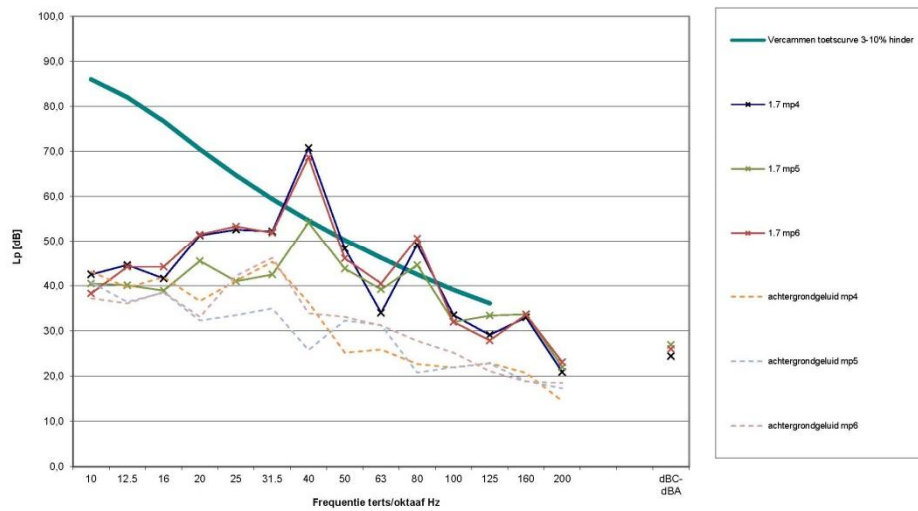
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 5



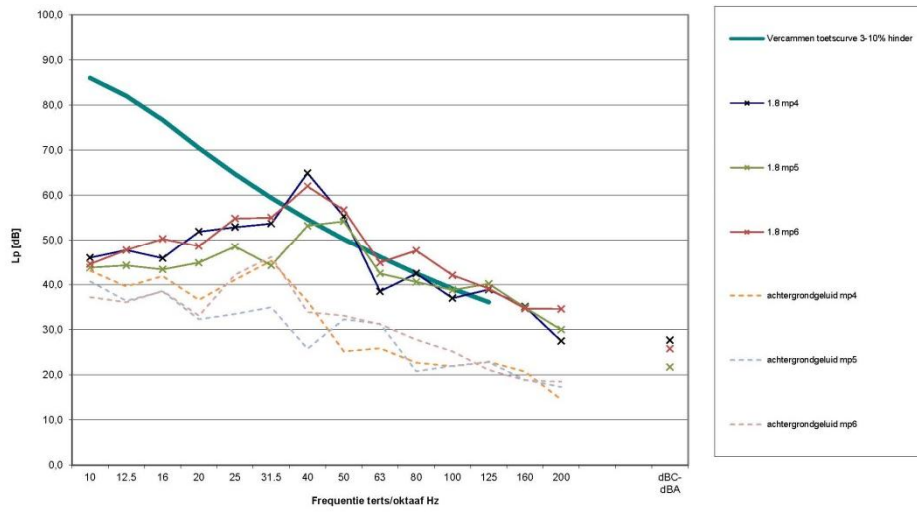
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 6



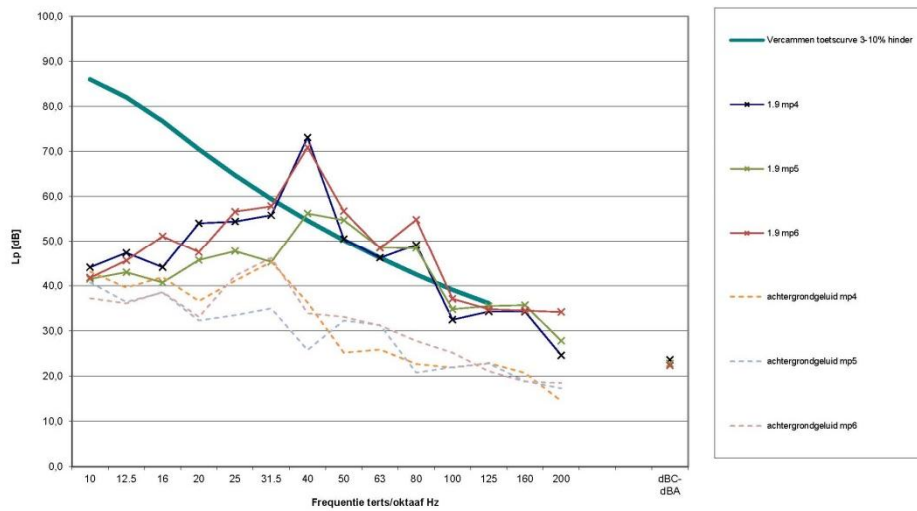
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 7



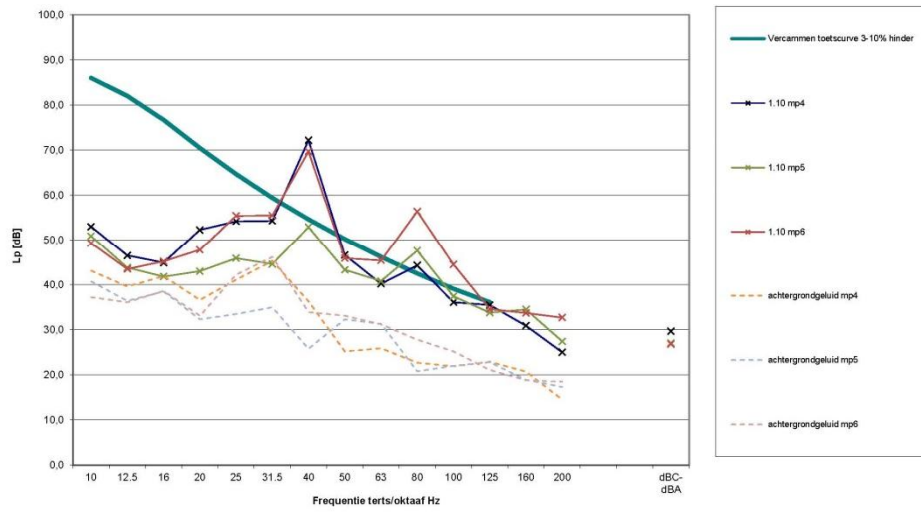
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 8



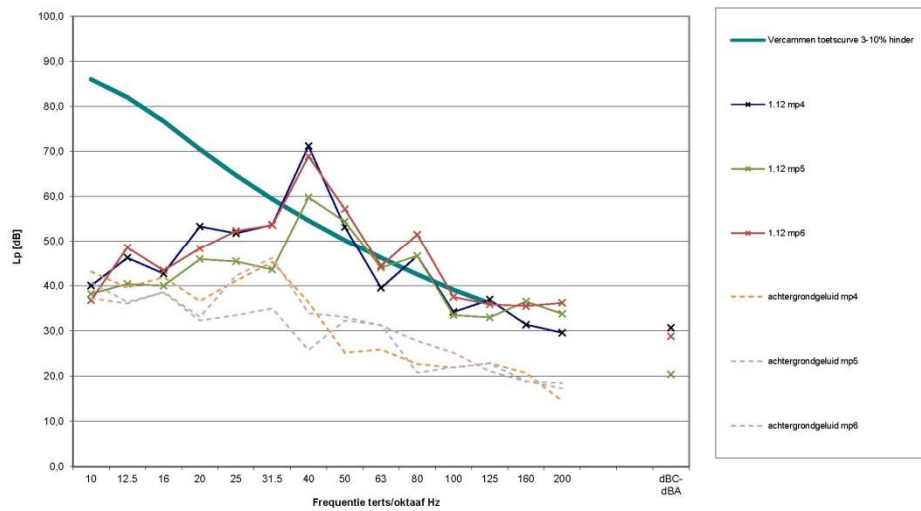
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 9

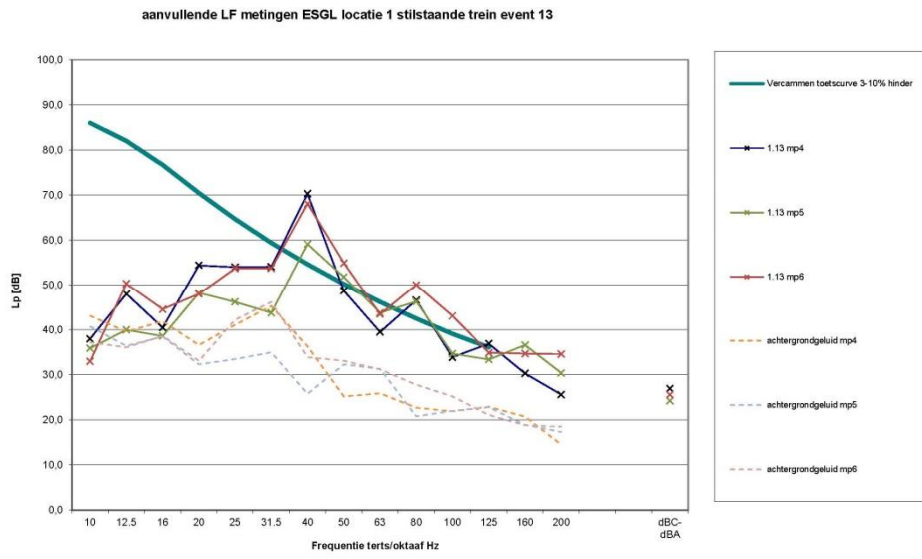


aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 10



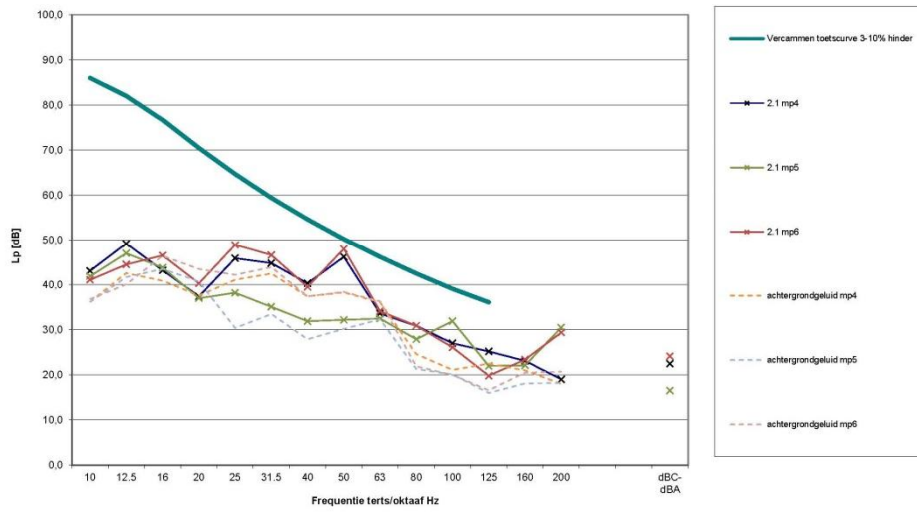
aanvullende LF metingen ESGL locatie 1 stilstaande trein event 12



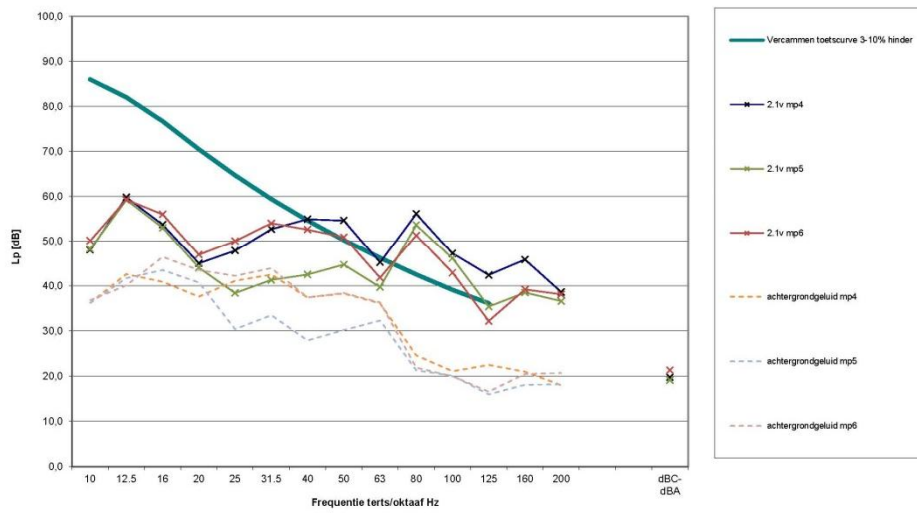


Bijlage 2.2
Grafische weergave meetdata locatie 2

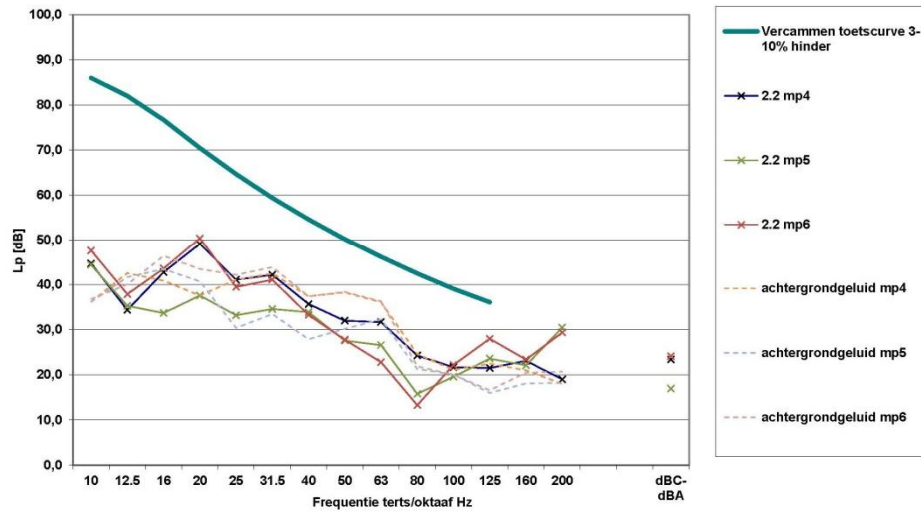
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 1



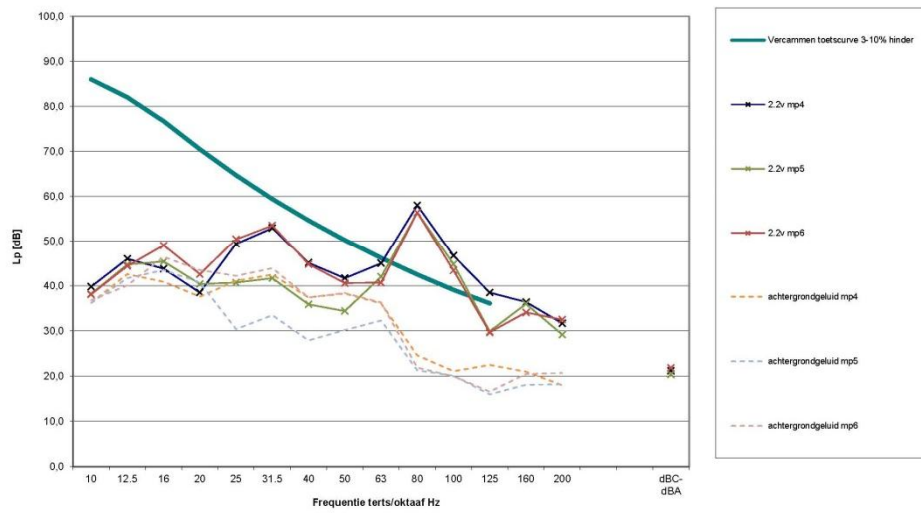
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 1v



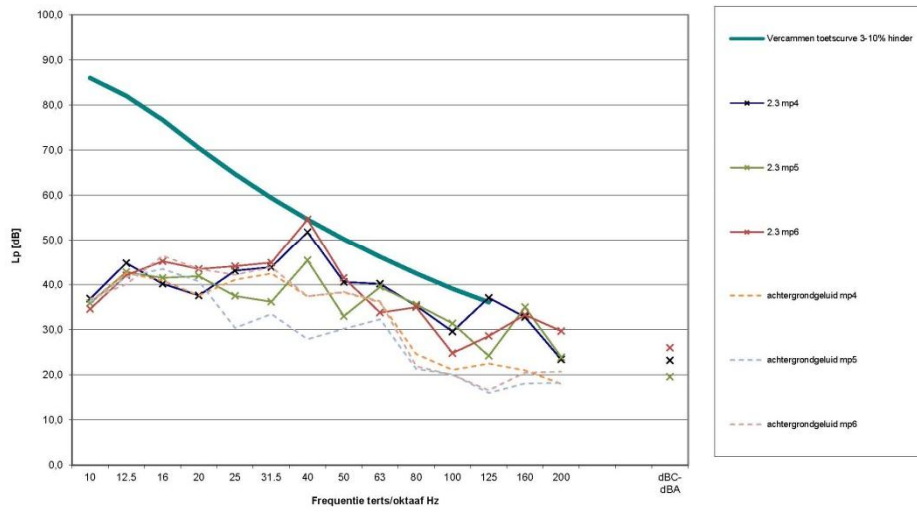
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 2



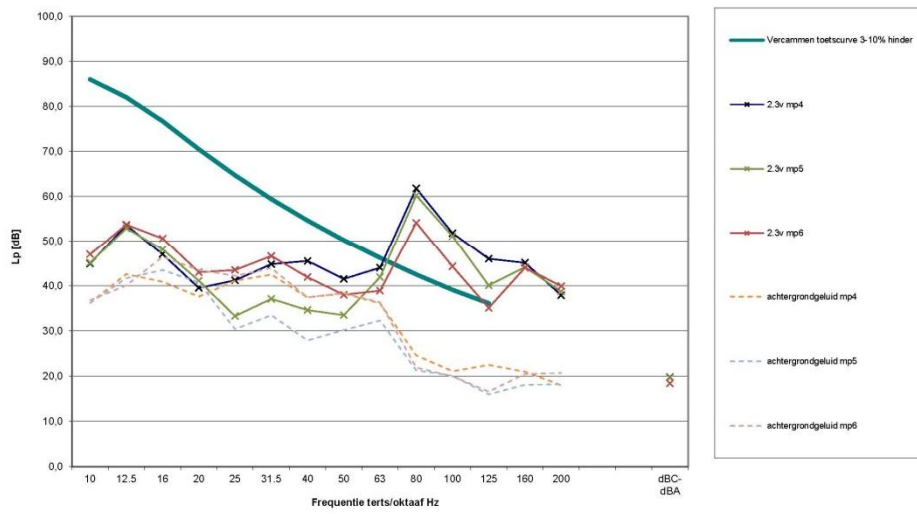
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 2v



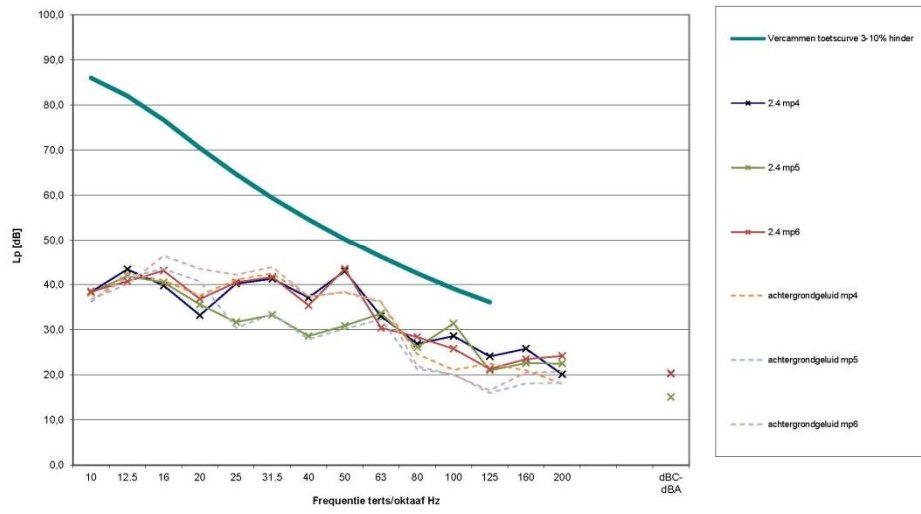
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 3



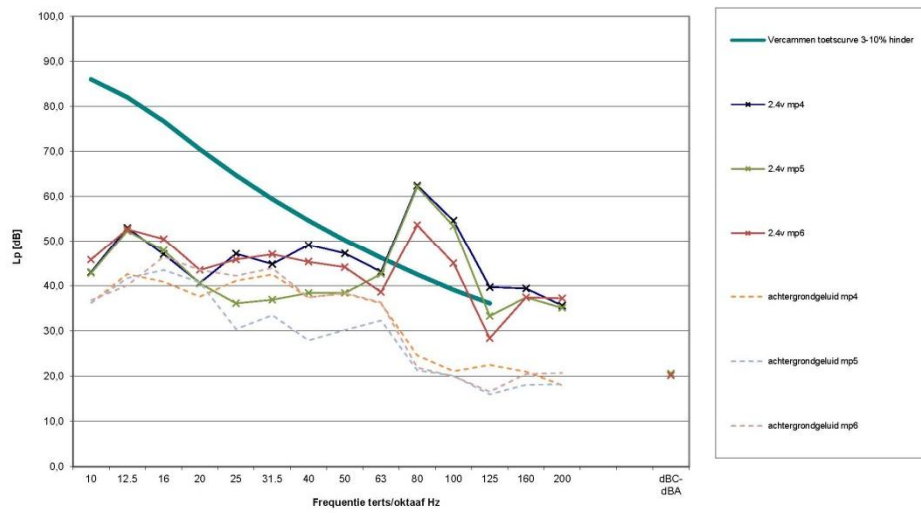
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 3v



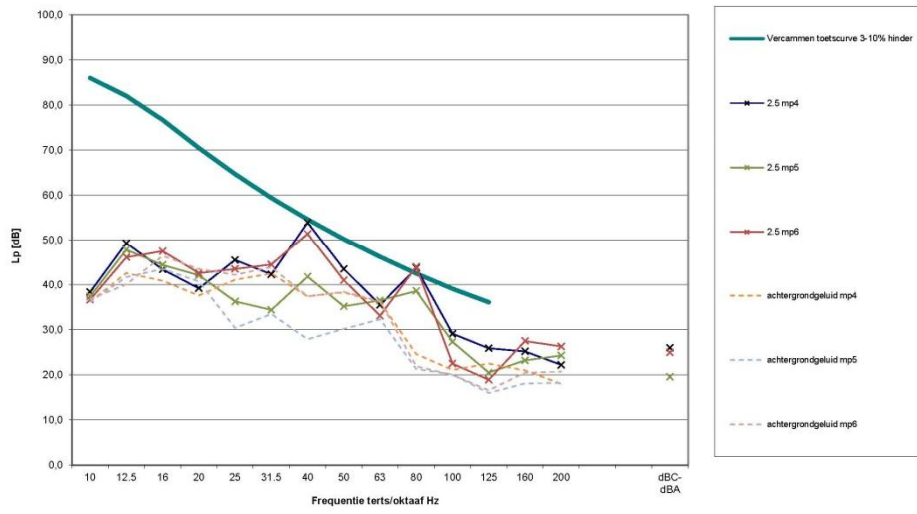
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 4



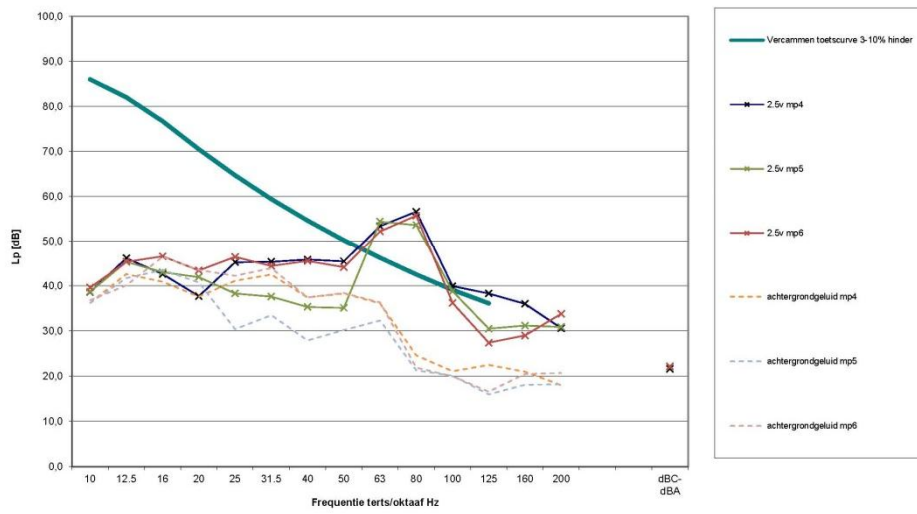
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 4v



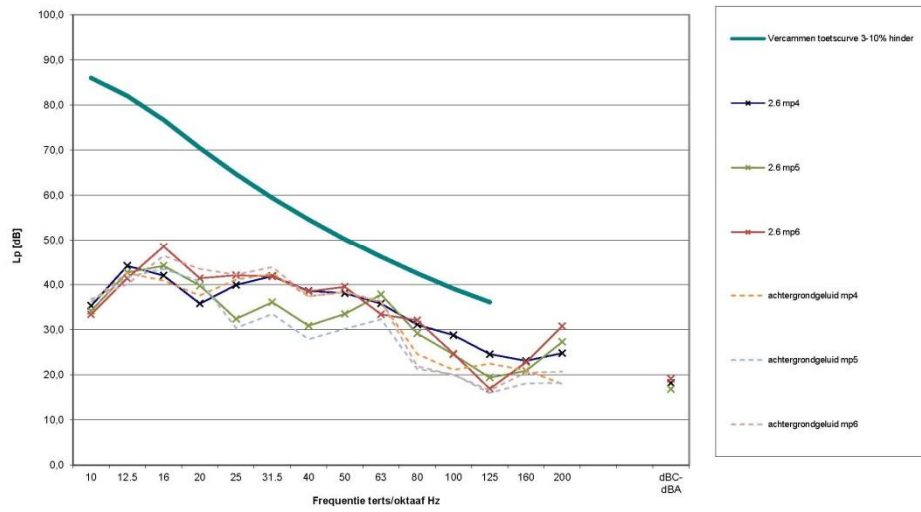
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 5



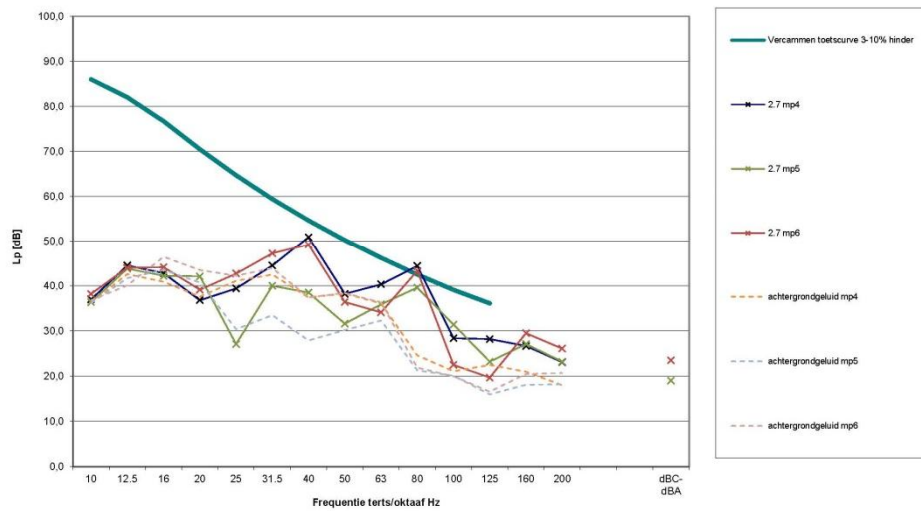
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 5v



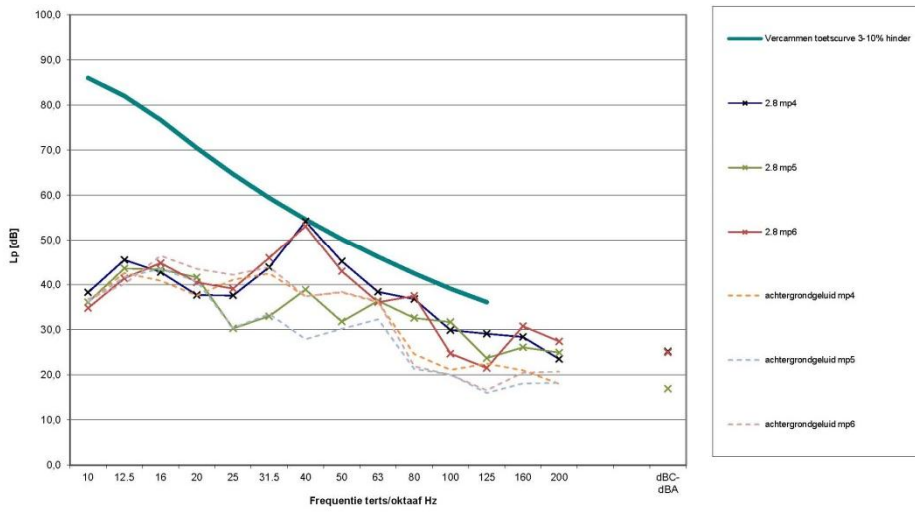
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 6



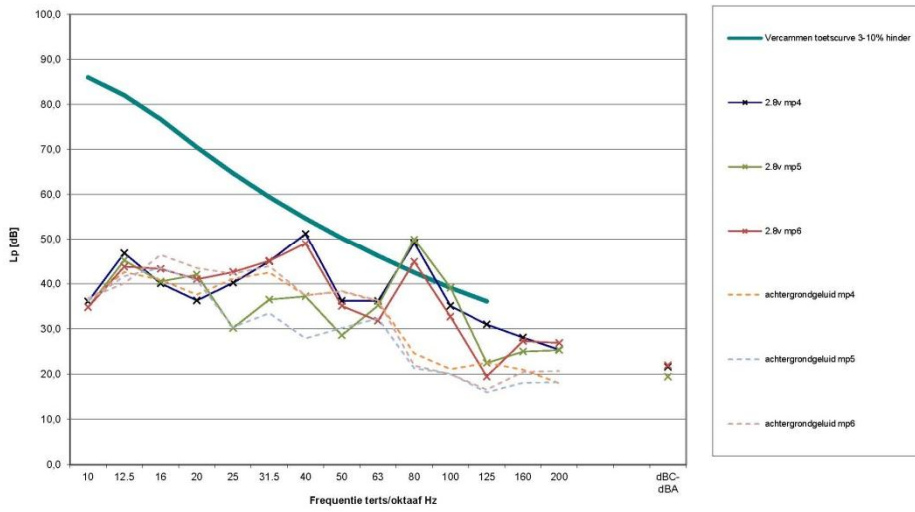
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 7



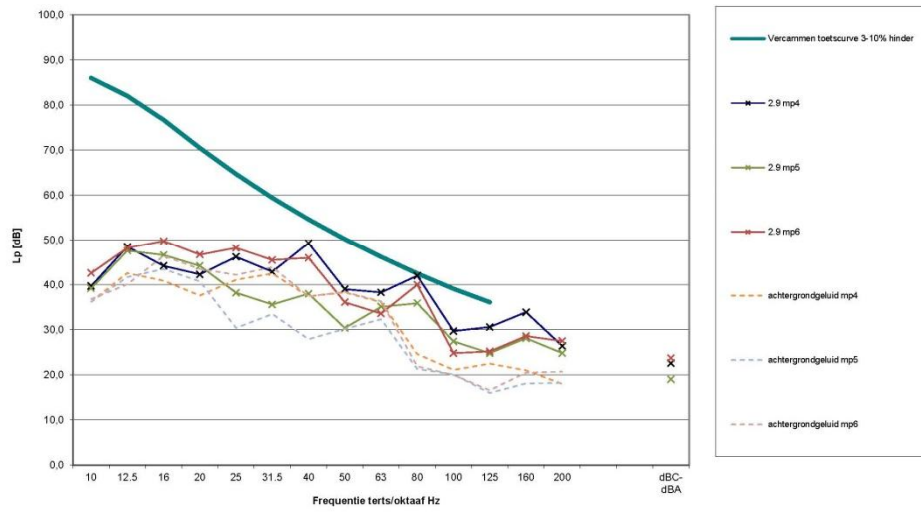
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 8



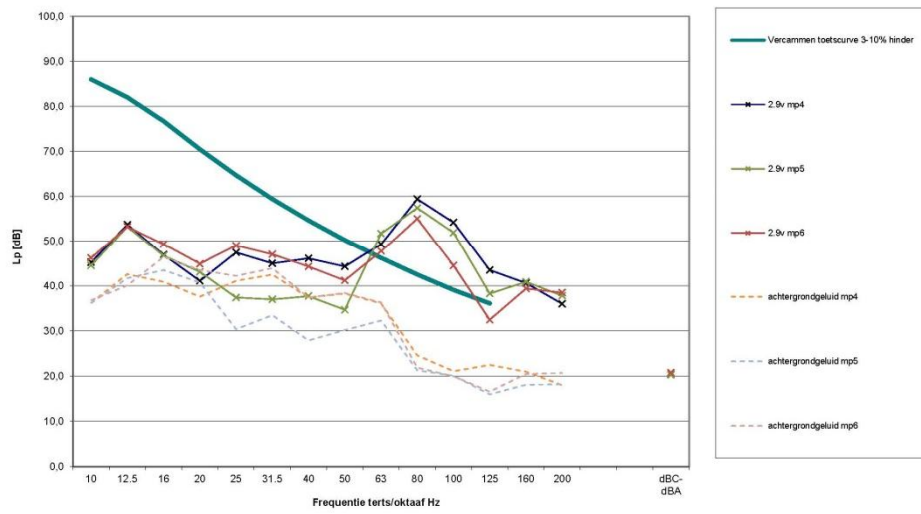
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 8v



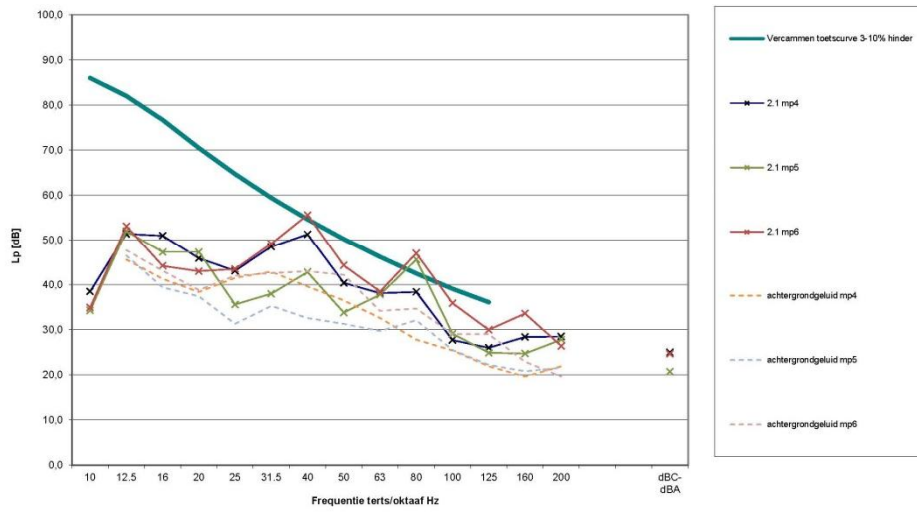
LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 9



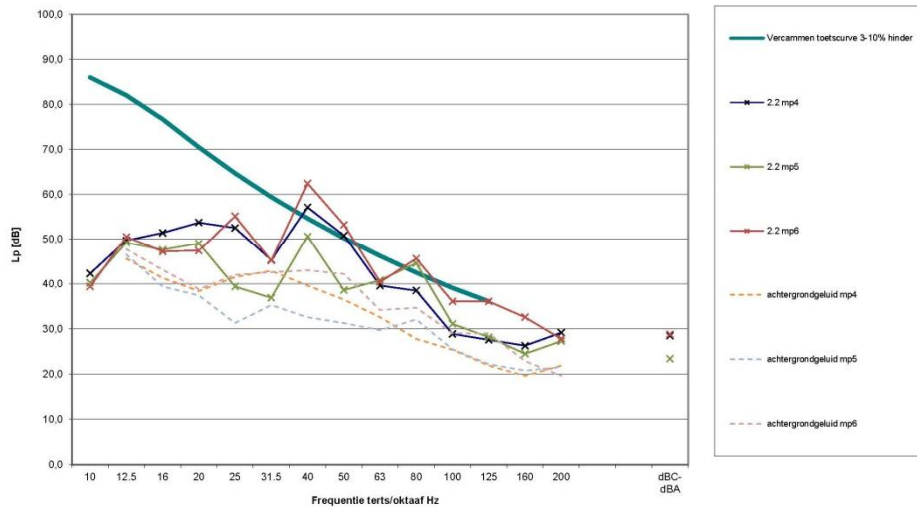
LF metingen ESGL locatie 2 vertrekkende trein event 9v



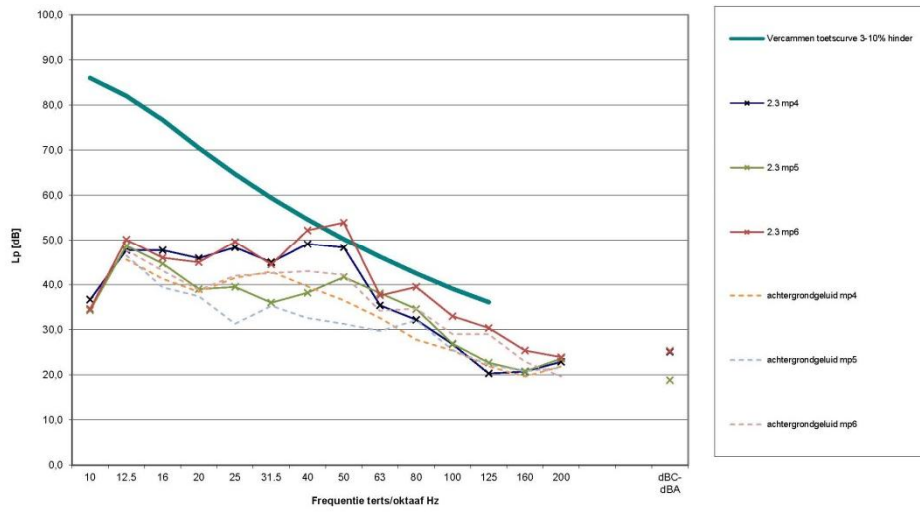
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 1



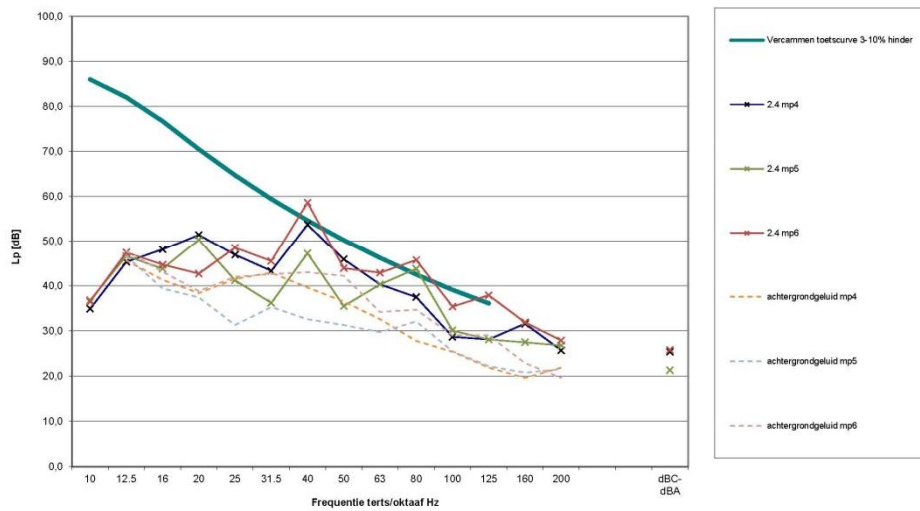
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 2



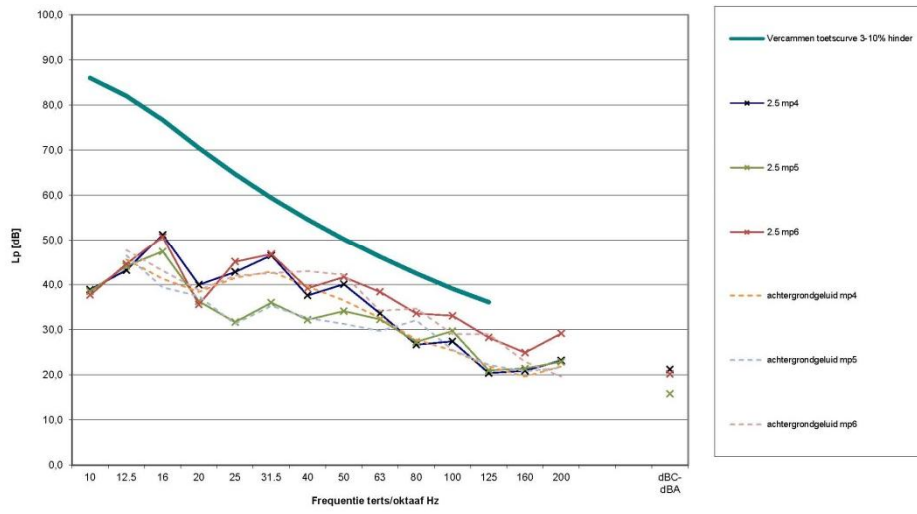
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 3



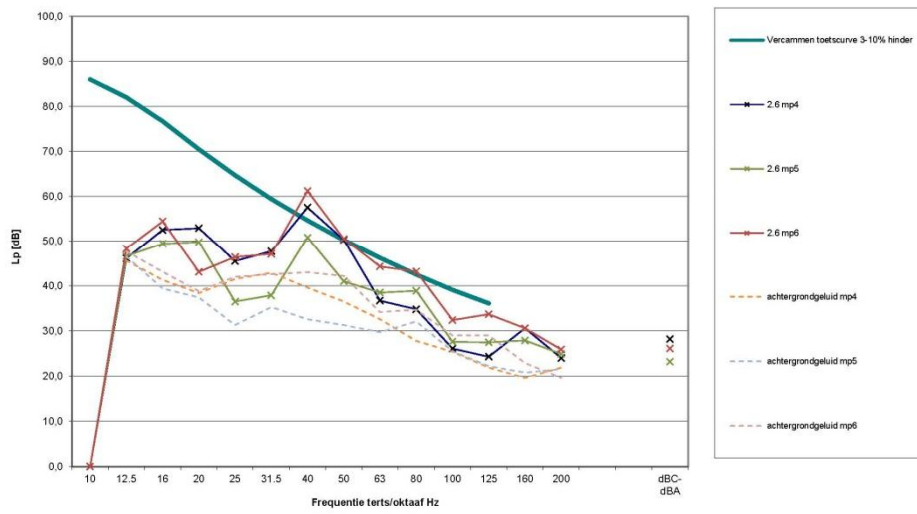
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 4



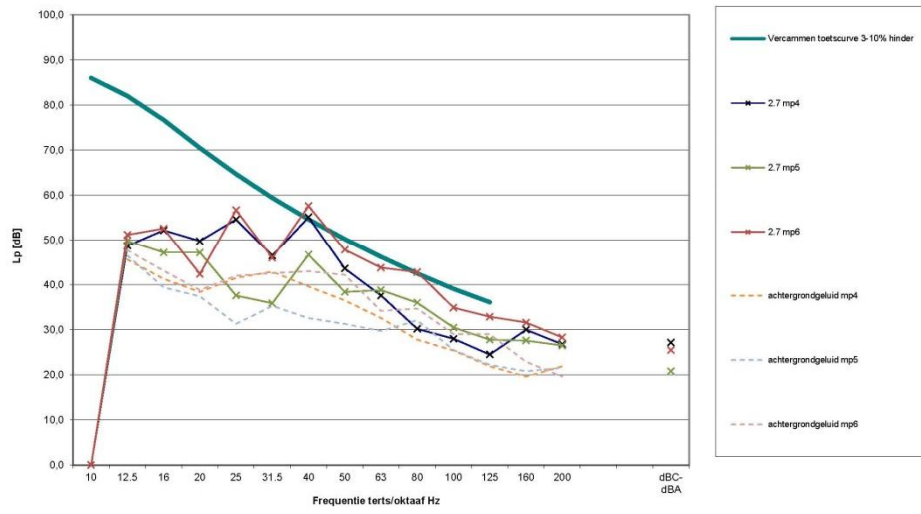
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 5



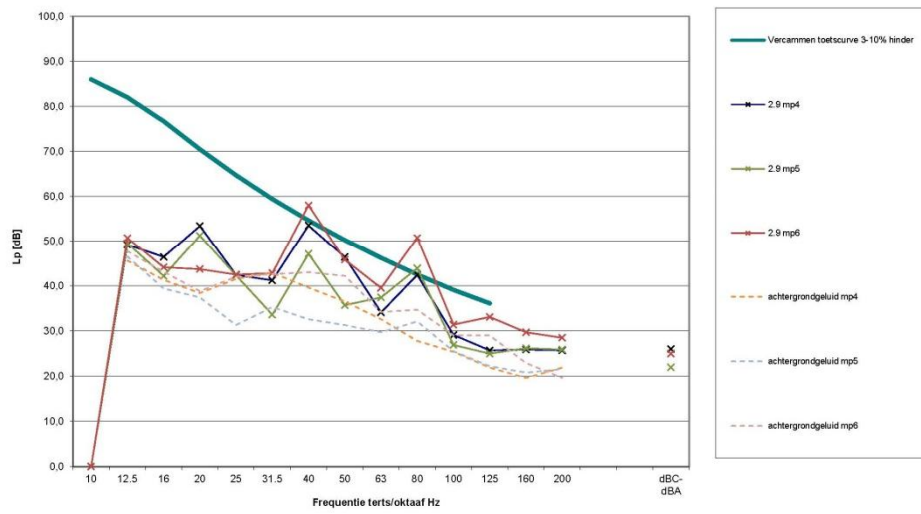
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 6



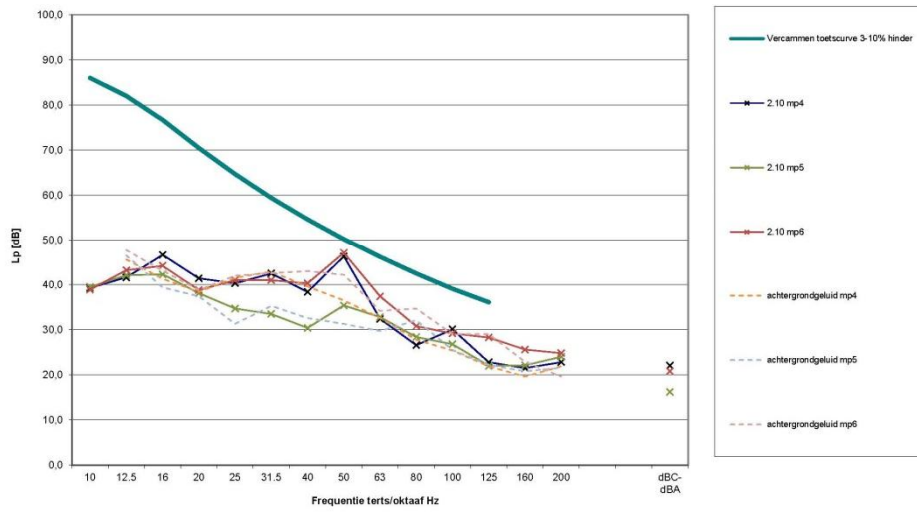
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 7



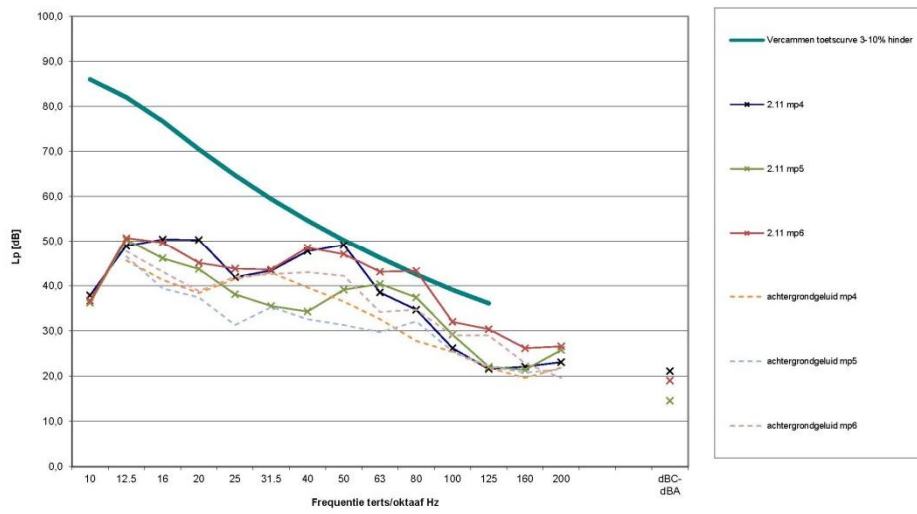
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 9



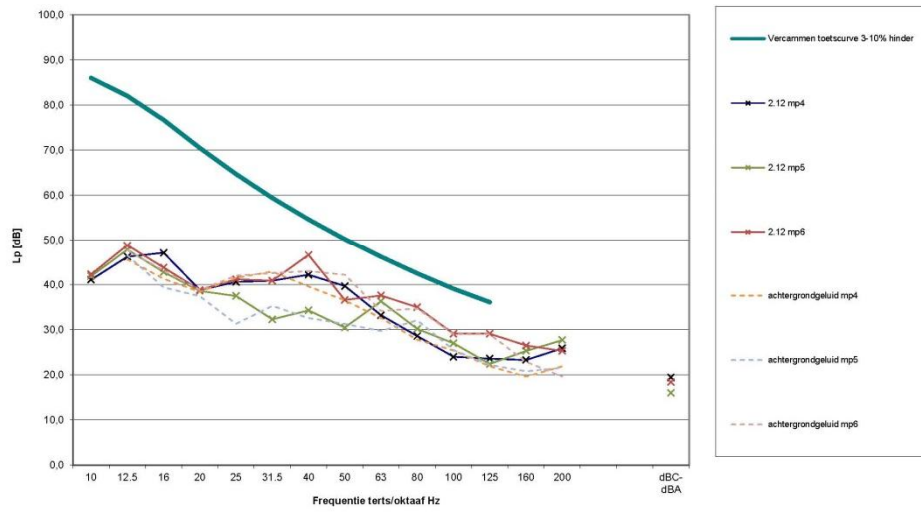
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 10



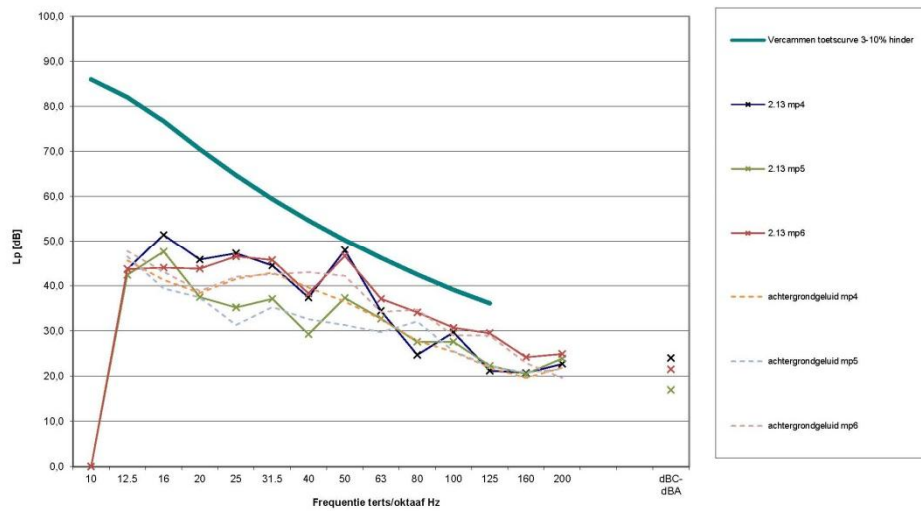
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 11



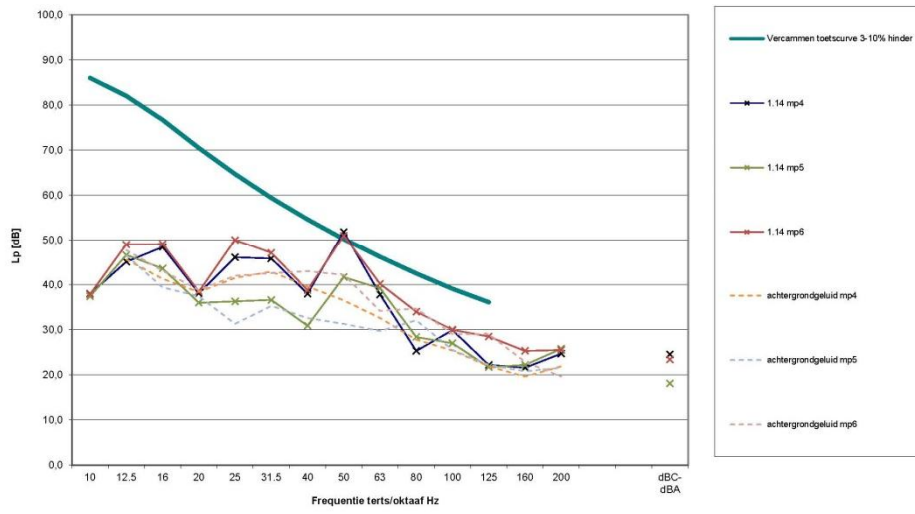
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 12



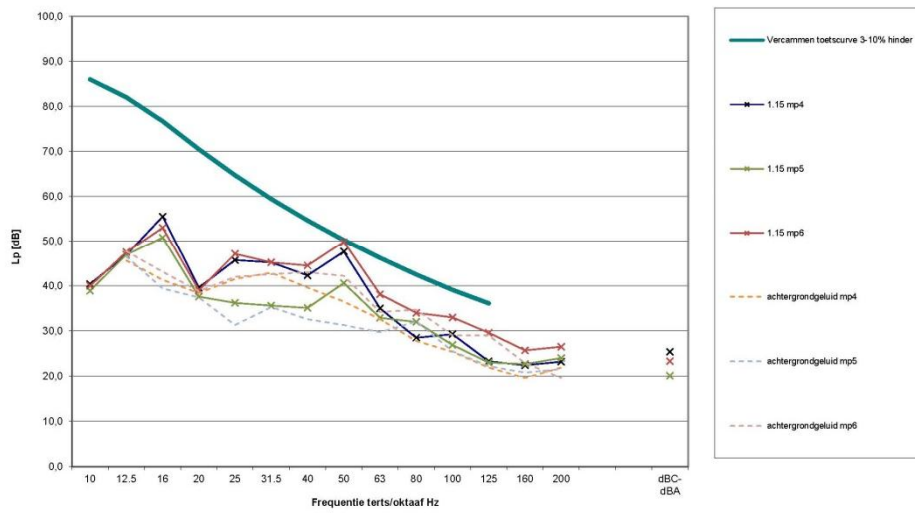
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 13



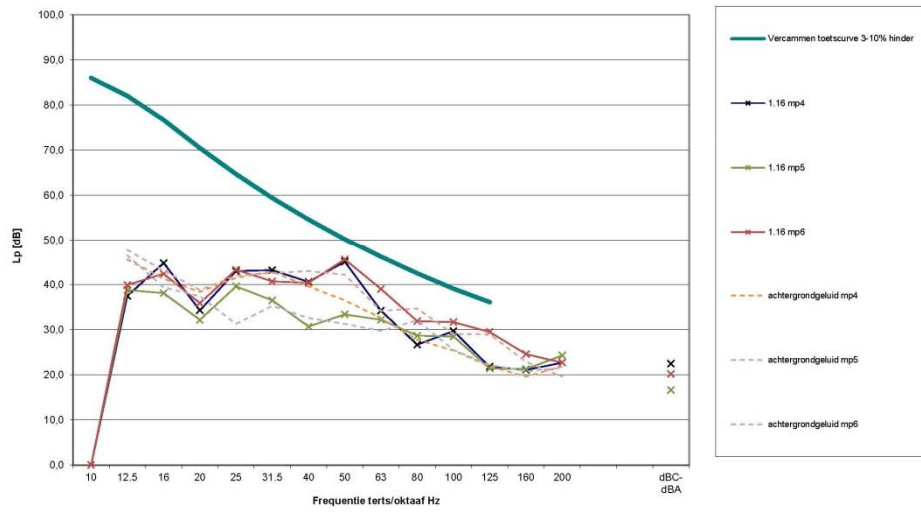
aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 14



aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 15

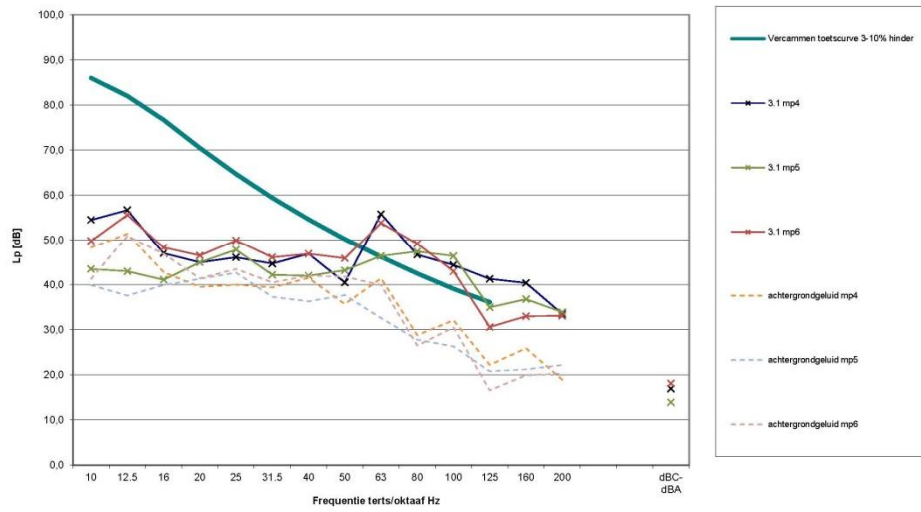


aanvullende LF metingen ESGL locatie 2 stilstaande trein event 16

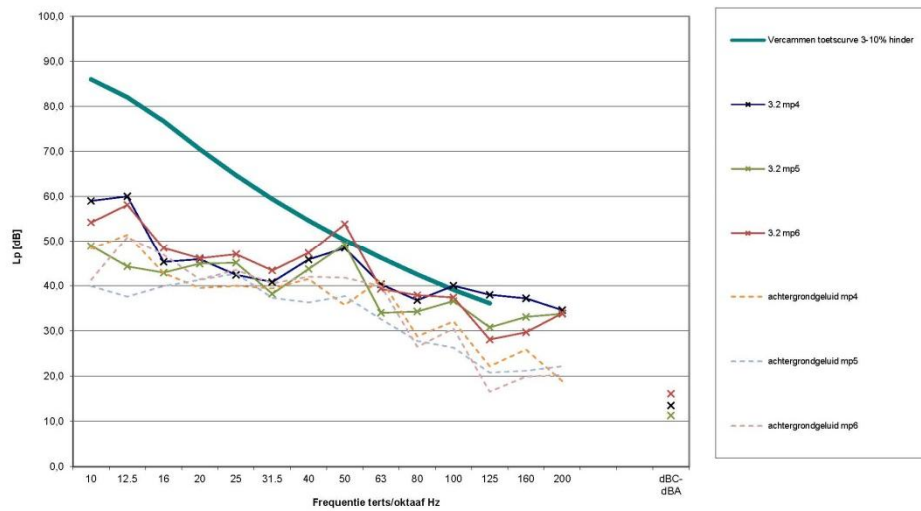


Bijlage 2.3
Grafische weergave meetdata locatie 3

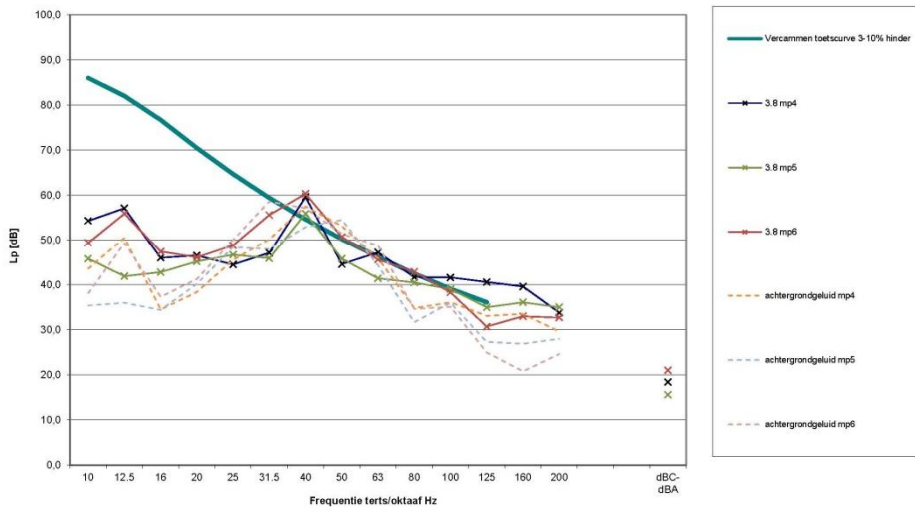
LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 1



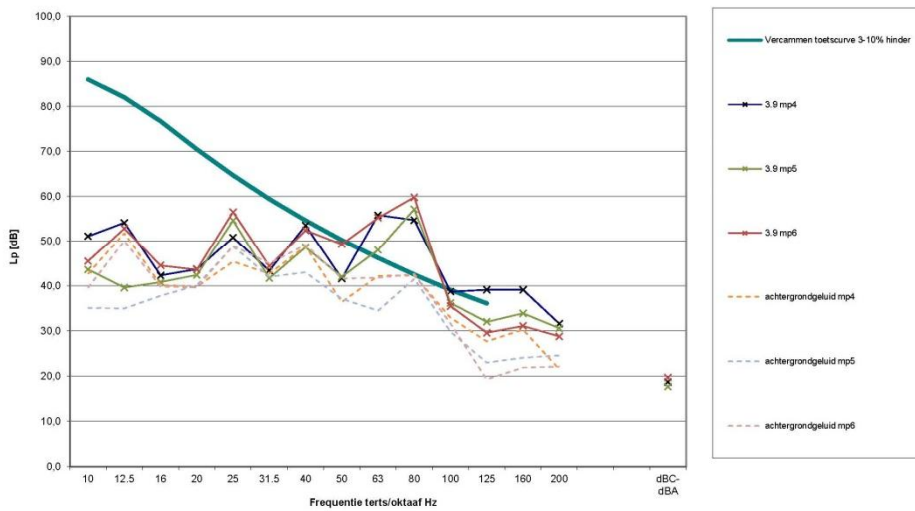
LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 2



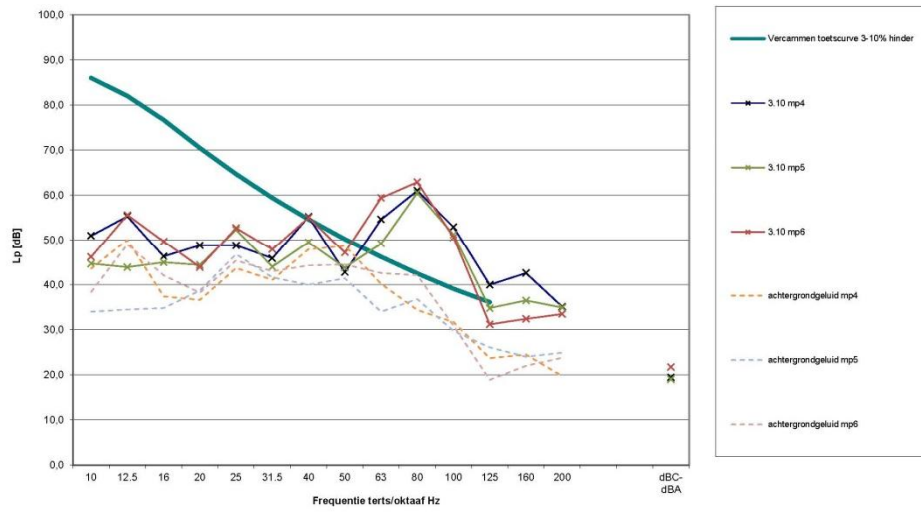
LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 8



LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 9



LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 10



LF metingen ESGL locatie 3 passerende trein event 12

