

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: Amvest Development Real Estate B.V.
Van: Hans Schinck
Datum: 23 juli 2019
Kopie: Sten Camps, Henny van Dijk
Ons kenmerk: BF7614-102-110/N001/F02
Classificatie: Project gerelateerd

Onderwerp: Beschouwing aspect trillingen en laagfrequent geluid District E

Bijlage 1 Weergave trillingsmetingen
Bijlage 2 Weergave laagfrequent geluid metingen

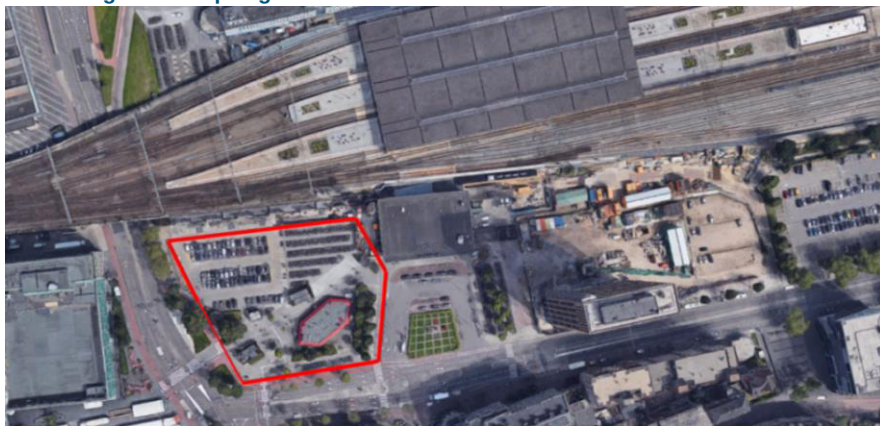
1. Inleiding

De gemeente Eindhoven is voornemens het huidige stationsgebied te ontwikkelen. De ontwikkeling is daarbij gericht op nieuwbouw van woningen, uitbreiding van kantoren en winkels en het versterken van de functie als uitgaansgebied. Daarnaast wordt er geïnvesteerd in de openbare ruimte en wordt nieuwe infrastructuur aangelegd. De ruimtelijke visie voor de verdere ontwikkeling van het Stationsgebied is verbeeld in het document 'Stationsgebied Eindhoven: verbinden en verblijven'. Onderdeel van dit plan is ontwikkeling van het gebied, 'Lichttorena' genaamd, tussen het Centraal Station en de Vestdijk; een route met allure naar het 18 Septemberplein. Naar aanleiding van een ontwerpuitvraag heeft de gemeente besloten invulling te geven aan het deelgebied 'Lichttorena' middels het plan 'District E'. Dit plan voorziet in de oprichting van drie torens, met functies waaronder wonen, horeca en kantoren. Het aspect trillingen en laagfrequent geluid is in de voorliggende notitie onderzocht.

Begrenzing plangebied

District E wordt op het stationsplein ten westen van het station gerealiseerd (zie afbeelding 1). Aan de noordkant wordt het plangebied begrensd door het spoor. In het westen wordt het plangebied begrensd door de openbare wegen 'Vestdijktunnel' en '18 Septemberplein'. In het zuiden wordt het plangebied begrensd door de Stationsweg. Op afbeelding 1 is de locatie van het plangebied in rood weergegeven. De exacte plangrens is te vinden in de verbeelding in bijlage 2. De (auto)parkeergarage op -1 maakt ook onderdeel uit van het bestemmingsplan. De naastgelegen fietsparkeergarage maakt geen onderdeel uit van het bestemmingsplan.

Afbeelding 1: locatie plangebied



2. Toetsingskader

In Nederland bestaat geen *specifiek* juridisch kader voor trillingen zoals geldt voor geluid met de Wet Geluidhinder. Het juridisch kader wordt door wetgeving bepaald, welke niet specifiek voor trillingen is bestemd. Het kader wordt door het volgende bepaald:

- Partijen kunnen elkaar in geval van trillingshinder of –schade civielrechtelijk aanspreken op basis van *onrechtmatige daad*. Hierbij wordt aangetekend dat in dergelijke geschillen de rechter tegenwoordig verder kijkt dan het pure causale verband tussen trillingen en het geclaimde gevolg (hinder of schade). Van minstens even groot belang voor de uitkomst van dergelijke zaken is de mate waarin partijen deskundig zijn en zich redelijk en zorgvuldig hebben opgesteld. Partijen die terzake deskundig zijn (grote opdrachtgevers van infrastructurele werken, bouwbedrijven, grote beheerders van infrastructuur) hebben een zwaardere plicht waar het betreft het informeren van de andere partij, het instellen van onderzoeken en het overwegen van alternatieven. Het principe dat de partij die eist ook moet bewijzen geldt altijd maar in de praktijk wordt deze bewijsplicht door de rechter aanzienlijk lichter gewogen, zeker als de deskundige partijen zich weinig zorgvuldig hebben opgesteld.

In het ruimtelijk spoor is het kader de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO). Dientengevolge dienen voor het aspect trillingen bestemmingen ruimtelijk zorgvuldig te worden gescheiden.

Naast het juridisch kader is de jurisprudentie aangaande meetrichtlijnen en normstelling van belang. In de gebruiksfase van de infrastructuur is de SBR B richtlijn "*hinder voor personen in gebouwen*" als normstelling te hanteren. Ook is de SBR A richtlijn "*schade aan gebouwen*" als normstelling te hanteren met betrekking tot de aanlegfase. De beoordelingssystematiek in de SBR B richtlijn "*hinder voor personen in gebouwen*" kent streefwaarden.

SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

In het geval van trillingen langs infrastructuur tijdens de gebruiksfase is richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) van belang.

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn B betreft de zogenoemde $V_{\max}$ en V_{per} . De $V_{\max}$ betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De V_{per} betreft de gemiddelde trillingssterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingsmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

De voorliggende situatie is een nieuwe situatie in het licht van de SBR-richtlijn. In de woontorens zijn woon-, kantoor- en bijeenkomst functies aanwezig. Voor deze functies gelden de volgende streefwaarden:

Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn)

Gebouwfunctie	A1	A2	A3
	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)
Woning nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0.4 / 0.4 / 0.2	0.05 / 0.05 / 0.05
Kantoor nieuwe situatie	0.15 / 0.15 / 0.15	0.6 / 0.6 / 0.6	0.07 / 0.07 / 0.07
Bijeenkomst nieuwe situatie	0.15 / 0.15 / 0.15	0.6 / 0.6 / 0.6	0.07 / 0.07 / 0.07

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A1, of als;
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A3.

De eerste regel met A1 betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig.

Als er niet wordt voldaan aan de toetsingssytematiek wat betreft streefwaarden, dient afhankelijk van de omstandigheden een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in de navolgende tabel (uit SBR-richtlijn, bijlage 5).

Tabel 2: Hinderclassificatie

$V_{\max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1- 0,2	weinig hinder
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	Hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Naast de “SBR B richtlijn Hinder voor personen” is er voor schade de “SBR-Richtlijn A schade aan gebouwen”. Voor schade is de topwaarde van de trillingssterkte V_{top} relevant. Deze schade trillingssterkten V_{top} wordt uitgedrukt in mm/s. Alhoewel het een andere grootheid en andere meetpunten betreft, kan gesteld worden dat de streefwaarden voor hinder veel maatgevender (lager) zijn dan de grenswaarden voor schade. Door het hanteren van de streefwaarden voor hinder wordt voorkomen dat schade grenswaarden worden overschreden.

Vermeldenswaardig is verder dat er specifiek voor spoorse tracé besluiten de Beleidsregel TrillinghinderSpoor (Bts) bestaat.

Toetsingssystematiek laagfrequent geluid

Wat is laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid is 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 100 Hz. De exacte grens van laagfrequent is niet precies bepaald en varieert enigszins per toetsingssystematiek.

Er is in Nederland geen wettelijk kader voor onderzoek en beoordeling van laagfrequent geluid vastgesteld. Volgens jurisprudentie kan laagfrequent geluid wel worden aangemerkt als objectieveerbare hinder (ABRvS 13 december 2006, MenR 2007, 22). Tot 2006 werd laagfrequent geluid aangemerkt als niet objectieveerbare hinder.

De volgende toetsingscurven zijn voorhanden:

- Methode de Ruiter;
- DCMR Milieudienst Rijnmond hanteert in het kader van wet milieubeheer procedures een laagfrequent toetsingscurve gebaseerd op hinderlijkheid;
- Vercammen 3-10%-curve;
- NSG referentiecurve;

Methode De Ruiter

In de jaren '80 van de vorige eeuw is door Bob de Ruiter van gemeentewerken Rotterdam een beoordelingsmethode voorgesteld voor het geluid dat *in woningen* langs het tracé zou worden veroorzaakt door treinverkeer in de tunnel. De methode geeft grenswaarden voor het toelaatbare geluidniveau in de woningen tijdens passage van een trein in de tunnel. De beoordelingsgrootheid is – waarschijnlijk - $L_{eq, passage}$. De methode geeft grenswaarden voor de dB(A) waarde $L_{Aeq, passage}$, die in dit geval alleen moet worden bepaald over de oktaafbanden van 10 tot 250 Hz (10 Hz is niet de middenfrequentie van een oktaafband). Bedoeld wordt hier waarschijnlijk de oktaafband met middenfrequentie 8 Hz), en voor de oktaafbandwaarden $L_{eq, passage, okt}$ voor de oktaafbanden met middenfrequenties 16, 32, 63 en 125 Hz. De te hanteren grenswaarden voor woningen en kantoren staan in onderstaande tabel.

Tabel 3: toetswaarden methode de Ruiter

Grootheid	Frequentiebereik	Grenswaarde woningen	Grenswaarde kantoren
$L_{Aeq, passage}$	10-250 Hz	35 dB(A)	40 dB(A)
$L_{eq, okt, passage}$	16 Hz oktaaf	80 dB	85 dB
$L_{eq, okt, passage}$	31.5 Hz oktaaf	68 dB	73 dB
$L_{eq, okt, passage}$	63 Hz oktaaf	55 dB	60 dB
$L_{eq, okt, passage}$	125 Hz oktaaf	45 dB	50 dB

In de methode wordt geen verschil gemaakt tussen de dag- en de nachtperiode. De aangegeven waarden gelden voor elke treinpassage. De methode De Ruiter is in de jaren na de Willemsspoortunnel min of meer door TNO Bouw geadopteerd en in verschillende projecten toegepast. Hoewel het hier gaat om het beperken van secundair (re-radiated) geluid suggereert de aandacht voor de oktaafbanden van 16 Hz tot 125 Hz dat hier ook een beoordeling voor laagfrequent geluid van andere oorsprong wordt gegeven.

De NSG-richtlijn is gebaseerd op de 90% gehoordrempel van doorsnee 55-jarigen. 90% van deze groep hoort de geluiden onder deze drempel niet. In deze richtlijn is geen relatie gelegd met de hinderbeleving. Vandaar dat er in het hogere deel van het laagfrequente gebied hele lage waarden voorkomen.

Al deze grenswaardencurven zijn bedoeld voor binnen de woning. De eigenschappen van de woning kunnen van grote invloed zijn op het optredende laagfrequent geluid.

Bovenstaande curven hebben gemeenschappelijk dat ze toegepast kunnen worden voor quasi stationair geluid in de nachtsituatie. Alleen de methode de Ruiter is specifiek voor treinpassages.

Er zijn diverse toetsingscurven voor laagfrequent geluid en er is in Nederland geen keuze gemaakt voor algemeen geaccepteerd normstelsel waarmee laagfrequent geluidhinder kan worden geobjectiveerd. In tabel 4 is de Vercammen toetsingscurve getalsmatig weergegeven. In afbeelding 2 zijn de toetsingscurven grafisch weergegeven. De Vercammen curve is gebaseerd op een publicatie van Peutz uit 1990. Bij de Vercammen 3-10% buiten de woning is een standaard isolatiewaarde voor woningen gehanteerd. In de berekeningen is uitgegaan van de gestandaardiseerde isolatiewaarde conform Vercammen. Deze gehanteerde geluidisolatie is gebaseerd op metingen [Vercammen MLS, Heringa PH. Laagfrequent geluid; grenswaarden, overdracht en meten. Nijmegen: Adviesbureau Peutz & ass., 1990. Rapport R 548-13.1990].

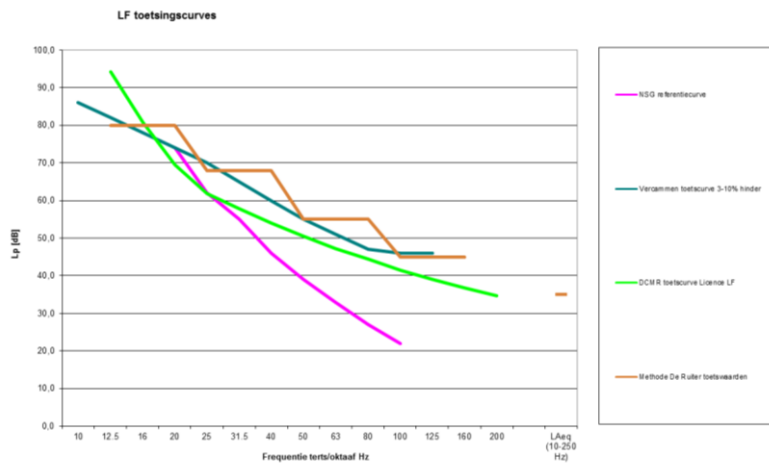
Tabel 4: Numerieke weergave van de toetsingscurven, de toetsingscurve is een geluiddruk L_p [dB] als functie van de frequentie f [Hz]

Toetsingscurve	Frequentie van de tertsbanden [Hz]													
	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Vercammen 3-10% binnen in woning L_p [dB]	86	82	78	71	65	60	55	50	47	42	39			

De toetsingscurven zijn toetsingswaarden voor een spectrale geluiddruk L_p [dB] in tertsbanden [Hz]. De toetsingsmethode De Ruiter zijn toetsingswaarden voor een spectrale geluiddruk L_p [dB] in oktaafbanden [Hz].

Een oktaaf band is een breder frequentiebereik en bestaat uit 3 tertsbanden. Een tertsband is een 1/3 oktaafband. Ter illustratie de oktaafband met middenfrequentie 63 Hz heeft een bandbreedte in Hz gelijk aan de bandbreedte van de tertsbanden met middenfrequentie 50, 63 en 80 Hz tesamen.

Afbeelding 2 Toetsingscurven



Al deze toetsingscurven zijn in enigerlei vorm gebaseerd op hinderbelevingsonderzoeken. In de grafische weergave is goed te zien dat er afhankelijk van de frequentie een grote spreiding tot circa 30 dB tussen de verschillende toetsingscurven bestaat. Dit heeft enerzijds met de aard van de toetsingscurve, waarneembaarheid (NSG) of hinder (De Ruiter, Vercammen en DCMR) te maken. Anderzijds heeft dit met de achtergrond van de hinderdefinitie in de diverse hinderbelevingsonderzoeken te maken.

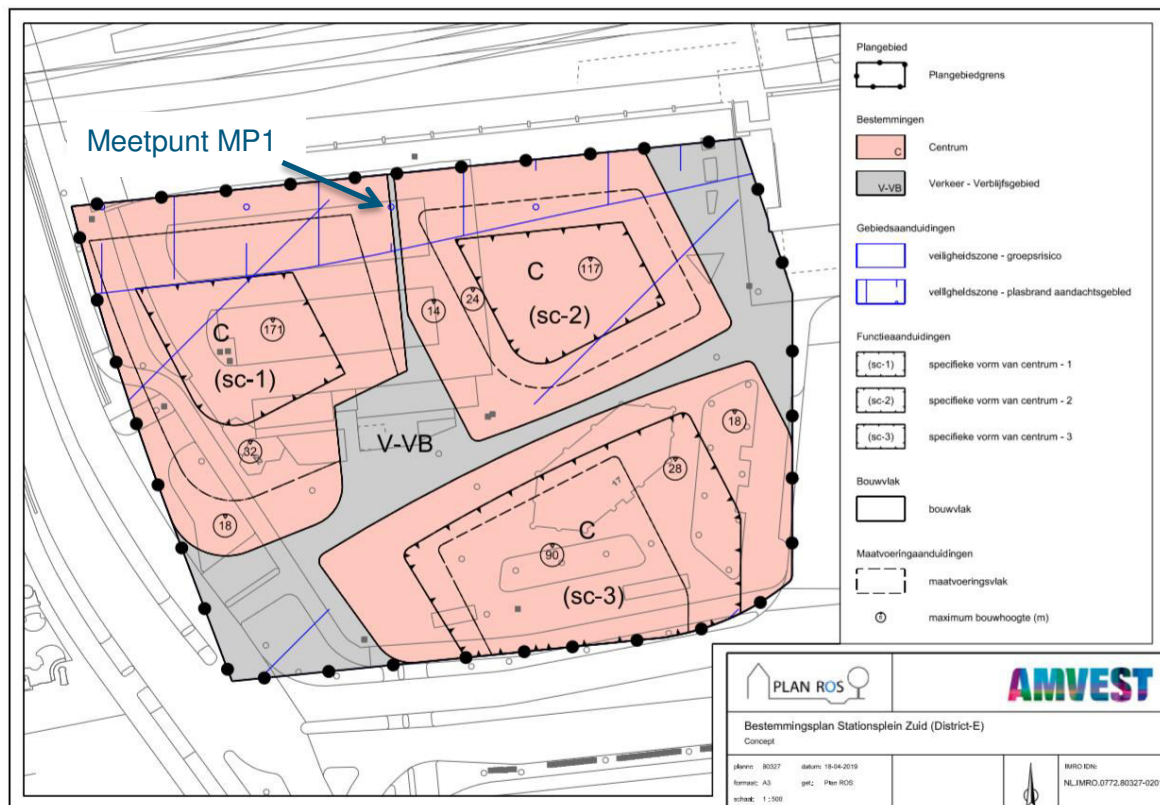
Volgens jurisprudentie is de Vercammen curve methodisch verdedigbaar, vergelijkbaar met diverse internationale methodes en kan daarmee ernstige geluidhinder in substantiële mate worden voorkomen. (ABRvS 13 december 2006, MenR 2007, 22). Daarom is voor het voorliggende onderzoek de Vercammen curve gekozen.

3. Metingen trillingen

Het aspect trillingen wordt bepaald door de passages van de treinen. Ten noorden van het plan ligt een aantal sporen. Op 25 mei 2018 zijn er trillingsmetingen op locatie verricht.

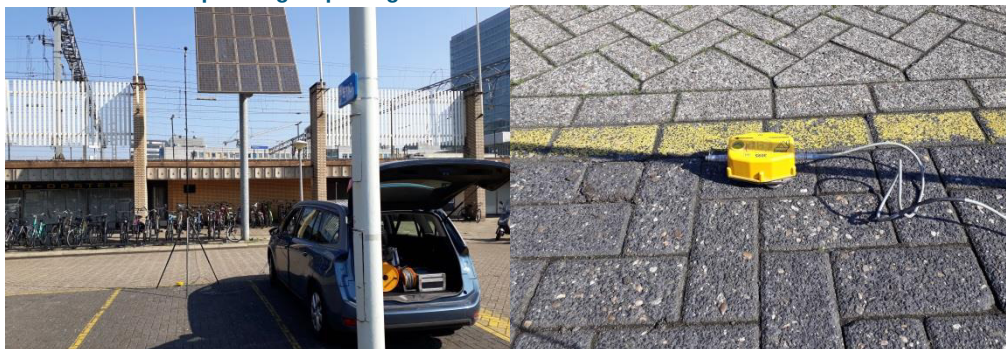
Het meetpunt is gekozen in de nabijheid van de footprint van de oosttoren en de westtoren aan de zijde van het spoor. Hierbij is in overweging genomen dat dit in de nabijheid is van de wissels direct voor het spoor. Het meetpunt MP1 ligt op circa 21 meter van het dichtstbijzijnde spoor. Het spoor ligt circa 4 meter hoger dan het maaiveld ter hoogte van meetpunt MP1. In MP1 zijn trillingsmetingen en geluidmetingen verricht.

Afbeelding 3: situatie meetpunt MP1



Alle trillingsmetingen zijn verricht, conform de SBR B richtlijn, verricht met een vibra α serienummer 9512007. De vibra α is tijdens de metingen met één sensor uitgerust. Sensor één meet één verticale (kanaal 1) en twee horizontale componenten (kanaal 2 en 3). De oppervlakteverharding met klinkers stond onder grote spanning. Het was niet mogelijk om enkele klinkers te verwijderen. De metingen zijn op de oppervlakteverharding uitgevoerd. De geluidmetingen zijn met een B&K2260 verricht op een 5 m statief. De meting is vanwege de drukte op het stationsplein en parkeerplaats tot één meetpunt beperkt.

Foto 1 t/m 2: meetopstelling en passages treinen

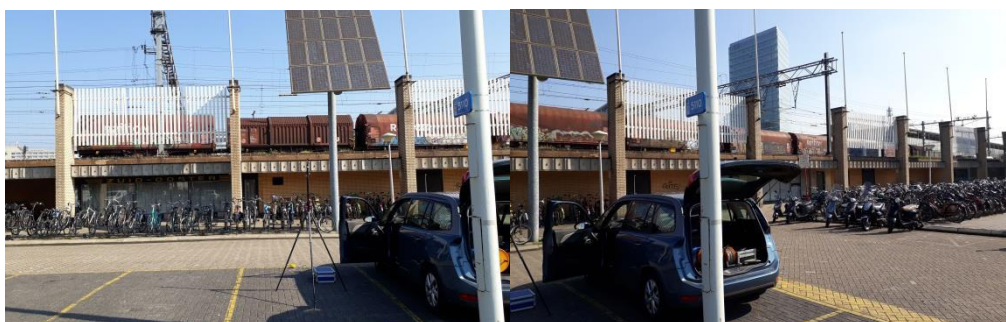


In een tijdsduur van 5 uur zijn circa 57 passages van treinen waargenomen en geregistreerd. Hierbij wordt aangetekend dat meetdata waarbij er auto's in de nabijheid van de meetopstelling reden buiten beschouwing zijn gelaten. Vanuit de meetopstelling zijn de sporen beperkt zichtbaar. Met name de sporen op grotere afstand van de meetopstelling waren beperkt zichtbaar.

Een aantal maal is parkeerbeheer langgekomen met vragen over de werkzaamheden. Tijdens deze momenten zijn geen waarnemingen verricht.

Van de 57 waargenomen passages zijn er 9 passages van goederen treinen. In foto 3 en 4 zijn passages van goederentreinen weergegeven.

Foto 3 en 4: passages treinen



In bijlage 1 zijn de metingen grafisch weergegeven. De reizigerstreinen stoppen allemaal op station Eindhoven. De goederentreinen zijn doorgaande treinen, ze rijden met lage snelheid het station voorbij.

Tabel 5: trillingssnelheid in maaiveld

Meetpunt	Passages reizigerstreinen	Passages goederentreinen	Alle passages
Aantal passages	48	9	57
V_{per} [--] (Gemiddeld verticale $V_{max,eff}$)	--	--	<0,04
V_{max} [--] (Maximum verticale $V_{max,eff}$)	Overwegend <0,1 een enkele passage tot 0,15 (10-30 Hz)	0,15 tot 0,25 (5-30 Hz)	--

In tabel 5 zijn de meetresultaten samengevat weergegeven. De maximale trillingssnelheid V_{max} bedraagt maximaal 0,25. De hoogste waarden worden door de goederentreinen veroorzaakt.

4. Beschouwing trillingen in de torens

Op basis van de metingen blijken de verticale trillingen maatgevend. Op basis van de publicatie 'Gedrag van constructies en funderingen' kan de overdrachtsverhouding H_{xf} tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering voor hoogbouw (> 20 m) worden ontleend aan tabel 6.

Tabel 6: overdrachtsverhouding H_{xf}

Frequentie	Vertikaal	Horizontaal
< 10 Hz	0,55	0,55
10-50 Hz	0,6-0,05*f	-

In de woontorens zitten 30 cm dikke betonvloeren met een variërende overspanning L. De overspanningen bedragen overwegend maximaal 8 á 9 m. Ook zijn er vloervelden met een lagere overspanning dan 7 m. Deze vloervelden zijn minder relevant omdat deze minder gevoelig voor trillingen met lage frequenties zijn.

De eigenfrequentie f_e van een massief betonnen vloer met overspanning L bedraagt $f_e = 130/L$

De vergrotingsfactor H_{vf} van een vloerveld bedraagt:

$$H_{vf} = 0,4 + \sqrt{\frac{f_e}{76 \times g}}$$

ζ bedraagt 0,047 voor betonvloeren

Schatting invloedsgebied

Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af. De afname kan op basis van de empirische formule van Barkan voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte worden bepaald. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan [Vibration of soils and foundations Richart, Hall en Woods Prentice Hall 1970].

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
- R afstand tussen immissiepunt en de bron;
- R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
- α materiaaldemping in de bodem (1/m);
- n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
- n = 0.5 voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven (n = 0.5) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven.

Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%). De materiaal demping α is op basis van een worst case aanname 0,01 [–] gekozen.

Tabel 7: schatting trillingen vloervelden woontorens

	Hoogste meetwaarde Maaiveld	excitatie frequentie	overdracht fundering	Schatting Vmax fundering	Over spanning	eigen frequentie	overdracht vloer	Schatting Vmax vloeren	Streefwaarde A2	Streefwaarde A2
	Vmax	fe	Hxf	Vmax	L	fn	Hvl	Vmax	Woningen	Kantoren Bijeenkomst
Reizigers treinen	0,15	10..30	0,55	0,08	12	10,8	2,14	0,18	0,4/0,2	0,6
Goederen treinen	0,25	5..30	0,55	0,14	7	18,3	2,66	0,37	0,4/0,2	0,6
Goederen treinen	0,25	5..30	0,55	0,14	8	16,3	2,53	0,35	0,4/0,2	0,6
Goederen treinen	0,25	5..30	0,55	0,14	12,7	10,2	2,09	0,29	0,4/0,2	0,6

In tabel 7 is op basis van de maaiveldmetingen een beschouwing van de maximaal te verwachten trillingsnelheden $V_{\max}$ in de vloervelden gegeven.

Maximale trillingssterkte

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,18-0,37) ten gevolge van de passages van de treinen voldoen naar verwachting niet aan de streefwaarden A1 (0,1-0,15) voor woonfunctie, kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie. Daarom moet gekeken worden of aan de A2 en A3 waarde wordt voldaan.

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,18) ten gevolge van de passages van de reizigers treinen voldoen naar verwachting aan de streefwaarden voor woonfunctie, kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie. De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,29-0,37) ten gevolge van de passages van de goederentreinen voldoen naar verwachting aan de streefwaarden voor kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie (A2=0,6). De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,29-0,37) ten gevolge van de passages van de goederentreinen voldoen naar verwachting aan de streefwaarden voor woonfunctie in de dag periode (A2=0,4).

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,29-0,37) ten gevolge van de passages van de goederentreinen voldoen naar verwachting niet aan de streefwaarden voor woonfunctie in de nachtperiode (A2=0,2).

Gemiddelde trillingssterkte

Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte $V_{\text{per meet}} < 0,04$ is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} in dag-, avond- en nachtperiode voldoet aan de streefwaarden voor woon- kantoor – en bijeenkomstfunctie.

Invloedsafstand

De schatting van het invloedsgebied vanaf het meetpunt ter hoogte van de rooilijn van de westtoren en de oosttoren bedraagt circa 35 m. Op circa 55 m afstand van het spoor wordt aan alle streefwaarden voldaan. Ook in de zuidtoren wordt naar verwachting aan alle streefwaarden voldaan.

Hinderkwalificatie

De streefwaarde voor de nachtperiode A2 = 0,2 komt overeen met hinderkwalificatie “weinig hinder” ($V_{\max}$ 0,1 - 0,2). De verwachting voor de noordzijde van de oosttoren en de westtoren van District E bedraagt $V_{\max}$ 0,29 - 0,37. Dit komt overeen met de onderzijde van de hinderkwalificatie “matige hinder” ($V_{\max}$ 0,2 - 0,8).

5. Toelaatbaarheids afweging

Omdat in de nacht naar verwachting niet overal wordt voldaan aan de streefwaarden voor woningen, is een nadere toelaatbaarheidsoverweging opgesteld. In de SBR richtlijn is de volgende tekst opgenomen:

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Elementen in de toelaatbaarheidsoverweging zijn:

- beschouwing tijdstippen/duur;
- maatregelen onderzoeken;
- achtergrondtrillingen;
- beschouwing aantal gehinderden;
- informeren partijen.

Maatregelen

In deze paragraaf worden in globale zin mitigerende maatregelen voor het plan beschouwd. We beperken ons tot maatregelen die gerelateerd zijn aan het huidige besluit en die binnen de reikwijdte van de initiatiefnemer liggen.

Er kan voor het aspect trillingen onderscheid worden gemaakt tussen drie soorten maatregelen, die overigens ook in combinatie getroffen kunnen worden:

- Maatregelen aan de bron;
- Maatregelen in de overdracht;
- Maatregelen bij de ontvanger.

Een voorbeeld van maatregelen aan de bron is het verbeteren van het funderen van de baan in de ondergrond. Een voorbeeld van maatregelen in de overdracht is het aanbrengen van een ondergrondse trillingsreducerende constructie of een (diepe) sloot. Deze maatregelen worden ook wel transmissie maatregelen genoemd. Een voorbeeld van maatregelen bij de ontvanger is het verstijven van de vloer van het gebouw of het afveren van het gebouw of het aanpassen van de fundering.

Maatregelen bij de bron

Met betrekking tot maatregelen bij de bron (het spoor) is relevant dat de initiatiefnemer geen zeggenschap heeft over het spoor. Daarom zijn bronmaatregelen niet uitvoerbaar.

Maatregelen in de overdracht

Met betrekking tot maatregelen in de overdracht (tussen het spoor en de woningen), zoals bijvoorbeeld een trillingsscherm, is relevant dat dit geen effectief reducerend effect heeft. Het plan loopt over een breedte van circa 100 m. Een trillingsscherm kan hiermee maximaal 100 m breed zijn. De trillingen zullen vanwege de beperkte breedte van het scherm niet effectief zijn en links en rechts om het scherm heen gaan. Tevens hangen trillingen ten gevolge van goederentreinen met lage frequenties samen. Trillingen van lage frequenties hebben zeer grote golflengtes. Een trillingsscherm zoals bijvoorbeeld een trillingsscherm bestaande uit damwanden, is niet effectief voor lage frequenties.

Maatregelen bij de ontvanger

Het plan bestaat uit 3 torens van 88 tot 169 m hoogte (VO d.d. januari 2019). Hoogbouw is relatief ongevoelig voor trillingen. De overdrachtsverhouding H_{xf} tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering is in tabel 6 omschreven. In de woontorens zitten 30 cm dikke betonvloeren met een variërende overspanning L. De overspanningen bedragen overwegend circa 7-8 m. Hiermee zijn de vloeren in het ontwerp zodanig gedimensioneerd dat deze relatief ongevoelig voor trillingen zijn. Samenvattend is het ontwerp van het plan (VO d.d. januari 2019) qua gebouwhoogtes en dimensionering van de vloeren dusdanig dat het relatief ongevoelig is voor het aspect trillingen. Het afveren van gebouwen is significant kostprijsverhogend en niet effectief voor lage frequenties van goederentreinen.

Aantallen trillingsgevoelige objecten

In tabel 8 zijn de functies in de gebouwen in aantallen en oppervlaktes weergegeven.

Tabel 8: schatting trillingen vloervelden woontorens

	Zuid		West		Oost	
	Aantal	BVO m2	Aantal	BVO m2	Aantal	BVO m2
Koop woningen	0	0	21	3.481	0	0
Huur woningen	114	11.102	154	12.848	0	0
Short Stay	0	0	0	0	120	7.702
Sociale huur	0	0	0	0	104	7.004
Hotel (kamers)	0	0	196 (kamers)	9.884	0	0
Horeca		1.902		7734		0
Kantoor		3.441		4.489		2.302
Retail		0		238		1.287
Overig		516		179		130

De functies hotel, retail, horeca en short stay zijn niet trillingsgevoelig in het licht van de SBR B richtlijn. De kantoor oppervlaktes in alle drie de torens voldoen aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek. De 114 woningen in de zuiddoren voldoen aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek.

De 279 woningen (is exclusief short stay) in de oost- en de westtoren voldoen in de dag en avondperiode aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek. De 279 woningen in de oost- en de westtoren voldoen in de nachtperiode niet aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek bij passages van goederenvervoer. De passages van reizigerstreinen voldoen aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek.

Beschouwing optredende tijdstippen / duur

In januari 2019 zijn de intensiteiten van de goederentreinen door Prorail aangeleverd. De realisatiegegevens van de goederentreinen door Eindhoven in 2018 zijn in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9: intensiteiten goederenvervoer Eindhoven

TRILLINGEN Realisatie 2018 Passage Eindhoven	Treinen/uur/richting		
	(gemiddeld over een etmaalperiode)		
	[afgerond op twee decimalen]		
Treinsoort/ri	Dag (7.00-19.00)	Avond (19.00-23.00)	Nacht (23.00-7.00)
Goederentreinen west-oost	0,90	1,54	0,94
Goederentreinen oost-west	1,08	0,90	1,04

Het betreft 16 passages van goederentreinen in de nachtperiode in 2018. Voor 2030 verwacht Prorail een groei van het goederenverkeer door Eindhoven van ca. 25%. Het betreft dan 20 passages van goederentreinen in de nachtperiode in 2030. Hiermee zijn naar verwachting de aantallen passages die mogelijk een overschrijding geven van de streefwaarden, nu en in de toekomst, beperkt tot maximaal 20 in de nachtperiode.

Samenvattende afweging

In het ontwerp van de gebouwen zijn een tweetal aspecten opgenomen die de gebouwen relatief ongevoelig voor trillingen maken. Het gaat hier om de totale massa van de gebouwen, die samenhangt met de hoogte van de drie torens alsmede het ontwerp van de vloeren. Verdergaande mitigerende maatregelen voor het plan worden om diverse redenen niet uitvoerbaar, niet effectief, danwel niet proportioneel geacht. De trillingen van het spoor zijn herhaald kortdurend en per nacht komen er maximaal circa 20 kortdurende pieken voor. In de omgeving zijn, in vergelijking tot de trillingen van het spoor geen andere relevante trillingsbronnen aanwezig.

De verwachting voor de noordzijde van de oosttoren en de westtoren van District E bedraagt $V_{\max}$ 0,29 - 0,37. Dit komt overeen met de onderzijde van de hinderkwalificatie "matige hinder" ($V_{\max}$ 0,2 - 0,8). Voor een deel van het plan is er naar verwachting sprake van een licht verhoogde mate van trillingshinder. De hinderkwalificatie bedraagt maximaal "matige hinder". De hinderkwalificatie "ernstige hinder" voor het aspect trillingen komt naar verwachting binnen het plangebied niet voor. De afwijking van de streefwaarden treedt alleen op in de nachtperiode bij passages van goederentreinen. De reizigerstreinen voldoen in alle periodes. De goederentreinen in de dag en avondperiode voldoen naar verwachting ook. Aan de streefwaarde voor de gemiddelden wordt naar verwachting ook voldaan. Het aantal woningen waar dit voor geldt bedraagt 279 woningen. Uitgaande van een statistisch gemiddelde woningbezetting van 2,2 personen per woning (cijfers CBS) gaat het om 614 bewoners.

Voor een deel van het plan is er naar verwachting sprake van een verhoogde mate van trillingshinder. De hinderkwalificatie bedraagt maximaal "matige hinder".

Wij achten de overschrijding van de streefwaarden beperkt in mate, beperkt in optredende duur en beperkt tot een deel van de trillingsgevoelige objecten. In het plan zijn verdergaande mitigerende maatregelen om diverse redenen niet uitvoerbaar, niet effectief, danwel niet proportioneel. De afwijking van de streefwaarden wordt daarmee toelaatbaar geacht. De beoordelingssystematiek uit de SBR B richtlijn is voor District E zorgvuldig doorlopen, hiermee is in het licht van de SBR B richtlijn aangetoond dat de bestemming spoor en de bestemming wonen en kantoor in het bestemmingsplan zorgvuldig zijn gescheiden. Geadviseerd wordt om de toekomstige eigenaren/bewoners te informeren dat er sprake is van een licht verhoogde mate van trillingshinder in de woningen.

6. Beschouwing metingen laagfrequent geluid

In bijlage 2 zijn de metingen voor laagfrequent geluid weergegeven.

Er zijn aan in totaal 7 events metingen verricht.

- Event 1 Stilstaande reizigerstrein;
- Event 2 Passage goederentrein 11.36 uur;
- Event 3 Passage reizigerstrein 11.50 uur;
- Event 4 Passage reizigerstrein 12.03 uur;
- Event 5 Passage goederentrein 12.12 uur;
- Event 6 Passage goederentrein 13.54 uur;
- Event 7 Passage goederentrein 14.14 uur;

De meetduur varieert van 3 tot 34 seconde. Tevens zijn metingen aan het achtergrondgeluid verricht terwijl er geen passages van treinen waarneembaar waren. Het achtergrondgeluid kan als binnenstedelijk achtergrondgeluid met continue verkeersgeluiden worden gekenmerkt. De meetwaarden van de events liggen relatief dichtbij het achtergrondsignaal.

De treinen werden op moment van de metingen allemaal elektrisch aangedreven.

Event 1, 3 en 4 (de reizigerstreinen) voldoen ruim aan de Vercammencurve. Event 2, 5, 6 en 7 (de goederentreinen) voldoen tot circa 50 Hz aan de Vercammencurve. Tussen 50 en 100 Hz is er sprake van enkele dB's overschrijding.

Op basis van subjectieve waarnemingen op locatie door de meettechnicus, is geen herkenbaar laagfrequent geluid vastgesteld. In de spectra zoals weergegeven in bijlage 2 zijn geen relevante pieken aanwezig. De spectra kunnen als relatief vlak worden beoordeeld.

De overschrijding tussen 50 en 100 Hz door de passages van goederentreinen van de Vercammen curve is vlak en vertoont geen pieken. Er heerst simpelweg tijdens een passage van een goederentrein een relatief hoog geluidniveau, maar het geluid vertoont geen kenmerken van laagfrequent geluid.

7. Samenvattende conclusie

Op basis van trilling- en laagfrequent geluidmetingen worden de volgende conclusies geformuleerd:

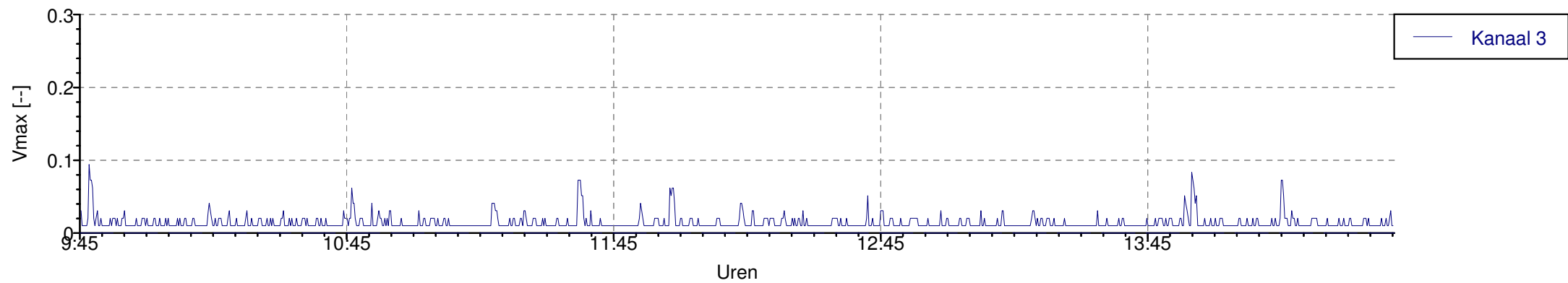
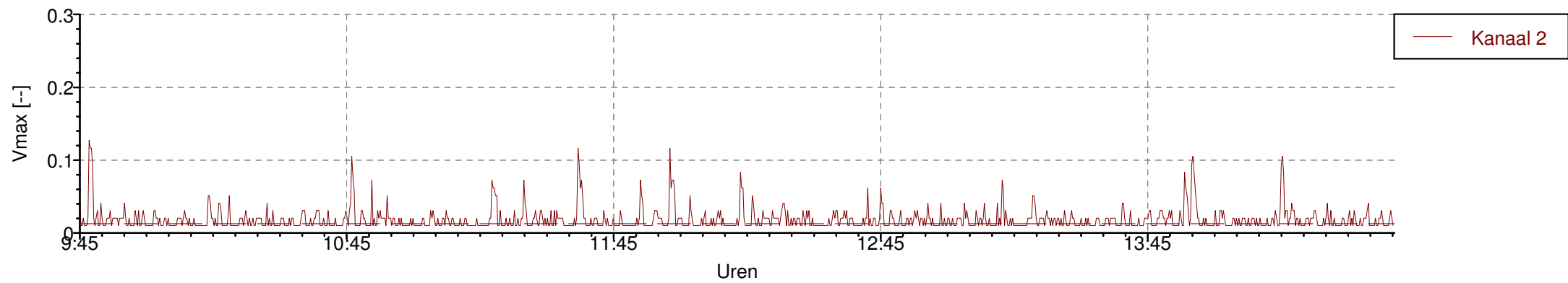
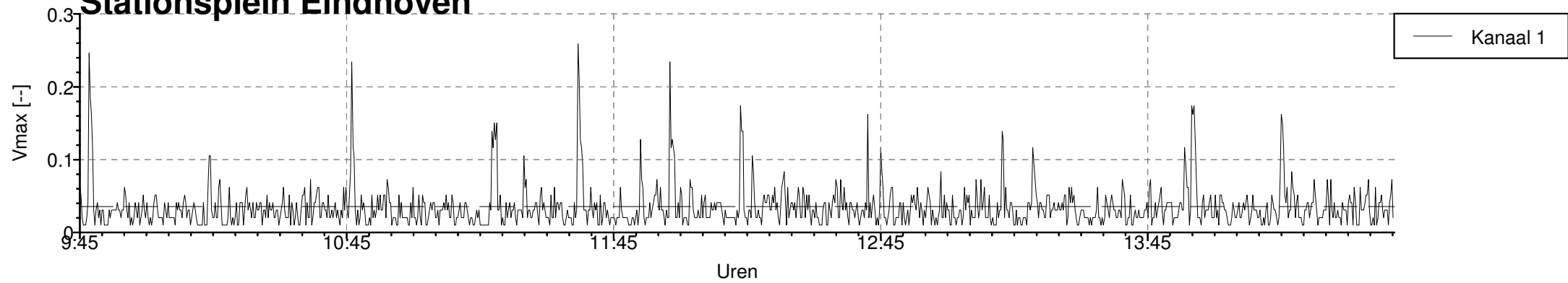
- De maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ bedraagt in het maaiveld maximaal 0,25. De hoogste waarden worden door de goederentreinen veroorzaakt.
- Er is in de noordzijde van de oosttoren en de westtoren naar verwachting sprake van een lichte overschrijding van de streefwaarden voor de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in de nachtperiode voor de woonfunctie. In de dagperiode wordt voldaan aan de streefwaarde voor de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ voor woonfunctie. Deze overschrijding treedt alleen op bij passages van goederentreinen.
- Alle torens voldoen aan de streefwaarden voor kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie voor de maximale trillingssterkte $V_{\max}$. Alle torens voldoen aan de streefwaarden voor woon-, kantoor- en bijeenkomstfunctie voor de gemiddelde trillingssterkte V_{per} .
- De verwachting voor de noordzijde van de oosttoren en de westtoren van District E bedraagt $V_{\max}$ 0,29 - 0,37. Dit komt overeen met de onderzijde van de hinderkwalificatie “matige hinder” ($V_{\max}$ 0,2 - 0,8). Als voldaan zou worden aan de streefwaarde voor de nachtperiode $A_2 = 0,2$ komt dat overeen met hinderkwalificatie “weinig hinder” ($V_{\max}$ 0,1 - 0,2).

Wij achten de overschrijding van de streefwaarden beperkt in mate, beperkt in optredende duur en beperkt tot een deel van de trillingsgevoelige objecten. In het plan zijn verdergaande mitigerende maatregelen om diverse redenen niet uitvoerbaar, niet effectief, danwel niet proportioneel. De afwijking van de streefwaarden wordt daarmee toelaatbaar geacht. De beoordelingssystematiek uit de SBR B richtlijn is voor het District E zorgvuldig doorlopen, hiermee is in het licht van de SBR B richtlijn aangetoond dat de bestemming spoor en de bestemming wonen en kantoor in het bestemmingsplan zorgvuldig zijn gescheiden. Geadviseerd wordt om de toekomstige eigenaren/bewoners te informeren dat er sprake is van een licht verhoogde mate van trillingshinder in de woningen.

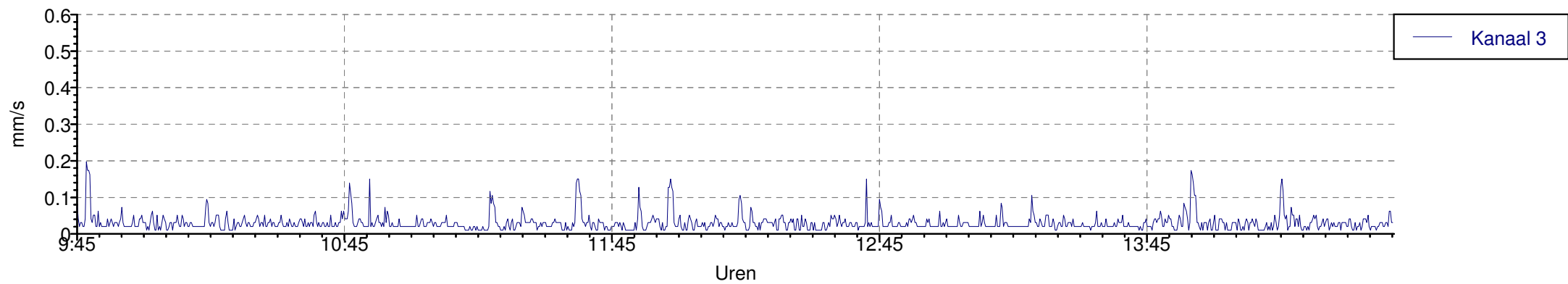
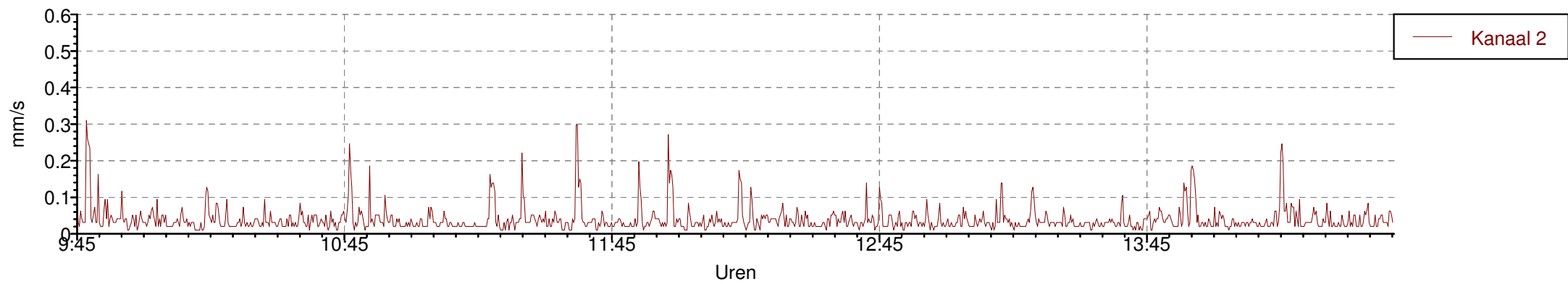
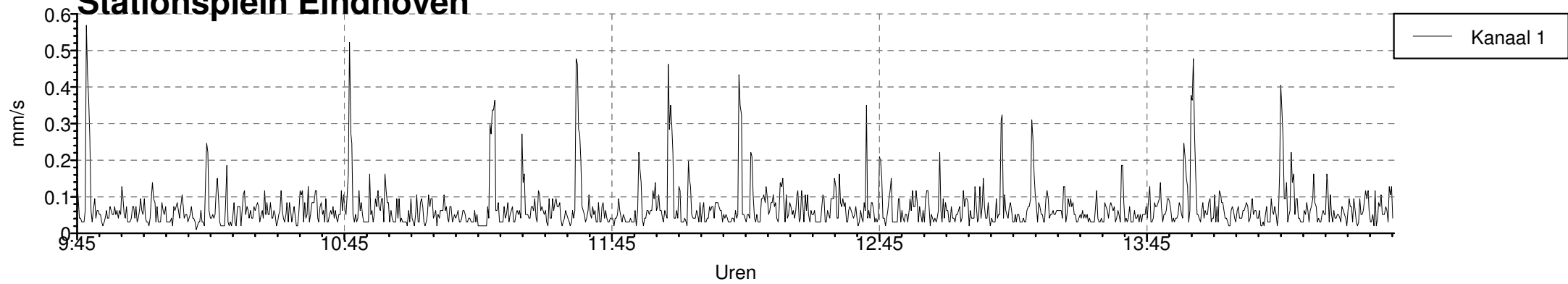
Op basis van subjectieve waarnemingen die door de meettechnicus op locatie uitgevoerd zijn, is geen herkenbaar laagfrequent geluid vastgesteld. In de spectra van de geluidmetingen zijn geen relevante pieken aanwezig. De spectra kunnen als relatief vlak worden beoordeeld. Het geluid vertoont geen relevante kenmerken van laagfrequent geluid.

Bijlage 1 Weergave trillingsmetingen

Stationsplein Eindhoven

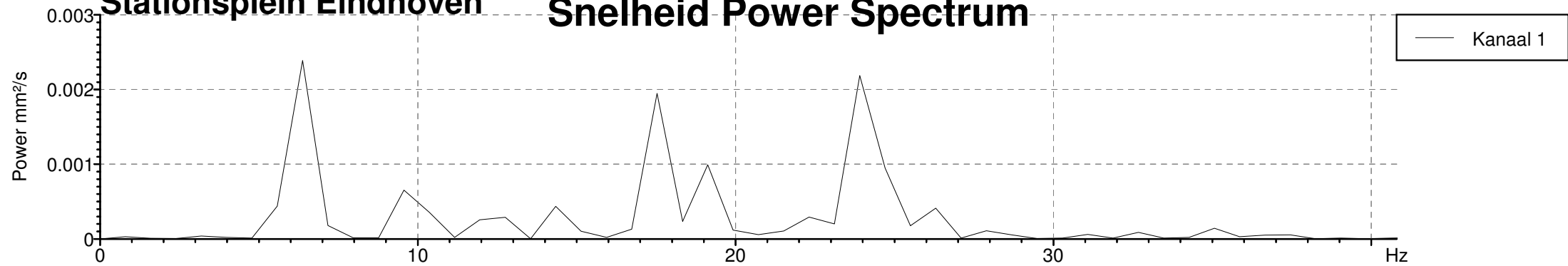


Stationsplein Eindhoven

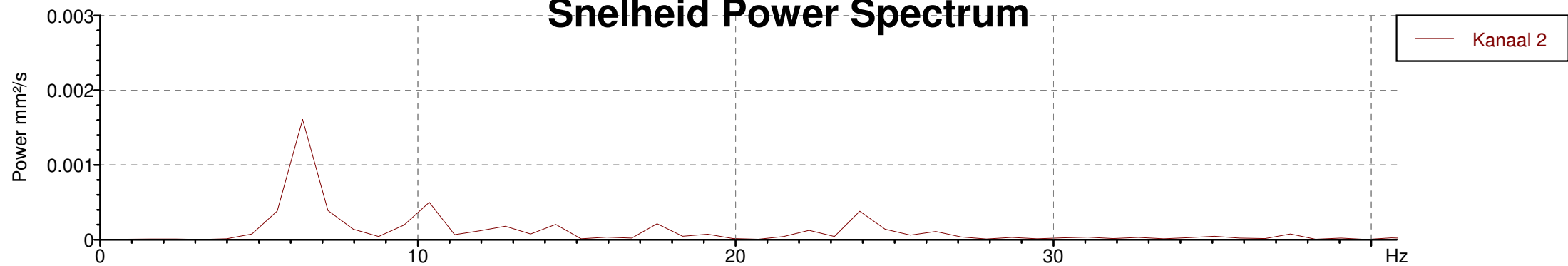


Stationsplein Eindhoven

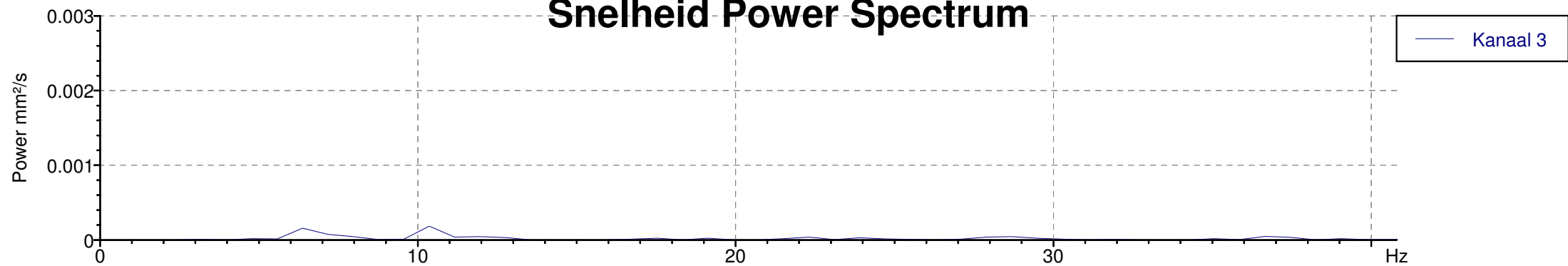
Snelheid Power Spectrum



Snelheid Power Spectrum

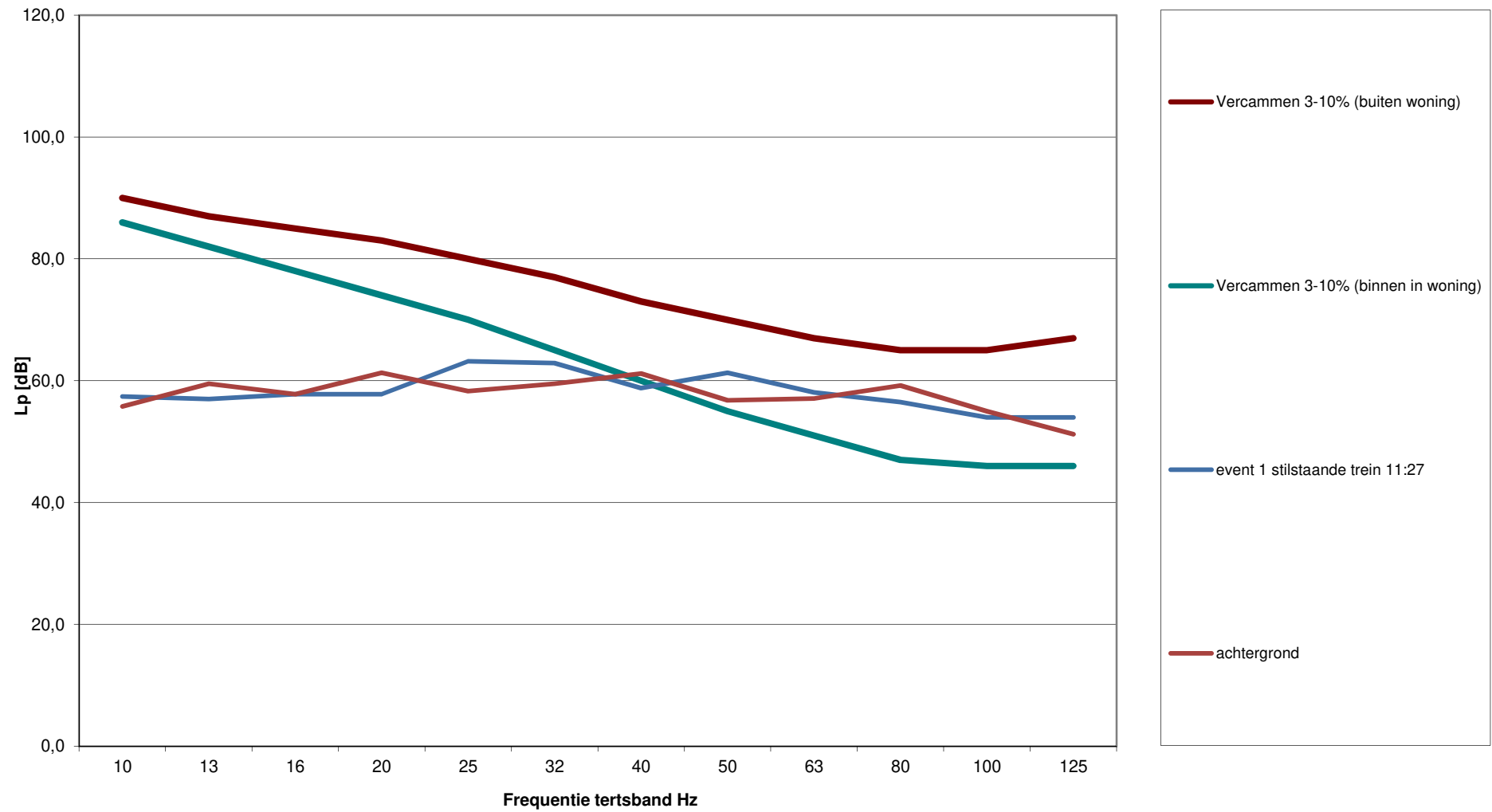


Snelheid Power Spectrum

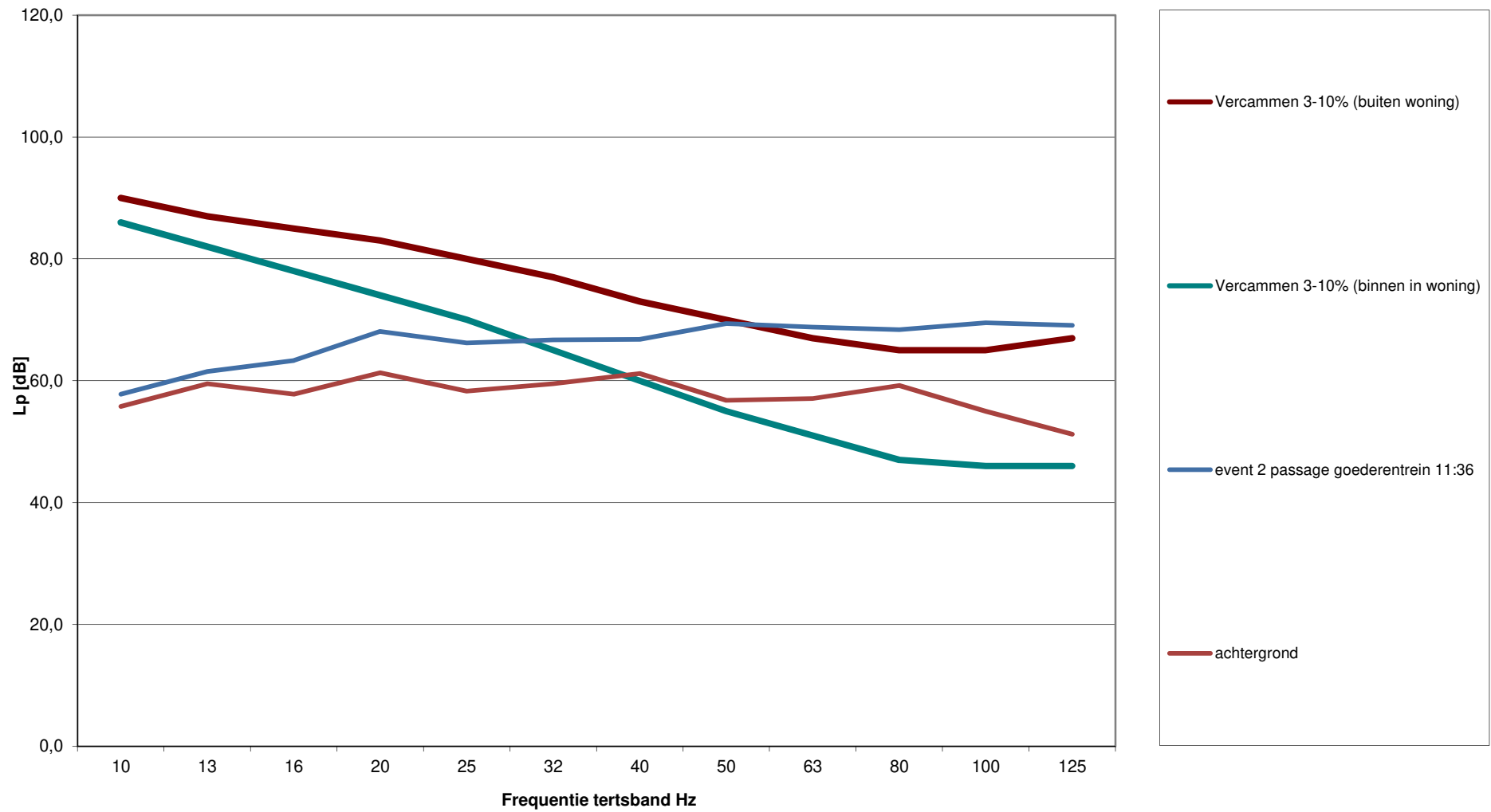


Bijlage 2 Weergave laagfrequent geluid metingen

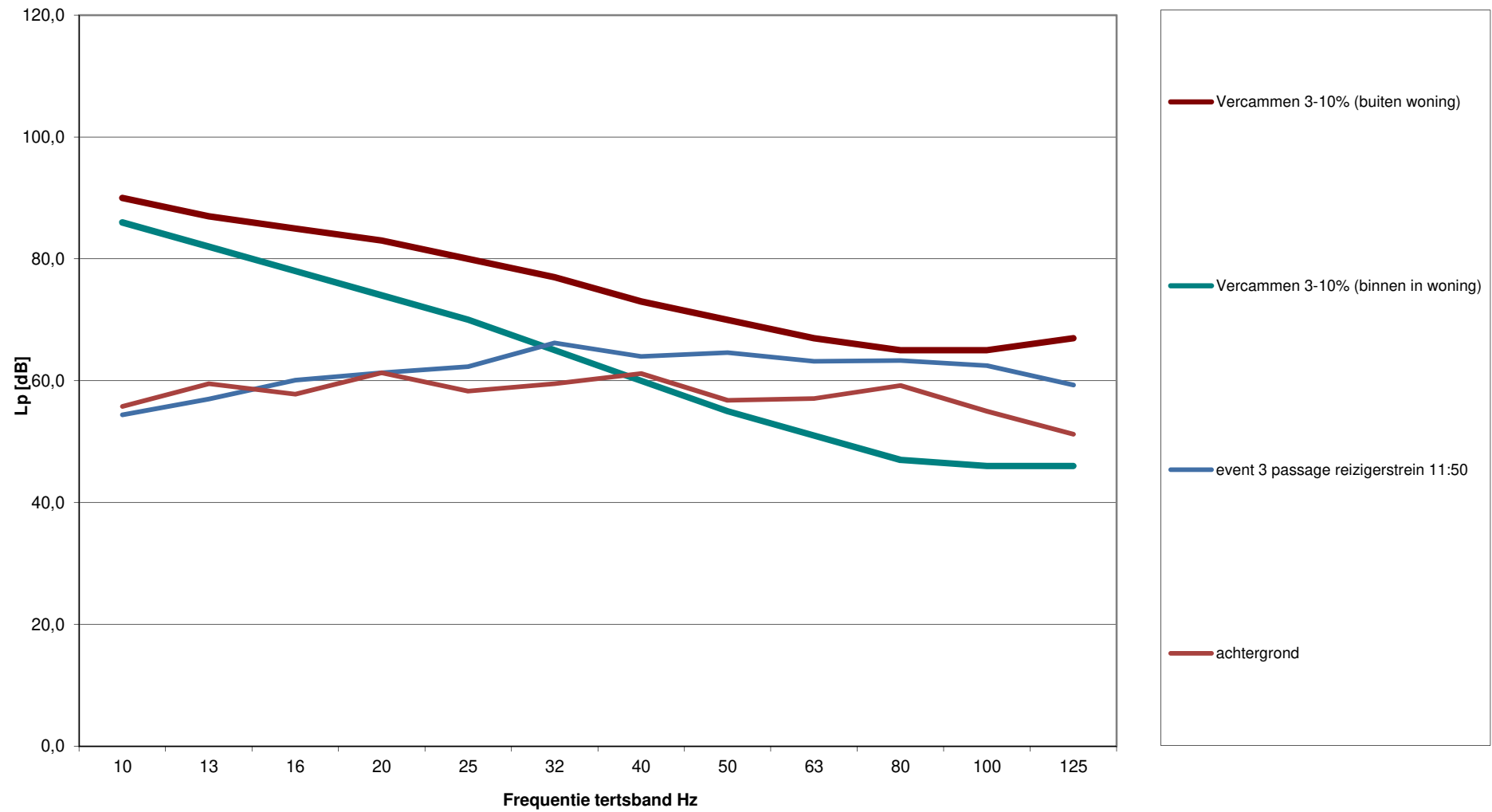
LF geluid MP1 event 1 E district



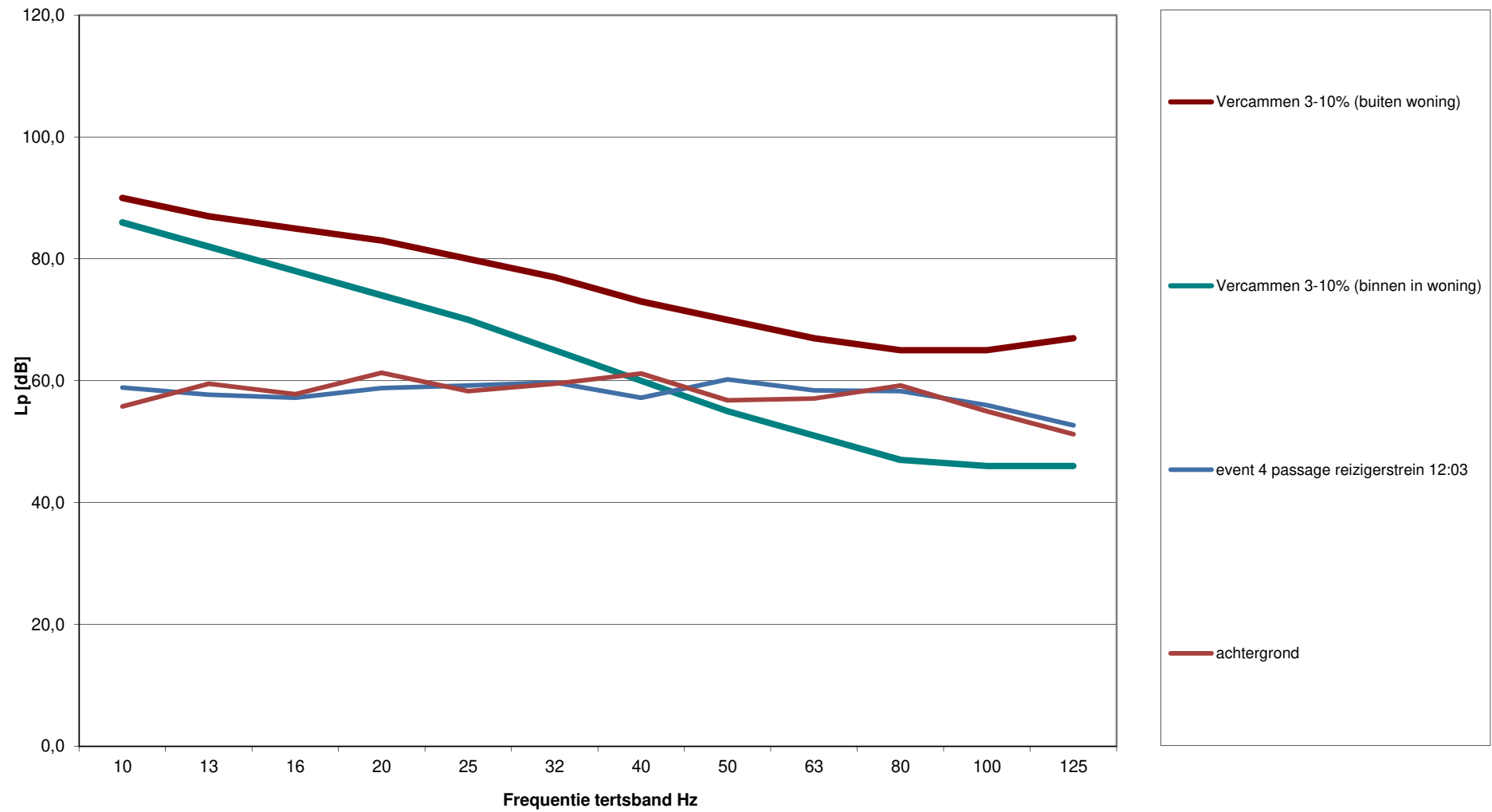
LF geluid MP1 event 2 E district



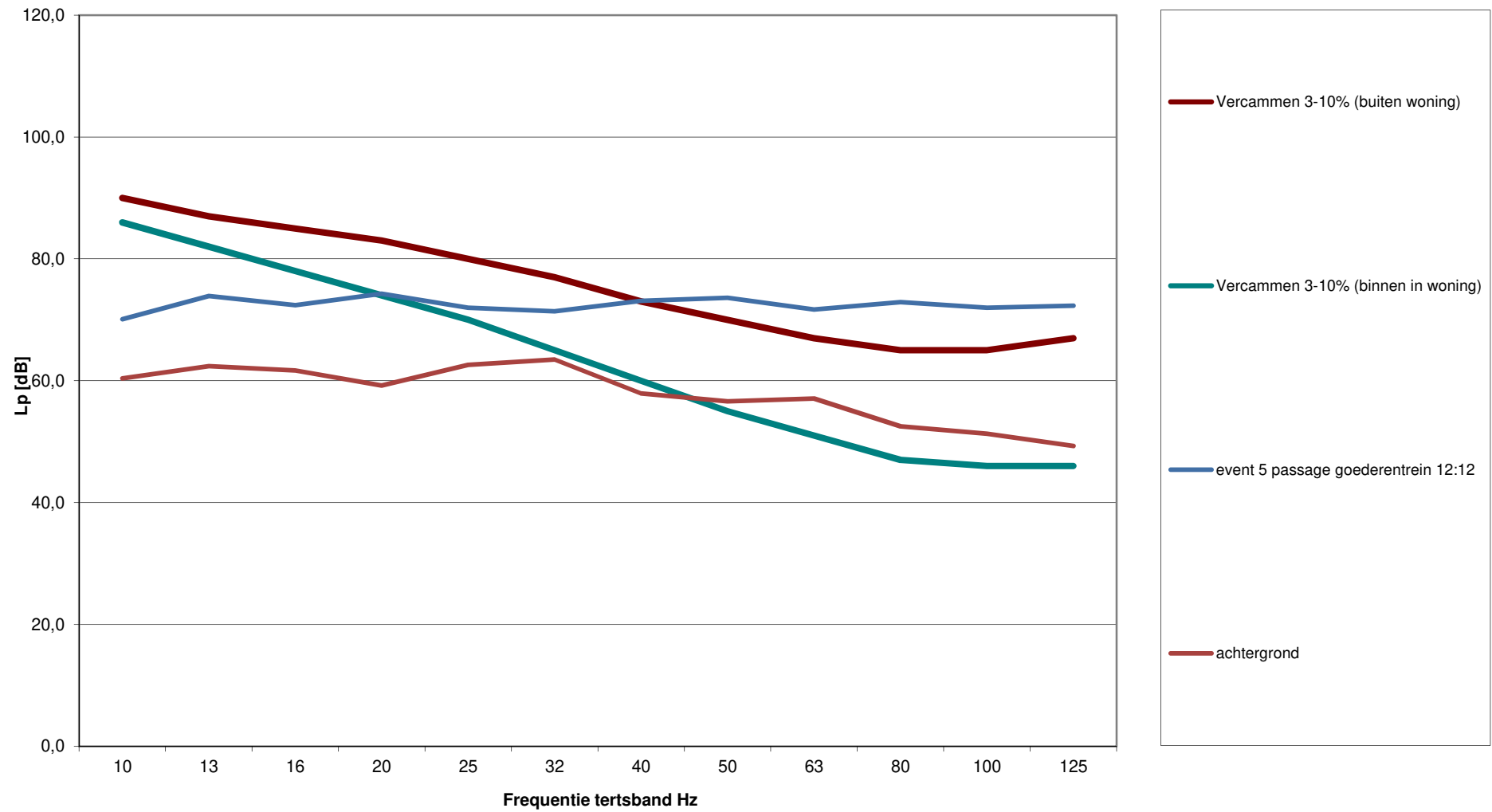
LF geluid MP1 event 3 E district



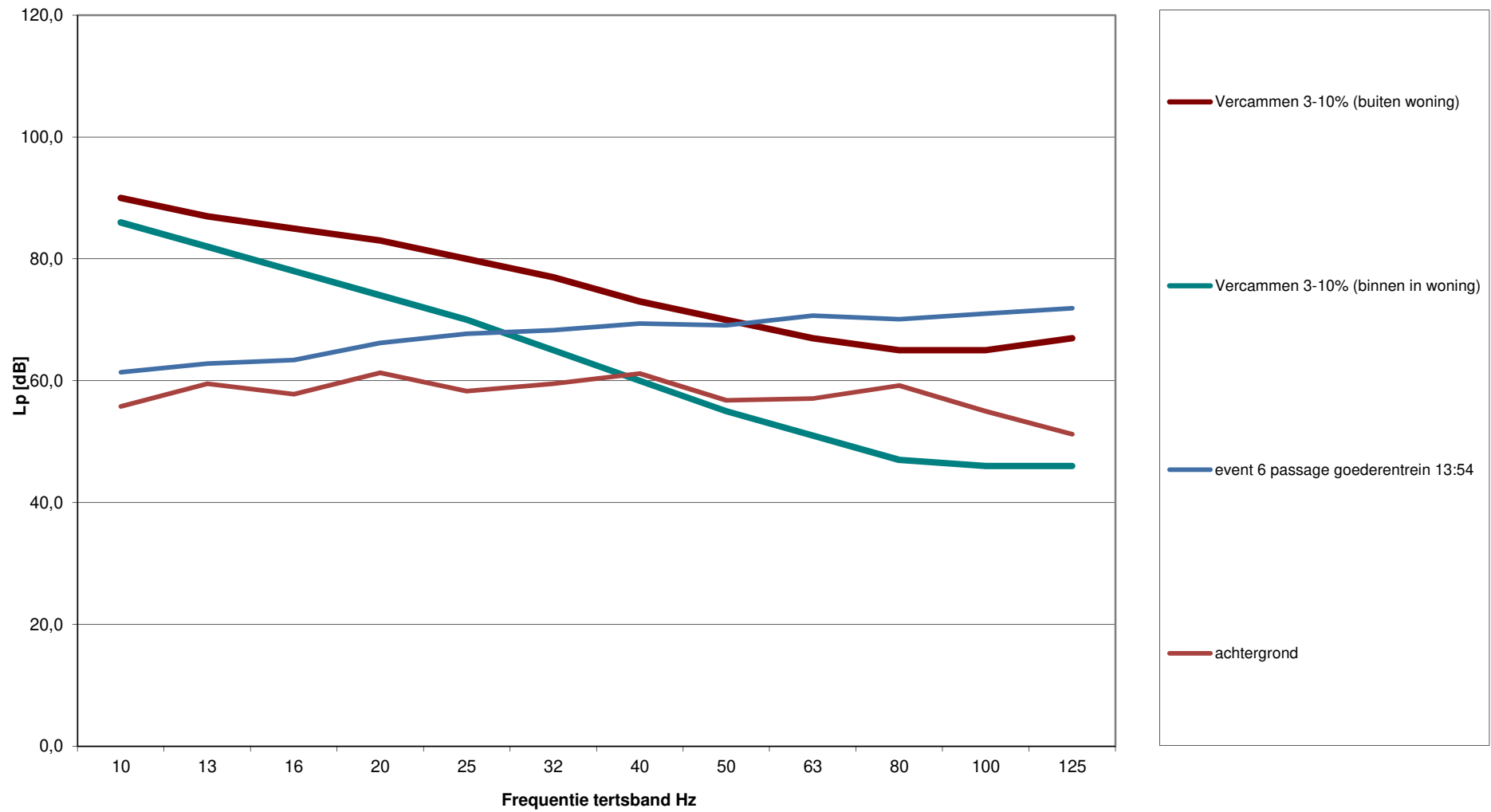
LF geluid MP1 event 4 E district



LF geluid MP1 event 5 E district



LF geluid MP1 event 6 E district



LF geluid MP1 event 7
E district

