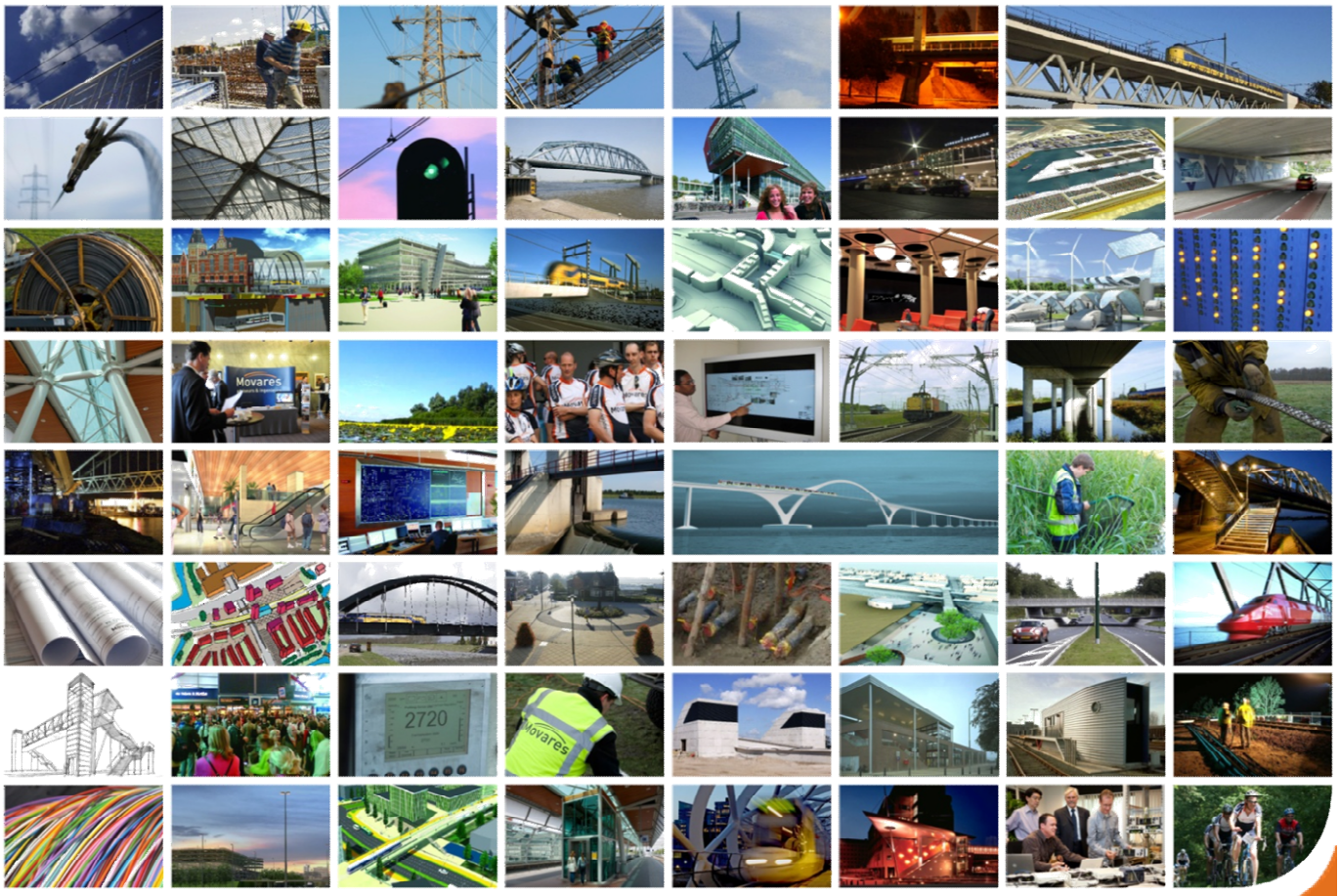
PHS Amsterdam Centraal spoorinfra
Trillingsonderzoek MER en (O)TB

PHSA-00-CON-00-OTHV-RAP



Trillingsonderzoek bij MER en (O)TB

24 januari 2020 - Versie 7.0

wij verbinden

Autorisatieblad

PHS Amsterdam Centraal spoorinfra Trillingsonderzoek MER en (O)TB

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Boon, PM	✓	24-01-2020
Controle door	Meeuwsen, R	✓	24-01-2020
Vrijgave door	Poel, J van der	✓	24-01-2020

Samenvatting

Aanleiding en doelstelling

Zowel het reizigers- als het goederenvervoer over het spoor zal naar verwachting de komende jaren fors groeien. Om de groei op het spoor in goede banen te leiden moet het Nederlandse spoornetwerk worden verbeterd. Door het Kabinet is in 2010 de Voorkeursbeslissing over het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) genomen. Dit programma heeft als ambitie dat op de drukste trajecten in de brede Randstad, waaronder vanuit Amsterdam, meer treinen gaan rijden. Onderdeel van het programma PHS is de aanpak van het spoorsysteem rond Amsterdam Centraal, met als doel de capaciteit, kwaliteit en robuustheid van de railinfrastructuur de komende jaren te vergroten. Hiervoor zijn drie hoofdvarianten (7B, 8B en 9) ontworpen, met verschillen in toewijzing van de perrons aan de verschillende corridors en verschillen in spoorligging bij de Dijksgracht. Op basis van de resultaten van deze variantenstudie en de Milieu Effect Rapportage (MER) is een voorkeursvariant (VKV) ontwikkeld, die in het Ontwerptracébesluit ((O)TB) is opgenomen.

De voorgenomen wijzigingen kunnen leiden tot een toename van de trillingshinder die omwonenden ervaren. In het kader van de tracéwetprocedure voor PHS Amsterdam Centraal is daarom een onderzoek uitgevoerd naar trillingen. Dit onderzoek bestaat uit twee onderdelen, een onderzoek naar trillingshinder tijdens de exploitatiefase, en een onderzoek naar trillingsschade tijdens de exploitatie- en bouwfase. In de onderzoeken is door middel van metingen op maaiveld en in gebouwen, aangevuld met modelberekeningen, een berekening gemaakt van de trillingen in de bestaande situatie, de referentiesituatie (bestaande situatie aangevuld met autonome ontwikkelingen) en de plansituatie. Ook de resultaten uit de eerdere variantenstudie worden hierbij toegelicht.

Resultaten (O)TB-onderzoek

In het (O)TB-onderzoek is de VKV getoetst. Uit dit onderzoek volgt dat:

1. Er is geen kans op schade door trillingen van treinverkeer. Tijdens bouwwerkzaamheden is er wel een kans op trillingsschade aan een aantal panden als gevolg van de aanpassing van kunstwerken. Trillingsschade is met name mogelijk bij het verwijderen van de damwand bij de (niet in gebruik zijnde) metrotunnel op het Oostereiland, het heien van palen en inbrengen van damwanden bij de nieuwe Oostertoegang en het heien van palen en inbrengen van damwanden bij de vrije kruising Dijksgracht.
2. Het project leidt niet tot overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingshinder, de *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts). Er zijn daarom geen maatregelen tegen trillingshinder nodig.
3. Er is geen kans op een toename van de verstoring van in het onderzoeksgebied aanwezige gevoelige apparatuur: locaties met mogelijk gevoelige apparatuur bevinden zich buiten het gebied waar het project tot een toename van de trillingssterkte leidt.

Voor de bouwwerkzaamheden bij de (niet in gebruik zijnde) metrotunnel (Oostereiland), de nieuwe Oostertoegang en de vrije kruising Dijksgracht dient in de vervolgonderzoeken na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is. Indien dat het geval is, dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen, of een combinatie van een bouwkundige

vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Resultaten MER-onderzoek

In het variantenonderzoek t.b.v. de MER is op 3 criteria beoordeeld:

1. *Aantal gehinderden:* het project leidt, ten opzichte van de referentiesituatie (situatie in 2030 zonder project), tot een kleine toename van het aantal gehinderden door de hogere rijsnelheid van de treinen aan de zuidzijde van Amsterdam Centraal in combinatie met een toename van het aantal treinen en van het aantal woningen dichtbij het spoor. Ten noorden van het station zijn lokaal verbeteringen zichtbaar door een gunstiger routering van het treinverkeer. Er zijn slechts beperkte verschillen tussen de varianten. Variant 7B leidt tot iets minder gehinderden dan de overige varianten. Variant 8B leidt tot de meeste gehinderden, met name doordat de sporen in de bocht bij de Dijksgracht hier iets dichter bij de woningen liggen dan in de overige varianten, en doordat de treinen vanuit Haarlem/Beverwijk in variant 8B harder rijden dan in de andere varianten.
2. *Overschrijdingen Bts:* bij variant 8B, en in mindere mate ook bij variant 7B en 9, zijn overschrijdingen van het beoordelingskader (de Bts) mogelijk in de bocht tussen de Dijksgracht en het Lozingskanaal. De overschrijdingen worden vooral veroorzaakt door de hogere rijsnelheid van de goederentreinen en het dichterbij komen van de sporen. In de VKV komen de sporen niet dichterbij, hierdoor scoort de VKV gunstiger dan de andere varianten.
3. *Kans op trillingsschade:* door de aanpassing van een aantal kunstwerken is er een kans op trillingsschade door bouwwerkzaamheden aan omliggende panden. Trillingsschade is in de VKV mogelijk bij het verwijderen van de damwand bij de (niet in gebruik zijnde) metrotunnel op het Oostereiland, het heien van palen en inbrengen van damwanden bij de nieuwe Oostertoegang en het heien van palen en inbrengen van damwanden bij de vrije kruising Dijksgracht. In de variantenstudie zouden ook enkele andere kunstwerken (zoals viaduct Czaar Peterstraat en Keerwal) worden aangepast, waardoor er meer locaties met een kans op trillingsschade zijn. Hiervoor zijn mitigerende maatregelen nodig. Trillingsschade ten gevolge van treinverkeer wordt, op basis van de metingen en modelberekeningen, niet verwacht.

Samengevat kan gesteld worden dat het project met name tussen de Dijksgracht en het Lozingskanaal tot licht negatieve effecten leidt. Dit komt door een toename van het aantal treinen en de hogere rijsnelheid aan de zuidzijde van Amsterdam Centraal.

Op basis van de aantallen per toetsingscriterium is een waardering toegekend in onderstaand overzicht. De voorkeursvariant (VKV) scoort het gunstigst op alle criteria, maar leidt nog wel tot een beperkte toename van het aantal gehinderden en een aantal locaties waar zonder trillingsarme bouwmethodes trillingsschade tijdens de realisatie van enkele kunstwerken niet kan worden uitgesloten. De VKV en de subvarianten 7B sub en 9 sub scoren gunstiger dan de overige varianten, doordat de sporen bij de Keerwal in deze varianten niet dichter bij de bebouwing komen te liggen.

	Referentie-situatie	VKV	Variant 7B	Variant 7B sub	Variant 8B	Variant 9	Variant 9 sub
Criterium 1 – Aantal gehinderden	0	-	-	-	-	-	-
Criterium 2 – Overschrijdingen Bts		0	-	0	-	-	0
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	-	--	-	--	--	-

Mitigerende maatregelen

In het (O)TB-onderzoek is trillingshinder getoetst aan de streef- en grenswaarden uit de Bts. Bij deze toetsing blijkt dat wordt voldaan aan deze waardes. Ook (een toename van de kans op) verstoring van gevoelige apparatuur treedt niet op. Er zijn daarom geen mitigerende maatregelen nodig voor de exploitatiefase.

Tijdens de bouwfase zijn overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingsschade niet overal uit te sluiten. Indien uit nader onderzoek (na detaillering bouwmethodes) volgt dat schade nog steeds niet is uit te sluiten, dan wordt geadviseerd om trillingsarme bouwmethodes te gebruiken, of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze maatregelen wordt in het hele projectgebied voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen.

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

1 Inleiding **6**
1.1 PHS Amsterdam 6
1.5 Leeswijzer 8

2 Wettelijk kader **9**
2.1 Algemeen 9
2.2 Beoordelingskader trillingsschade 9
2.3 Beoordelingskader trillingshinder 9
2.4 Beoordelingskader verstoring van gevoelige apparatuur 11
2.5 Gehanteerde beoordelingscriteria in de MER 11
2.6 Gehanteerde beoordelingskaders in het (O)TB 13

3 Opzet van het onderzoek **14**
3.1 Inleiding 14
3.2 Onderzoek naar trillingsschade 14
3.3 Onderzoek naar trillingshinder 14
3.3.1 *Stap 1: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose* *15*
3.3.2 *Stap 2: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen* *15*
3.3.3 *Stap 3: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten* *16*
3.4 Onderzoek naar verstoring van gevoelige apparatuur 16

4 Bestaande situatie, referentiesituatie en varianten **17**
4.1 Inleiding 17
4.2 Bestaande situatie 17
4.2.1 *Spoorgebruik* *18*
4.2.2 *Snelheden* *18*
4.2.3 *Treinintensiteiten* *18*
4.3 Referentiesituatie 18
4.3.1 *Treinintensiteiten* *18*
4.3.2 *Spoor en kunstwerken* *19*
4.3.3 *Bouwplannen* *19*
4.4 Plansituatie 19
4.4.1 *Spoorgebruik* *20*
4.4.2 *Treinsnelheid* *21*
4.4.3 *Treinintensiteit* *22*
4.4.4 *Wijzigingen in taludopbouw* *24*

5 Effecten en beoordeling **26**
5.1 Inleiding 26
5.2 Beoordeling t.b.v. het (O)TB 26
5.2.1 *Trillingsschade* *26*
5.2.2 *Trillingshinder* *27*
5.2.3 *Verstoring van trillingsgevoelige apparatuur* *29*
5.3 Effecten in de MER 29
5.3.1 *Toename aantal gehinderden* *29*
5.3.2 *Toename aantal overschrijdingen van de Bts* *31*
5.3.3 *Kans op trillingsschade* *32*
5.3.4 *Overzicht van de effecten* *33*

6 Conclusies **34**
6.1 Inleiding 34
6.2 (O)TB – toetsing en maatregelen 34
6.2.1 *Toetsing aan richtlijnen* *34*
6.2.2 *Mitigerende maatregelen* *34*
6.2.3 *Cumulatieve effecten* *34*
6.3 MER – vergelijking van de varianten 35
6.4 Conclusie 36

Colofon **37**

Bijlage I - VibraDyna

Bijlage II - Beoordelingskader

Bijlage III - Gebruikt bodemonderzoek

Bijlage IV - Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Bijlage V - Resultaten maaiveldmetingen (t.b.v. stap 1)

Bijlage VI - Resultaten metingen in woningen (t.b.v. stap 2)

Bijlage VII - Trillingsschade tijdens de bouwfase

Bijlage VIII - Resultaten woningmetingen

Bijlage IX - Resultaten modelberekeningen

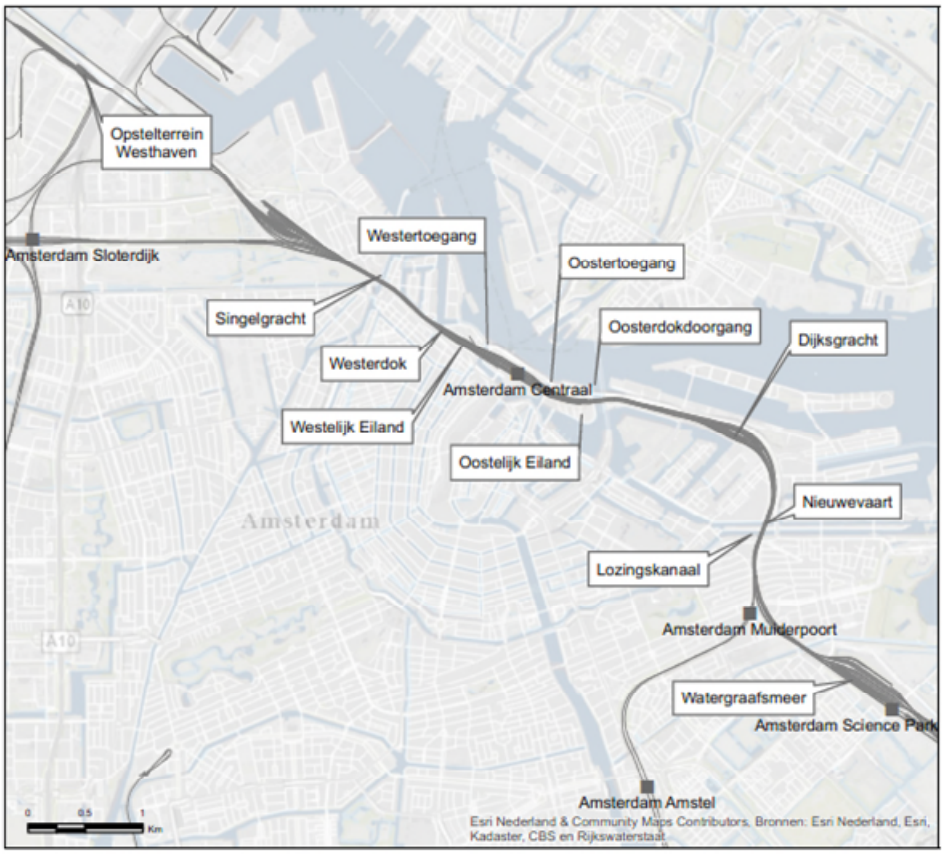
1 Inleiding

1.1 PHS Amsterdam

Programma hoogfrequent spoorvervoer (PHS)

Zowel het reizigers- als het goederenvervoer over het spoor zal naar verwachting de komende jaren fors groeien. Om de groei op het spoor in goede banen te leiden moet het Nederlandse spoornetwerk worden verbeterd. Door het Kabinet is in 2010 de Voorkeursbeslissing over het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) genomen. Dit programma heeft als ambitie dat op de drukste trajecten in de brede Randstad, waaronder vanuit Amsterdam, meer treinen gaan rijden. Onderdeel van het programma PHS is de aanpak van het spoorsysteem rond Amsterdam Centraal.

PHS Amsterdam Centraal heeft als doel de capaciteit, kwaliteit en robuustheid van de railinfrastructuur de komende jaren te vergroten. Door een aantal fysieke maatregelen wordt het rijden met hogere intensiteiten van zowel goederen- als reizigerstreinen mogelijk gemaakt met een grotere betrouwbaarheid.



Figuur 1: Het spoor rond Amsterdam Centraal

1.2 De spooraanpassingen

Stationseiland Amsterdam Centraal

De perrons van station Amsterdam Centraal worden verbreed en verlengd. De ruimte op Amsterdam Centraal is beperkt en daarom worden daarvoor de middensporen opgeheven. De Oosttunnel onder het station wordt verbreed.

Aanpassen sporenlay-out

De sporen en wissels op het Westelijk eiland, het Oostelijk eiland en de Dijksgracht worden aangepast. Op het oostelijk eiland wordt de snelheid van 40 naar 60 km/u verhoogd om een vlottere doorstroming van het treinverkeer mogelijk te maken. De meest noordelijke sporen zullen daarbij recht worden getrokken. Op de Dijksgracht wordt de snelheid verhoogd van 40 km/u naar 60 km/u of 80 km/h, afhankelijk van de corridor. De sporenligging in dit gebied, dat nu gedeeltelijk in gebruik is als opstelterrein, wordt ingrijpend aangepast. Daarbij vervallen veel sporen en ontstaat ruimte voor een vrije kruising.

Vrije kruising Dijksgracht

Er wordt een vrije kruising gerealiseerd op het emplacement ter hoogte van de Dijksgracht. Deze vrije kruising bestaat uit een half verdiepte onderdoorgang (dive-under) en een fly-over die daar overheen gaat. De huidige functie van het emplacement voor het opstellen en parkeren van treinen komt te vervallen.

Aansluiting opstelterrein Westhaven

Ter plaatse van de enkelsporige aansluiting van opstelterrein Westhaven bij de Transformatorweg wordt een beperkte spooruitbreiding gerealiseerd en wordt een snelheidsverhoging mogelijk gemaakt van 40 naar 80 km/u.

Bruggen Oostertoegang

De perrons worden verlengd tot over de Oostertoegang. De stalen bruggen die deze watergang overspannen worden vervangen door nieuwe bruggen.

1.3 Onderzoeksproces en eerdere varianten

Het ontwerpproces heeft in totaal enkele jaren in beslag genomen. In 2016 zijn 3 varianten voor de lay-out van de sporen ontwikkeld: 7B, 8B en 9. Elk van deze varianten ging uit van het realiseren van een vrije kruising op de Dijksgracht maar verschilden (onder meer) in het gebruik van de 10 perronsporen in het station.

In het najaar van 2016 is een Notitie Reikwijdte en Detailniveau uitgebracht, als start van de procedure van milieueffectrapportage. Vervolgens zijn van de drie varianten 7B, 8B en 9 de effecten op het milieu in kaart gebracht en vergeleken met de referentiesituatie 2017, die is gebaseerd op de uitgangspunten in het jaar 2017.

Parallel aan het milieuonderzoek in 2017 is onderzocht of de treinbediening in de regio Amsterdam zou kunnen worden verbeterd. Op basis daarvan heeft de staatssecretaris van IenW in juni 2018 besloten om de uitwerking voort te zetten met 9 doorgaande perronsporen op Amsterdam Centraal.

Van de drie varianten waarvan de milieueffecten zijn onderzocht is vervolgens variant 9 nader uitgewerkt, maar nu met 9 perronsporen in plaats van 10 perronsporen. Dit is de **voorkeursvariant** (VKV) die in het OTB is opgenomen. Van deze voorkeursvariant zijn de effecten in kaart gebracht en vergeleken met een 'geactualiseerde referentiesituatie, met basisjaar 2019 en waarbij de meest actuele autonome ontwikkelingen zijn meegenomen.

1.4 Besluitvorming

Om de uitvoering van het project PHS Amsterdam Centraal mogelijk te maken worden de maatregelen die worden genomen in de voorkeursvariant ruimtelijk vastgelegd in een Tracébesluit. In het (ontwerp-)Tracébesluit ((O)TB) is het project beschreven en is aangegeven hoe het project past binnen de geldende wettelijke normen. Ten behoeve van de besluitvorming hierover is tevens de procedure van de milieueffectrapportage doorlopen en is een Milieueffectrapport (MER) opgesteld. Hierin zijn de milieueffecten van het project in kaart gebracht. In het MER zijn de effecten van de voorkeursvariant én van de 3 eerder ontwikkelde varianten (7B, 8B en 9) beschreven.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport bevat een beschrijving van het wettelijk kader en de daaruit afgeleide beoordelingscriteria voor de MER en het (O)TB. In hoofdstuk 3 wordt de gevolgde aanpak beschreven. Hoofdstuk 4 bevat een beschrijving van de uitgangspunten voor de verschillende in dit onderzoek beschouwde situaties. De beoordeling van de VKV (t.b.v. het (O)TB) en de projecteffecten voor de VKV en de varianten (t.b.v. het MER) zijn beschreven in hoofdstuk 5, waarna het rapport afsluit met conclusies in hoofdstuk 6. De verschillende bijlages bevatten informatie waarmee de hoofdtekst van het rapport wordt verduidelijkt, of geven de onderbouwing weer van de daar benoemde aspecten.

2 Wettelijk kader

2.1 Algemeen

Bij het voorkomen van trillingen zijn drie aspecten relevant: het voorkomen van schade aan gebouwen, het voorkomen van hinder aan personen en het voorkomen van verstoring van gevoelige apparatuur.

Voor alle drie de aspecten is geen wettelijk kader voorhanden. In dit onderzoek wordt daarom, zoals gebruikelijk, voor trillingsschade de SBR A-richtlijn (schade aan gebouwen) gehanteerd. Voor trillingshinder heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat beleid geformuleerd over hoe trillingen te beoordelen bij Tracéwetprocedures. Dit beleid is opgenomen in de *Beleidsregel trillinghinder spoor* (hierna: Bts) en vormt het kader voor dit onderzoek. Voor verstoring van apparatuur wordt de SBR C-richtlijn (verstoring van gevoelige apparatuur) gehanteerd.

Deze drie beoordelingskaders worden in de volgende paragrafen nader omschreven, daarna wordt toegelicht welke beoordelingscriteria conform de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) voor de MER en het OTB zijn gehanteerd in resp. paragraaf 2.5 en 2.6.

2.2 Beoordelingskader trillingsschade

De toetsing van trillingsschade vindt in Nederland vrijwel altijd plaats op basis van de SBR A-richtlijn. Deze richtlijn beschrijft de meetmethodiek en toetsingscriteria voor trillingsschade. Ook van de SBR A-richtlijn is een omschrijving opgenomen in Bijlage II.

Schade door trillingen als gevolg van treinverkeer is zeer onwaarschijnlijk in het onderzoeksgebied, gezien de afstand tot het spoor, bodemopbouw, spoorgebruik en type bebouwing. Deze aanname is gevalideerd met behulp van berekeningen op basis van metingen in gebouwen rond het spoor, zie ook hoofdstuk 5, Bijlage VI en VIII.

Bouwwerkzaamheden kunnen wel leiden tot trillingen boven de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn, deze zijn daarom nader onderzocht.

2.3 Beoordelingskader trillingshinder

Tot op heden zijn richtlijnen voor trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op eventuele toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in 2012 een *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts) opgesteld, die een wijziging van en aanvulling op de eerder gebruikte SBR B-richtlijn is. In 2014 is een aangevulde versie van de Bts gepubliceerd, waarbij vooral nader wordt ingegaan op de volgende onderdelen:

1. De normstelling voor het al dan niet treffen van maatregelen. De Bts geeft aan wanneer het Tracébesluit een maatregelafweging dient te bevatten ter mitigatie van de trillingshinder die zal ontstaan als gevolg van de aanleg of wijziging van een spoorweg;
2. De mogelijkheid om maatregelen af te wegen op grond van doelmatigheid, door middel van een kosteneffectiviteitscriterium. In dit kosteneffectiviteitscriterium wordt uitsluitsel gegeven of bepaalde maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit, milieu- en maatschappelijke impact en de mate van trillingshinder voldoende

kosteneffectief zijn. In het Tracébesluit wordt een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen gehanteerd. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek aangehouden[1];

3. De trillingssterkte V_{max} wordt bepaald over een meetperiode van tenminste 1 week. Het resultaat is het maximale niveau in een week, vergelijkbaar met de grootheid $V_{max,stat}$ van de SBR B-richtlijn. De meetmethode en de naverwerkingsmethode zijn gebaseerd op die van de SBR B-richtlijn, maar verder uitgebreid met het doel de reproduceerbaarheid van de metingen en berekeningen te vergroten. Deze methodiek is nauwkeurig beschreven in een memo van Level Acoustics[2] en in Bijlage IV;
4. De trillingsintensiteit V_{per} wordt afzonderlijk getoetst. Een situatie voldoet als zowel de streefwaarde voor V_{max} als voor V_{per} wordt gehaald.

Net als in de SBR B-richtlijn verschillen de streefwaarden in de Bts over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte* (gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en *kantoren* en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel 1 voor de normstelling voor bestaande situaties.
De Bts kent drie waarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

Tabel 1: Normstelling bestaande situatie volgens Bts

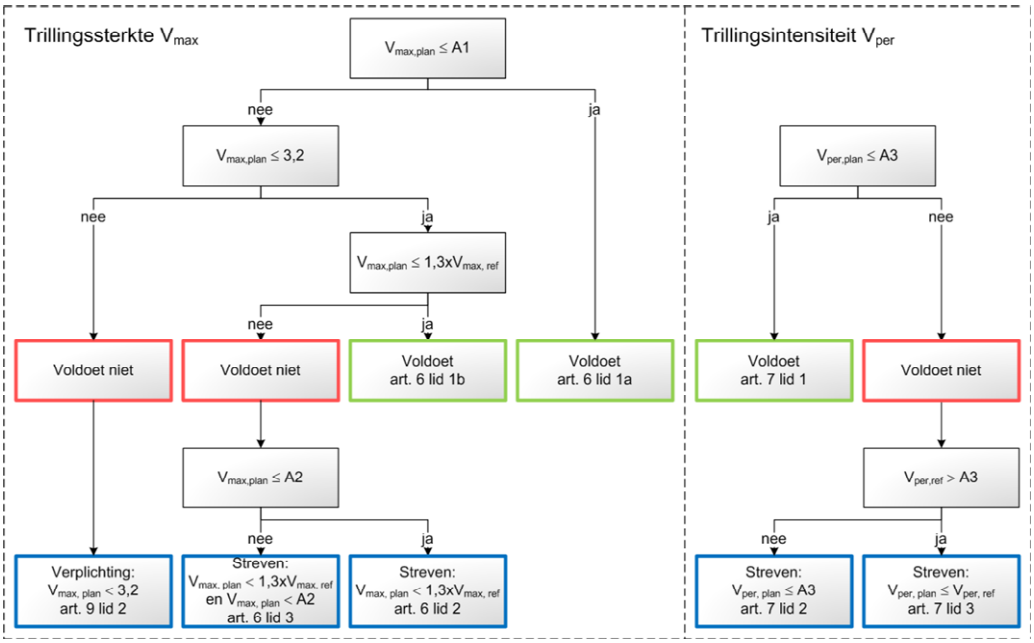
	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

Om te beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts moet het schema in Figuur 1 worden doorlopen. Dit schema geeft aan wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 *en* de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 uit Tabel 1.
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder *en* de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2 *en* de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3.

Een nadere omschrijving van het beoordelingskader is te vinden in Bijlage II.

[1] Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[1], uitgevoerd door Witteveen+Bos, Royal Haskoning DHV en TNO in relatie tot de *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts). Dit bedrag wordt bij ook bij andere Tracébesluiten gebruikt als richtbedrag voor het treffen van maatregelen.
[2] Koopman , A., LA.131001a.M04



Figuur 1: Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts

2.4 Beoordelingskader verstoring van gevoelige apparatuur

Voor trillingsgevoelige apparatuur wordt in de SBR C-richtlijn verwezen naar de specifieke eisen van de apparaten zelf, omdat deze sterk verschillen per type apparaat en fabrikant. Wanneer uit het onderzoek blijkt dat sprake is van verstoring van gevoelige apparatuur, dan worden voor die apparatuur de bijbehorende trillingseisen gehanteerd.

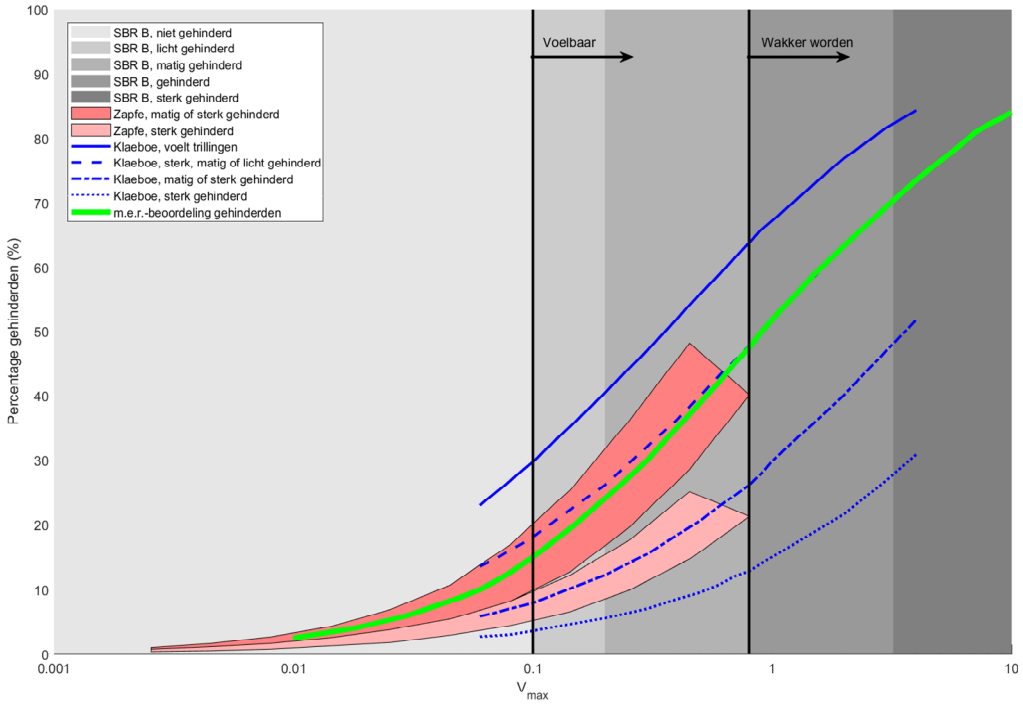
2.5 Gehanteerde beoordelingscriteria in de MER

Tot op heden zijn er geen richtlijnen vastgelegd om de effecten van trillingshinder objectief en systematisch in beeld te brengen ten behoeve van de beoordeling in een m.e.r.-procedure. Wel zijn er richtlijnen om trillingshinder te beoordelen ten behoeve van ruimtelijke besluiten, zoals tracébesluiten en bestemmingsplanprocedures. Deze richtlijnen geven echter geen directe aanwijzingen om de milieueffecten van trillingshinder te beschrijven.
Belangrijk voor een juiste beoordeling van de effecten van trillingshinder is dat de methode aansluit bij de eisen van de m.e.r.-systematiek, aansluit bij de hinderbeleving van omwonenden en voldoende onderscheidend vermogen heeft, zodat het mogelijk is om een juiste variantenkeuze te maken.

Internationaal is een groot aantal onderzoeken uitgevoerd waarin de relatie tussen trillingssterkte en hinderbeleving is vastgesteld door middel van enquêtes en wetenschappelijk onderzoek, zie Tabel 2. Met behulp van deze onderzoeken is door Movares een curve samengesteld die aangeeft bij welke trillingssterkte hoeveel procent van de omwonenden hinder ervaart, zie Figuur 2. Er wordt geen uitspraak gedaan over de mate van hinder (lichte hinder, matige of ernstige hinder), maar alleen over het percentage personen dat hinder ervaart, gegeven de trillingssterkte in die woning.

Tabel 2: Internationale onderzoeken naar hinderbeleving

[1]	Asmussen, Bernd e.a., *Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration,* RIVAS Deliverable D1.4, 12 januari 2011
[2]	Woodcock, James e.a., *Human response to vibration from passenger and freight railway traffic in residential environments,* ICSV19, Vilnius, Lithuania, 8-12 juli 2012
[3]	Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models,* Applied Acoustics, 64, 89-109, 2003
[4]	Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part III: towards a common methodology for socio-vibrational surveys,* Applied Acoustics, 64, 111-120, 2003
[5]	Steinhauser, P. e.a., *Erschutterungsbeurteiling nach ONORM S 9012 im Vergleich zur internationalen Normung, Larmbekampfung,* Bd. 5 Nr. 5, 206-212, 2010
[6]	Zapfe, J.A. e.a., *Groundborn Noise and Vibration in Buildings Caused by Rail Transit, Final report for Transit Cooperative Research Program (TCRP)*, D-12, 2009
[7]	SBR B-richtlijn, *Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijnen,* augustus 2002



Figuur 2: Kans op hinder als functie van de trillingssterkte V_{max} (groene curve)[3]

Op basis van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) en bovenstaand beoordelingskader zijn twee toetsingscriteria gehanteerd ten behoeve van het MER:

1. Toename of afname van het aantal door trillingen gehinderde personen – op basis van de hindercurve uit Figuur 2. Dit is criterium 1.
2. Wijziging maximale trillingsniveau (V_{max}) – meegenomen in de beoordeling van het aantal overschrijdingen van de Bts. Locaties waar sprake is van een voelbare toename van de trillingen (meer dan 30 procent toename) en een trillingssterkte boven de streefwaarde, worden aangemerkt als overschrijding van de Bts.
3. Wijziging gemiddelde trillingsniveau (V_{per}) – meegenomen in de beoordeling van het aantal overschrijdingen van de Bts. Locaties waar sprake is van een overschrijding van de grenswaarde voor V_{per}, worden aangemerkt als overschrijding van de Bts. In de toetsing aan de Bts worden zowel de wijziging van

[3] ATCR is een Amerikaans

het maximale trillingsniveau V_{max} als van het gemiddelde trillingsniveau V_{per} dus meegenomen. Dit is criterium 2.

Criterium 2 (beoordeling op de Bts) wordt alleen voor de varianten uitgevoerd, de referentiesituatie en de huidige situatie kunnen namelijk niet getoetst worden aan de Bts. De gehanteerde beoordelingsschaal voor dit onderzoek is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Beoordelingsschaal trillingshinder in MER-beoordeling

Kwalitatieve score	Betekenis
++	Sterk positief effect
+	Licht positief effect
0	Geen effect
-	Licht negatief effect
--	Sterk negatief effect

Om ook lokale effecten te kunnen aangeven, is het gehele onderzoeksgebied opgedeeld in deelgebieden. Deze opdeling in deelgebieden is zo logisch mogelijk uitgevoerd, op basis van type bebouwing, bodemtype, situering ten opzichte van het spoor en geografische scheidingen (zoals kanalen of grachten). De toekenning van de waardering per criterium wordt uitgevoerd per deelgebied (zie hoofdstuk 4).

Voor het aspect trillingsschade wordt per deelgebied aangegeven of er een kans is op trillingsschade ten gevolge van bouwactiviteiten. Dit is het derde criterium in het MER-onderzoek.

2.6 Gehanteerde beoordelingskaders in het (O)TB

In het kader van het (O)TB zijn de trillingseffecten van het project beoordeeld op het van toepassing zijnde beoordelingskader. Voor trillingsschade is dat de SBR A-richtlijn (2017), voor trillingshinder de Bts en voor verstoring van gevoelige apparatuur de SBR C-richtlijn.

3 Opzet van het onderzoek

3.1 Inleiding

Dit rapport beschrijft zowel het onderzoek zoals dat is uitgevoerd ten behoeve van de MER als ten behoeve van het (O)TB. Hierbij is een aanpak gevolgd volgens onderstaande volgorde:

1. Variantenstudie naar de trillingseffecten per variant ten behoeve van de MER. Hiervoor zijn de volgende aspecten onderzocht, zie ook het voorgaande hoofdstuk:
    a. Aantal gehinderden per variant (o.b.v. de hindercurve uit Figuur 2).
    b. Aantal overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts, per variant.
    c. Aantal panden met kans op trillingsschade (o.b.v. overschrijdingen van de SBR A-richtlijn).
2. Vaststellen van trillingseffecten voor de voorkeursvariant (VKV), die volgt uit een afweging van de varianten. De VKV wordt op dezelfde manier onderzocht als de overige varianten in de MER.
3. Beoordelen van de VKV ten behoeve van het (O)TB op de drie trillingsaspecten:
    a. Schade aan gebouwen (o.b.v. de SBR A-richtlijn).
    b. Hinder aan personen in gebouwen (o.b.v. de Bts).
    c. Verstoring van gevoelige apparatuur (o.b.v. de SBR C-richtlijn).

In het rapport wordt de beoordeling van de VKV steeds als eerste beschreven (bovengenoemde stappen 1 en 2), en daarna de eerder uitgevoerde variantenstudie (3). In de volgende paragrafen wordt beschreven hoe de onderzoeken naar trillingsschade (t.b.v. MER en (O)TB), trillingshinder (t.b.v. MER en (O)TB) en verstoring van gevoelige apparatuur (alleen t.b.v. (O)TB) zijn uitgevoerd. Op basis van de resultaten uit deze onderzoeken is de effectbeoordeling (voor de MER) en de toetsing aan de richtlijn (voor het (O)TB) uitgevoerd.

3.2 Onderzoek naar trillingsschade

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingsschade tijdens de bouwfase is een berekening uitgevoerd met een op de CUR166-richtlijn gebaseerd prognosemodel, aangevuld met praktijkervaringen uit eerdere projecten. Zoals eerder aangegeven is schade door trillingen als gevolg van treinverkeer zeer onwaarschijnlijk gezien de afstand tot het spoor, bodemopbouw, spoorgebruik en type bebouwing. Bij de analyse van de metingen wordt deze aanname geverifieerd.

3.3 Onderzoek naar trillingshinder

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingshinder zijn verschillende stappen doorlopen. De stappen hebben een toenemende nauwkeurigheid, waarbij in elke volgende stap de nauwkeurigheid groter wordt. Op deze manier wordt alleen verder onderzoek gedaan op een locatie wanneer dat nodig is, de zogenaamde zeefmethode. De volgende stappen zijn achtereenvolgens doorlopen:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar een toename van de trillingen – conform de definities van de Bts – kan optreden. Dit wordt gedaan door gebruik te maken van maaiveldmetingen[4] en gebouwgegevens – zoals bouwjaar, afmetingen,

[4] Maaiveldmetingen: bij deze metingen worden de trillingen van de passerende treinen op een vaste referentieafstand van 20 meter gemeten op verschillende locaties langs het tracé.

bouwstijl en bouwhoogte – door middel van een nauwkeurige berekening in Vibra*Dyna*;
2. Stap 2: uitvoeren van trillingsmetingen en maken van nauwkeurige trillingsprognoses voor aandachtslocaties;
3. Stap 3: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

Bovengenoemde stappen worden in de volgende subparagrafen nader toegelicht.

3.3.1 *Stap 1: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose*

Om een goede voorspelling te kunnen maken van de trillingssituatie, is een quickscan gedaan om voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld te brengen. In deze quickscan is op basis van de bodemopbouw in het gebied, de afstand van gebouwen tot het spoor en de veranderingen in het project bepaald waar de kans het grootst is op overschrijdingen van het beoordelingskader (de Bts), door een toename van de trillingssterkte V_{max} of een overschrijding van de grenswaarden van de trillingsintensiteit V_{per}. Op locaties waar een overschrijding van het beoordelingskader niet valt uit te sluiten, is nader onderzoek verricht. Op deze locaties zijn trillingsmetingen uitgevoerd aan treinpassages op maaiveld loodrecht op het spoor, om de bronsterkte van de verschillende passerende treinen te bepalen en om de uitdemping van de trillingen met de afstand tot het spoor vast te stellen.

Deze metingen zijn vervolgens gebruikt in het rekenmodel Vibra*Dyna*[5]. Met dit model kan voor elk gebouw een uitspraak worden gedaan over de kans op het wel of niet overschrijden van de Bts na realisatie van het project. Met Vibra*Dyna* is voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld gebracht op basis van locatiespecifieke metingen. Het model is toegepast op een zone van 500 meter aan weerszijden van de sporen. Op grotere afstand tot het spoor is geen significante toename in trillingshinder te verwachten en zijn de trillingssterktes lager dan de A1-streefwaarde uit de Bts. Trillingen zijn op dergelijke grote afstanden doorgaans niet voelbaar.

Met het model worden voor alle gebouwen in het onderzoeksgebied in de bestaande, referentie- en plansituatie de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Door de rekenresultaten in de verschillende situaties te toetsen aan de Bts, wordt zichtbaar voor welke locaties er een kans is op overschrijden van het beoordelingskader. Voor locaties die op basis van de rekenresultaten niet voldoen aan de Bts is nader onderzoek verricht in de hieronder beschreven stap 2 van het trillingsonderzoek.

3.3.2 *Stap 2: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen*

In de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn alleen die locaties beschouwd waar op basis van de resultaten van stap 1 een toename in trillingshinder waarschijnlijk is. Voor deze stap is gebruik gemaakt van metingen in gebouwen.

Per groep vergelijkbare gebouwen met mogelijke overschrijdingen uit stap 1 is een aantal representatieve woningen (qua ligging, type en bouwstijl) geselecteerd waarin metingen zijn verricht. Vanuit de metingen wordt vervolgens per treinpassage een prognose gemaakt voor de toekomstige trillingssterkte, aan de hand van de

[5] Vibra*Dyna* is een door Movares ontwikkeld rekenmodel, gebaseerd op empirische formules, modelberekeningen en een groot aantal metingen, dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5.

parameters die wijzigen. De invloed van wijzigingen in talud- en baanopbouw worden met behulp van modellen bepaald.

Het resultaat van deze stap is een trillingsprognose die kan worden beschouwd als de meest nauwkeurige prognose die met de thans beschikbare middelen mogelijk is. Indien er na deze stap nog steeds locaties overblijven waar (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is, dan worden er voor deze locaties in stap 3 maatregelen beschouwd.

In het voorliggende onderzoek is de beoordeling van de verschillende criteria voor trillingshinder uitgevoerd op basis van de gedetailleerde stap 2-berekeningen, zie bijlage VI, VIII en IX.

In de fase tussen het onderzoek aan de varianten 7B, 8B en 9 (t.b.v. de MER) en het onderzoek naar de VKV (t.b.v. de MER en het (O)TB) zijn extra metingen en prognoses uitgevoerd om de betrouwbaarheid van het onderzoek te vergroten. Voor een deel van de onderzochte woningen worden daarom alleen de resultaten van de VKV getoond in hoofdstuk 5 en bijlage VI en VIII, voor andere (al ten behoeve van de eerdere varianten onderzochte) woningen worden ook de resultaten voor de varianten 7B, 8B en 9 getoond.

3.3.3 *Stap 3: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten*

Voor elke locatie die op basis van de resultaten uit de voorgaande stap niet voldoet aan het beoordelingskader, zijn maatregelen ontworpen en doorgerekend op effectiviteit en kosten. Bij de afweging van maatregelen wordt aangegeven of bepaalde maatregelen kosteneffectief zijn, en daarmee mogelijk doelmatig.

3.4 Onderzoek naar verstoring van gevoelige apparatuur

Ten behoeve van het onderzoek naar gevoelige apparatuur is een analyse uitgevoerd om vast te stellen of er mogelijk sprake is van verstoring van gevoelige apparatuur. Hiervoor is bepaald of er bedrijven aanwezig zijn die gebruik maken van gevoelige apparatuur in de nabijheid van het spoor.

4 Bestaande situatie, referentiesituaties en varianten

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de Bestaande situatie, de Referentiesituaties en de verschillende varianten van het project PHS Amsterdam Centraal (PHSA).

In het trillingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen drie situaties:

1. De Bestaande situatie conform de Bts, in 2015 (conform NRD het startpunt van de onderzoeken). De bestaande of huidige situatie wordt in de Bts beschreven als de referentiesituatie, maar om in het kader van het m.e.r.-onderzoek geen verwarring te scheppen, wordt de huidige situatie in deze rapportage benoemd als bestaande situatie.
2. De Referentiesituatie, welke bestaat uit de Bestaande situatie plus Autonome ontwikkelingen, in het planjaar 2030. Deze situatie ontstaat als het project niet zou worden gerealiseerd. Binnen dit onderzoek is een referentiesituatie voor de vergelijking van de varianten (2017) en een (geactualiseerde) referentie (2019) voor de vergelijking van de voorkeursvariant (2019) beschouwd.
   Op het moment dat de voorkeursvariant werd ontwikkeld was duidelijk dat de internationale trein HSL-zuid in de toekomst niet langer aankomt in Amsterdam Centraal. Verder was inmiddels een nieuw toekomst scenario voor het goederenvervoer en leeg materieel ontwikkeld en was het derde spoor naar opstelterrein Westhaven inmiddels ruimtelijk geregeld. Met al deze ontwikkelingen is in de referentiesituatie 2019 en de voorkeursvariant rekening gehouden. In de referentiesituatie 2017 en de varianten 7B, 8B en 9 is met deze ontwikkelingen geen rekening gehouden. Daarom wordt de referentiesituatie 2017 vergeleken met de varianten 7B, 8B en 9 en wordt de referentiesituatie 2019 vergeleken met de voorkeursvariant. In beide referentiesituaties is rekening gehouden met dezelfde nieuwbouwplannen.
3. De Plansituatie, de situatie die ontstaat na realisering van het project PHSA in het jaar 2030. Hierbij wordt eerst de Voorkeursvariant (VKV) beschreven, en daarna de ten behoeve van de eerder uitgevoerde variantenstudie onderzochte varianten 7B, 8B en 9. De VKV is de definitieve variant zoals deze ook in het (O)TB wordt beschreven en getoetst.

De verschillende situaties worden hieronder toegelicht op de voor trillingen relevante onderdelen.

4.2 Bestaande situatie

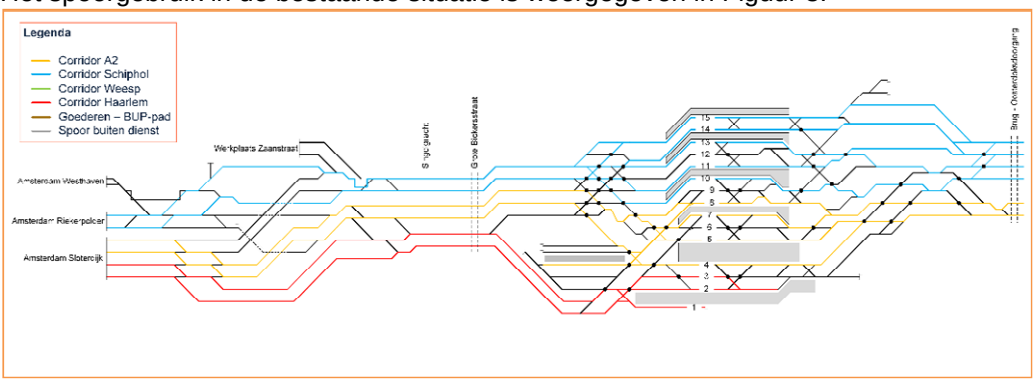
Deze paragraaf bevat een beschrijving van de bestaande situatie. Als bestaande situatie geldt de spoorligging van 2015, vóór aanvang van de werkzaamheden ten behoeve van *PHSA*. De beoordeling van trillingshinder vindt plaats ten opzichte van deze situatie. Alle overige gegevens, zoals spoorgebruik en treinintensiteiten, worden ook genomen uit dit referentiejaar en zijn gebaseerd op de realisatiegegevens van 2015.

Binnen het plangebied bevindt zich het plangebied van het Tracébesluit Transformatorweg (verder TB Transformatorweg), zoals vastgesteld in 2009. Omdat het (niet in gebruik genomen) TB Transformatorweg bij vaststelling van het Tracébesluit PHS Amsterdam Centraal is vervallen, geldt voor het plangebied van het

TB Transformatorweg dezelfde nulsituatie als voor de rest van het onderzoeksgebied. Het TB Transformatorweg heeft daarmee geen invloed op het voorliggende plan.

4.2.1 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik in de bestaande situatie is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Lijnvoeringschema in bestaande situatie

4.2.2 *Snelheden*

Voor de snelheidsprofielen worden de maximale te hanteren snelheden gebruikt, deze zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de aanzet- en remcurves van de diverse treintypes. De in dit onderzoek gehanteerde maximale snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn weergegeven in Figuur 8 (bestaande situatie komt qua snelheden overeen met de referentiesituatie).

4.2.3 *Treinintensiteiten*

De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 6.

4.3 Referentiesituatie

Naast het project PHS Amsterdam Centraal zijn ook andere ontwikkelingen en projecten van invloed op de milieusituatie in de toekomst. De milieueffecten die ontstaan als gevolg van het project PHS Amsterdam Centraal worden daarom beschreven ten opzichte van een referentiesituatie. Dit is de situatie die ontstaat zonder dat project PHS Amsterdam Centraal wordt gerealiseerd, maar met de voorziene autonome ontwikkelingen in het studiegebied.

4.3.1 *Treinintensiteiten*

In vergelijking met de huidige situatie komen er in de referentiesituatie met basisjaar 2017 twee extra intercity's per uur bij tussen Utrecht en Amsterdam Centraal en twee intercity's per uur tussen Amsterdam Centraal en Schiphol.
Het aantal goederentreinen waarmee in de referentiesituatie 2017 is gerekend is gebaseerd op de prognose 'verwerking herijkte goederenprognoses PHS', ProRail, versie 3.0, 28 maart 2014. Het hoogste scenario is gehanteerd (2030H). Voor het leeg materieel dat binnen het studiegebied rijdt, is gebruik gemaakt van de kennis die beschikbaar was in het jaar 2017. De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 6.
Het goederenemplacement Westhaven wordt uitgebreid met een opstelterrein voor reizigerstreinen.

In vergelijking met de huidige situatie komen er in de referentiesituatie 2019 twee extra intercity's per uur bij tussen Utrecht en Amsterdam Centraal en twee intercity's per uur tussen Amsterdam Centraal en Schiphol.
Uitgangspunt voor het aantal goederentreinen is de NMCA 2040 van april 2017, die als bijlage bij de Kamerbrief van 1 mei 2017 over Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse en terugkoppeling OV en Spoortafels was gevoegd. Het hoogste scenario is gehanteerd (NMCA 2040H).

Daarnaast halteert een deel van de internationale treinen (HSL-zuid) in de toekomst niet langer in Amsterdam Centraal. Voor het leeg materieel dat binnen het studiegebied rijdt, is gebruik gemaakt van de kennis die beschikbaar was in het jaar 2019. De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 5.
Het goederenemplacement Westhaven wordt uitgebreid met een opstelterrein voor reizigerstreinen en er wordt rekening gehouden met het vigerende besluit omtrent het derde spoor richting Westhaven dat het emplacement en opstelterrein ontsluit.

4.3.2 *Spoor en kunstwerken*

Het goederenemplacement Westhaven wordt uitgebreid met een opstelterrein voor reizigerstreinen, bovendien wordt de capaciteit van de toegang van dit opstelterrein vergroot en komt er een ongelijkvloerse kruising. Bij Muiderpoort wordt een wisselcomplex vervangen, en bij de Oostertoegang worden de bruggen vervangen omdat deze aan het einde van hun levensduur zijn.

4.3.3 *Bouwplannen*

Op een aantal locaties langs het spoor worden woningen gebouwd of bestaande gebouwen ontwikkeld tot woningen.
De gemeente Amsterdam heeft een lijst met mogelijk relevantie plannen aangeleverd na de publicatie van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau. Van deze projecten is beoordeeld of de plannen concreet zijn en of de toekomstige woningen zodanig dicht bij het spoor liggen dat deze milieueffecten zouden kunnen ondervinden. Voor het bepalen van de kans op milieueffecten zijn alleen de plannen meegenomen die zich binnen het onderzoeksgebied (een zone van 500 meter aan weerszijden van de sporen) bevinden.

Voor een deel van de bouwplannen zijn de bouwvlakken nog niet bekend, zodat de trillingssituatie niet nauwkeurig kan worden bepaald. In dat geval is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de afmetingen van de bebouwing. Op basis daarvan zijn de dynamische eigenschappen van de bebouwing ingeschat.

4.4 Plansituatie

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de plansituatie, de situatie die ontstaat na realisatie van PHSA. In het (O)TB is dit de situatie conform de VKV, in de MER zijn meerdere varianten onderzocht. Zowel de VKV als de in de MER onderzochte varianten worden in deze paragraaf toegelicht.

In de project- of plansituatie zijn de belangrijkste wijzigingen, veranderingen in spoorgebruik, sporenlay-out, rijsnelheid en het verwijderen of verplaatsen van wissels.

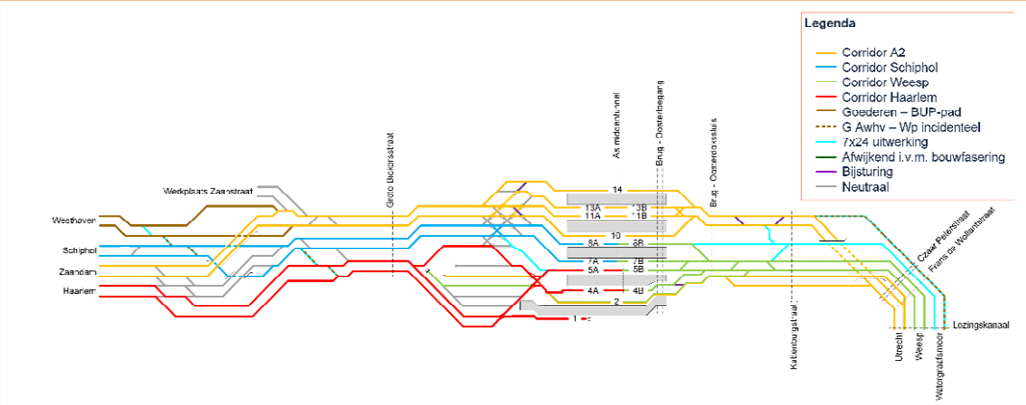
Voor de plansituatie is gebruik gemaakt van de in Tabel 4 weergegeven documenten. De voor het trillingsonderzoek relevante inhoud van deze documenten wordt in de volgende subparagrafen weergegeven.

Tabel 4: Gebruikte documenten voor plansituatie

1.	Schematisch overzicht PHS Amsterdam, Movares, PHSA-7B-BS-00-OZ (v0.4), PHSA-8B-BS-00-OZ (v0.4), PHSA-09-BS-00-OZ (v0.4), 7 juni 2016 voor het spoorgebruik in de variantenstudie
2.	Schematisch overzicht PHS Amsterdam, Movares, PHSA-95-BS-00-OZ (v1.0), 20 november 2018 voor het spoorgebruik in de VKV

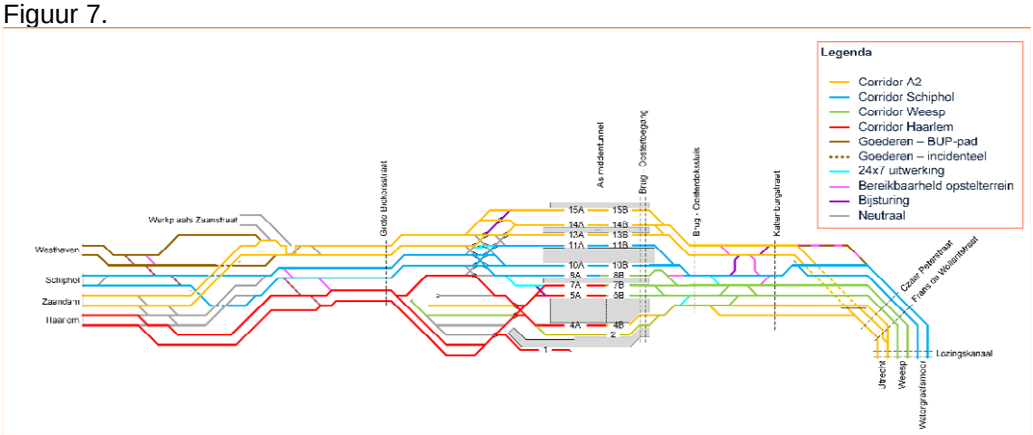
4.4.1 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik in de VKV is weergegeven in Figuur 4.

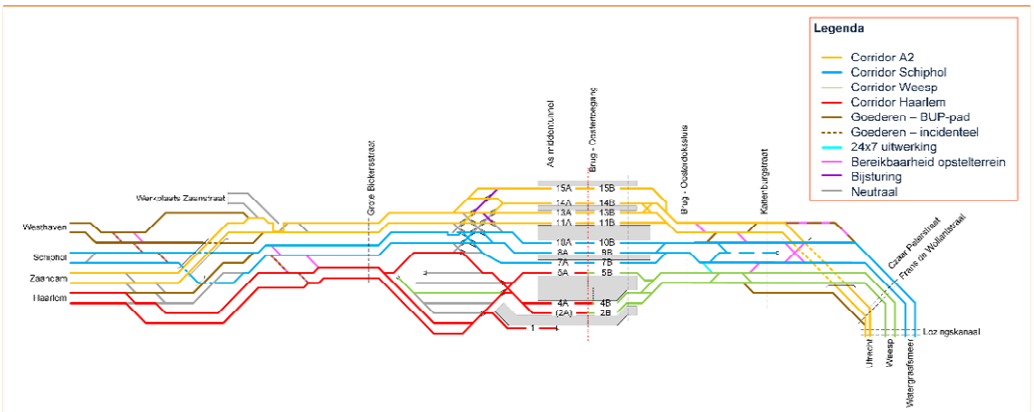


Figuur 4: Lijnvoeringschema VKV

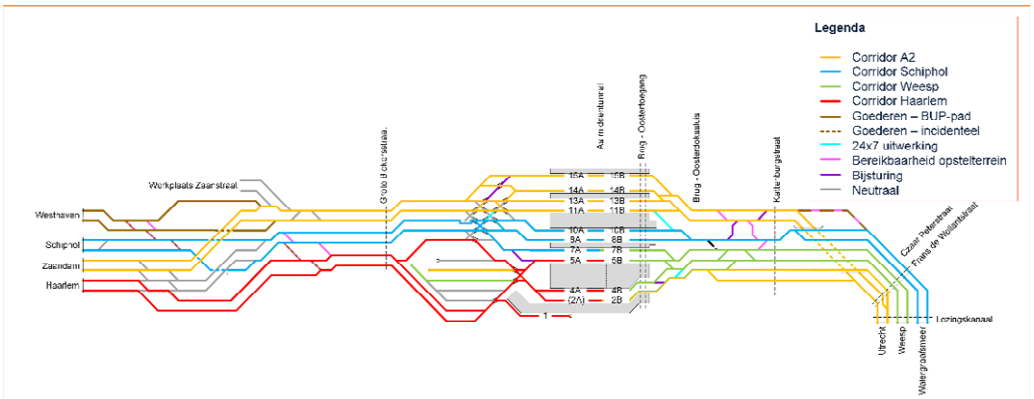
Het spoorgebruik voor de varianten 7B, 8B en 9 is weergegeven in Figuur 5 tot en met Figuur 7.



Figuur 5: Lijnvoeringschema variant 7B



Figuur 6: Lijnvoeringschema variant 8B



Figuur 7: Lijnvoeringschema variant 9

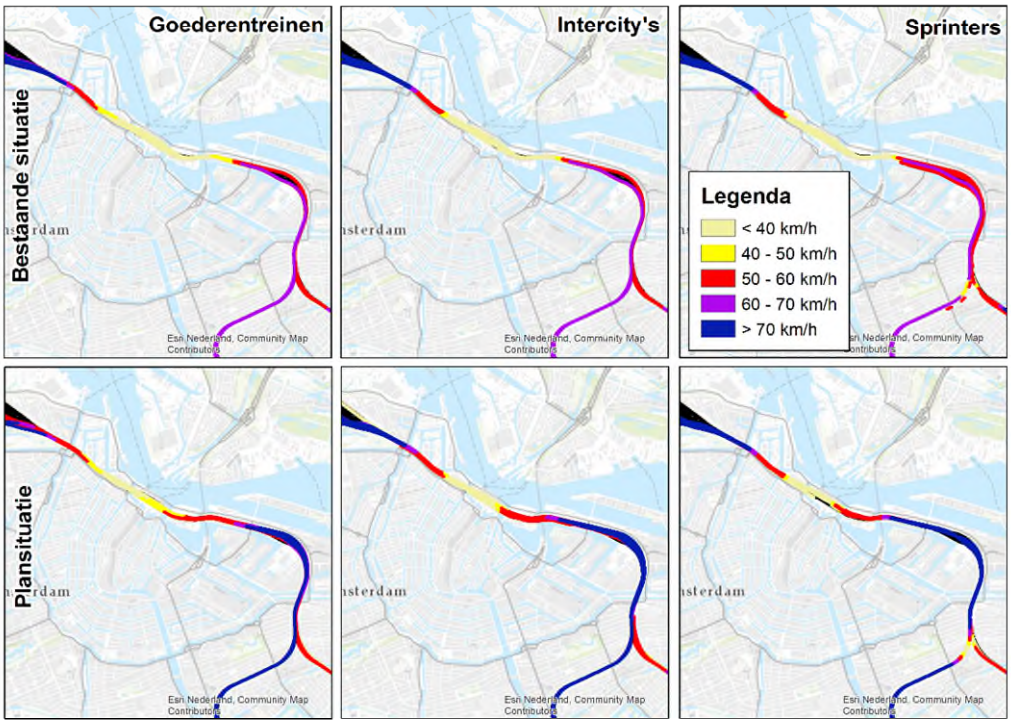
De belangrijkste verschillen tussen de varianten zijn:

1. In variant 7B heeft de A2-corridor (Utrecht-Zaandam) 3 perronsporen op Amsterdam Centraal, bij de andere varianten 4;
2. In variant 7B en 9 is er een verbinding tussen de A2-corridor (Utrecht-Zaandam) en de zuidelijke sporen, waardoor de zware goederentreinen van en naar Haarlem via de zuidzijde van het station rijden, zoals in de bestaande situatie. Bij variant 8B is dat niet mogelijk, en moeten de goederentreinen van en naar Haarlem aan de westzijde van station Amsterdam Centraal de sporenbundel kruisen.

In het variantenonderzoek zijn voor de varianten 7B en 9 ook twee subvarianten beschouwd, waarbij een meegebogen wissel wordt gerealiseerd bij de Dijksgracht. Hierdoor liggen de sporen in deze subvarianten bij de kop van de Dijksgracht gedeeltelijk verder van de bebouwing vandaan.

4.4.2 *Treinsnelheid*

De snelheden van de treinen in de verschillende varianten zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing. De maximale snelheid van goederen- en reizigerstreinen in de referentie (en bestaande) situatie en de VKV is weergegeven in Figuur 8. De snelheden bij de andere varianten zijn vergelijkbaar.



Figuur 8 Maximale snelheden voor reizigers- (rechts) en goederentreinen (links) in de bestaande situatie (boven, ook geldig voor referentiesituaties) en de plansituatie (onder, geldig voor VKV en variantenstudie)

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de bestaande situatie zijn:

- Verhoging van de rijsnelheid van goederentreinen tussen Amsterdam Amstel en de Dijksgracht naar 80 km/h (is nu 60 tot 70 km/h). Door veranderingen in seinplaatsing kunnen de goederentreinen ook langer op hogere snelheid doorrijden richting Amsterdam Centraal, en eerder optrekken vanaf Amsterdam Centraal;
- Ook voor reizigerstreinen gaat de snelheid van en naar Amsterdam Amstel omhoog van 60 tot 70 km/h naar 80 km/h.

4.4.3 *Treinintensiteit*

De aantallen treinen per uur per richting in de bestaande, referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Tabel 5 voor de VKV. In het onderzoek naar de varianten 7B, 8B en 9 is nog gerekend met andere intensiteiten (internationale treinen vanuit Schiphol reden toen nog door naar Amsterdam Centraal, hierdoor zijn de intensiteiten in de variantenstudie aan de noordzijde hoger dan in het onderzoek naar de VKV). De voor de variantenstudie gebruikte treinaantallen zijn weergegeven in Tabel 6. In deze tabellen staat *Best.* voor de bestaande situatie, *Ref.* voor referentiesituatie en *Plan* voor plansituatie. De treinaantallen zijn gemiddeld over het jaar, en gebaseerd op de PHS-prognose voor de plansituatie.

Tabel 5: Treinaantallen per uur per richting voor bestaande situatie, referentiesituatie 2019 en Plansituatie (VKV)

	Dag (7:00 – 19:00)			Avond (19:00 – 23:00)			Nacht (23:00 – 7:00)		
Treintype en verbinding	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan
Goederen Amsterdam - Beverwijk v.v.	0.14	0.22	0.22	0.15	0.24	0.24	0.06	0.15	0.15
Goederen Amsterdam - Houtrakpolder v.v.	0.09	0.23	0.23	0.09	0.25	0.25	0.04	0.15	0.15
Goederen Amsterdam - Utrecht v.v.	0.30	0.66	0.66	0.39	0.72	0.72	0.16	0.45	0.45
Goederen Amsterdam - Weesp v.v.	0.07	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01
Goederen Transformatorweg - Amsterdam v.v.	0.15	0.23	0.23	0.20	0.25	0.25	0.11	0.15	0.15
IC Amsterdam - Alkmaar v.v.	1.33	0.00	1.43	0.25	0.00	0.36	0.00	0.00	0.09
IC Amsterdam - Almere v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
IC Amsterdam - Almere v.v.	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.09
IC Amsterdam - Amersfoort v.v.	1.50	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.37	0.18	0.18
IC Amsterdam - Arnhem v.v.	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
IC Amsterdam - Bad Bentheim v.v.	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
IC Amsterdam - Den Helder v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
IC Amsterdam - Dordrecht v.v.	1.00	1.86	1.86	1.00	2.00	2.00	0.75	0.18	0.18
IC Amsterdam - Eindhoven v.v.	0.00	1.71	1.71	0.00	0.43	0.43	0.25	0.11	0.11
IC Amsterdam - Enkhuizen v.v.	2.00	2.36	2.36	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
IC Amsterdam - Maastricht v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.25	0.18	0.18
IC Amsterdam - Schagen v.v.	0.67	1.86	1.86	0.00	2.00	2.00	0.13	0.18	0.18
IC Amsterdam - Sittard v.v.	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.64	0.64
IC Amsterdam - Vlissingen v.v.	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
ICDirect Amsterdam - Breda v.v.	2.00	2.00	2.00	1.63	2.00	2.00	0.31	0.64	0.64
ICDirect Amsterdam - Brussel v.v.	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00
ICDirect Amsterdam - Rotterdam v.v.	2.00	1.86	1.86	1.63	2.00	2.00	0.31	0.18	0.18
ICE Amsterdam - Frankfurt v.v.	0.50	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.13	0.32	0.32
SPR Amsterdam - Amersfoort v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.88	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Beverwijk v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.69	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Den Haag v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.88	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Den Haag v.v.	1.86	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.18	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Rotterdam v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.63	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Uitgeest v.v.	4.00	3.86	5.29	2.50	4.00	4.36	1.00	0.82	0.91
SPR Amsterdam - Utrecht v.v.	0.92	1.86	1.86	0.00	2.00	2.00	0.38	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Zandvoort v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.69	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Zwolle v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
THALYS Amsterdam - Parijs v.v.	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00

Tabel 6: Treinaantallen per uur per richting voor bestaande situatie, referentiesituatie 2017 en de varianten 7B, 8B en 9

	Dag (7:00 – 19:00)			Avond (19:00 – 23:00)			Nacht (23:00 – 7:00)		
Treintype en verbinding	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan
Goederen Amsterdam - Beverwijk v.v.	0.14	0.35	0.35	0.15	0.38	0.38	0.06	0.24	0.24
Goederen Amsterdam - Houtrakpolder v.v.	0.04	0.09	0.09	0.04	0.10	0.10	0.02	0.06	0.06
Goederen Amsterdam - Schagen v.v.	0.05	0.13	0.13	0.05	0.14	0.14	0.02	0.09	0.09
Goederen Amsterdam - Utrecht v.v.	0.30	0.74	0.74	0.39	0.80	0.80	0.17	0.50	0.50
Goederen Amsterdam - Weesp v.v.	0.08	0.15	0.15	0.03	0.16	0.16	0.05	0.10	0.10
Goederen Transformatorweg - Amsterdam v.v.	0.15	0.32	0.32	0.20	0.35	0.35	0.11	0.22	0.22
IC Amsterdam - Alkmaar v.v.	1.33	0.00	1.43	0.25	0.00	0.36	0.00	0.00	0.09
IC Amsterdam - Almere v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
IC Amsterdam - Almere v.v.	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.09
IC Amsterdam - Amersfoort v.v.	1.50	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.37	0.18	0.18
IC Amsterdam - Arnhem v.v.	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
IC Amsterdam - Bad Bentheim v.v.	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
IC Amsterdam - Den Helder v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	0.64	0.64
IC Amsterdam - Dordrecht v.v.	1.00	1.86	1.86	1.00	2.00	2.00	0.75	0.18	0.18
IC Amsterdam - Eindhoven v.v.	0.00	1.71	1.71	0.00	0.43	0.43	0.25	0.11	0.11
IC Amsterdam - Enkhuizen v.v.	2.00	2.36	2.36	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
IC Amsterdam - Maastricht v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.25	0.18	0.18
IC Amsterdam - Schagen v.v.	0.67	1.86	1.86	0.00	2.00	2.00	0.13	0.18	0.18
IC Amsterdam - Sittard v.v.	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.64	0.64
IC Amsterdam - Vlissingen v.v.	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
ICDirect Amsterdam - Breda v.v.	2.00	2.00	2.00	1.63	2.00	2.00	0.31	0.64	0.64
ICDirect Amsterdam - Brussel v.v.	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.25	0.32	0.32
ICDirect Amsterdam - Rotterdam v.v.	2.00	1.86	1.86	1.63	2.00	2.00	0.31	0.18	0.18
ICE Amsterdam - Frankfurt v.v.	0.50	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.13	0.32	0.32
SPR Amsterdam - Amersfoort v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.88	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Beverwijk v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.69	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Den Haag v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.88	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Den Haag v.v.	1.86	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.18	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Hilversum v.v.	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.09
SPR Amsterdam - Rotterdam v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.63	0.64	0.64
SPR Amsterdam - Uitgeest v.v.	4.00	3.86	5.29	2.50	4.00	4.36	1.00	0.82	0.91
SPR Amsterdam - Utrecht v.v.	0.92	1.86	1.86	0.00	2.00	2.00	0.38	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Zandvoort v.v.	2.00	1.86	1.86	2.00	2.00	2.00	0.69	0.18	0.18
SPR Amsterdam - Zwolle v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.75	0.64	0.64
THALYS Amsterdam - Parijs v.v.	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.13	0.32	0.32

4.4.4 *Wijzigingen in taludopbouw*

Op een aantal locaties wijzigt in de vorm van het talud. Dat gebeurt door:

1. Het realiseren van een vrije kruising (bij de Dijksgracht);
2. Wijziging van de taludhelling in verband met het uitbreiden van de sporen.

Door deze wijzigingen kan de trillingssterkte in omliggende gebouwen wijzigen. De invloed van deze wijzigingen is daarom doorgerekend met behulp van het 3D eindige elementen programma Geovib. Hierbij is een model gemaakt van de grondopbouw en de taludvorm in de verschillende situaties om de invloed van de wijzigingen op de trillingen te bepalen.

5 Effecten en beoordeling

5.1 Inleiding

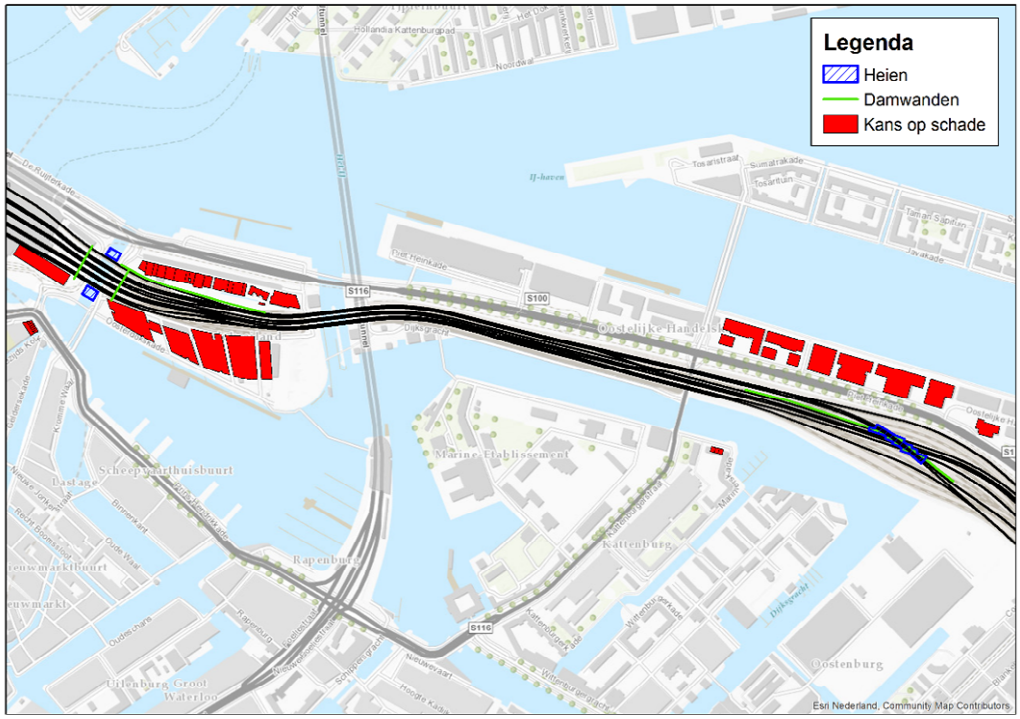
In dit hoofdstuk wordt eerst de beoordeling van de VKV voor het (O)TB weergegeven conform het beoordelingskader in paragraaf 2.6, in paragraaf 5.2. Daarna wordt in paragraaf 5.3 ingegaan op de effecten van de VKV en de varianten ten behoeve van de MER, per toetsingscriterium uit paragraaf 2.5. Alle beschreven effecten zijn zonder maatregelen.

5.2 Beoordeling t.b.v. het (O)TB

In de volgende subparagrafen worden de aspecten trillingsschade, trillingshinder en verstoring van gevoelige apparatuur beschreven ten behoeve van de (O)TB-beoordeling.

5.2.1 *Trillingsschade*

Tijdens de bouwfase van het project is in 44 panden sprake van een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden. De locaties met een kans op trillingsschade in de bouwfase zijn weergegeven in Figuur 9. Schade aan het (monumentale) station Amsterdam Centraal wordt niet verwacht. Ook trillingsschade ten gevolge van treinverkeer wordt op basis van de metingen en berekeningen niet verwacht.



Figuur 9: Locaties met kans op trillingsschade

Trillingsschade is met name mogelijk bij het verwijderen van de damwand bij de (niet in gebruik zijnde) metrotunnel op het Oostereiland, het realiseren van de damwanden bij de vrije kruising Dijksgracht en het realiseren van de damwanden ten behoeve van het viaduct over de Oostertoegang.

In dit onderzoek is relatief conservatief gerekend om de kans op trillingsschade te bepalen. Dit kan leiden tot een overschatting van de afstand waarop de werkzaamheden schade kunnen veroorzaken. Op de locaties waar een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden is, dient daarom na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is, liefst met een gedetailleerder rekenmodel (als er meer informatie beschikbaar is). Indien schade nog steeds niet is uit te sluiten, dan dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen, of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Ten aanzien van de trillingen van treinverkeer blijkt uit de metingen en modelberekeningen (zie ook Bijlage VIII en IX) dat de trillingen in alle gebouwen in het onderzoeksgebied ruim lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. Trillingsschade als gevolg van treinverkeer is daarmee onwaarschijnlijk.

5.2.2 *Trillingshinder*

Voor het onderzoek naar trillingshinder zijn in stap 1 van het onderzoek maaiveldmetingen verricht op 22 locaties (zie Bijlage V), waarna in 48 gebouwen metingen zijn verricht in het kader van stap 2 (zie Bijlage VI en VIII). De resultaten van de metingen en berekeningen per gebouw zijn weergegeven in Tabel 7, zie voor meer detail Bijlage VI en VIII). Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de berekende of gemeten trillingssterkte V_{max} in de referentiesituatie.
- de berekende trillingssterkte V_{max} voor de plansituatie.
- de verhouding Q tussen de trillingssterkte $V_{max,}$ in de plansituatie en de referentiesituatie, eventueel gecorrigeerd voor onzekerheid, zie Bijlage IV.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de referentiesituatie.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie.

Zowel voor V_{max} als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd, als deze overschrijdingen het gevolg zijn van een hoge onzekerheid, dan zijn deze geel gearceerd.

Tabel 7: Resultaten metingen en predicties in gebouwen

		Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
Meetlocatie	**Bestemming**	**ref**	**plan**	**Q**	**ref**	**plan**
Verl. van Marwijk Kooystraat 30	Hotel	0.35	0.35	1.00	0.02	0.03
Julianaplein 6	Wonen	0.08	0.09	1.10	0.00	0.00
Schollenbrugstraat 30 - 2	Wonen	0.21	0.24	1.14	0.01	0.02
Overamstelstraat 103	Wonen	0.09	0.10	1.13	0.00	0.00
Schollenbrugpad 32	Wonen	0.16	0.18	1.14	0.01	0.01
Tugelaweg 150	Wonen	0.29	0.33	1.15	0.02	0.03
Tugelaweg 133D	Wonen	0.32	0.36	1.12	0.02	0.03
Tugelaweg 118C	Wonen	0.61	0.68	1.12	0.04	0.06
Tugelaweg 84B	Wonen	0.28	0.32	1.14	0.01	0.02
Archimedesweg 9	Wonen	0.43	0.43	1.37	0.01	0.01
Archimedesweg 7	Wonen	0.45	0.45	0.99	0.04	0.04
Tweede Atjehstraat 8k	Wonen	0.24	0.27	1.13	0.02	0.03
Pontanusstraat 258	Wonen	0.26	0.29	1.14	0.01	0.02

Meetlocatie	Bestemming	Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
		ref	plan	Q	ref	plan
Pontanusstraat 247-1	Wonen	0.27	0.31	1.16	0.01	0.02
Celebesstraat 57B	Wonen	0.06	0.06	1.11	0.00	0.00
Eerste van Swindenstraat 571	Wonen	0.38	0.44	1.16	0.03	0.04
Pontanusstraat 188	Wonen	0.37	0.44	1.49	0.01	0.02
Celebesstraat 36-3	Wonen	0.41	0.54	1.35	0.03	0.03
Celebesstraat 26E	Wonen	0.19	0.22	1.16	0.01	0.02
Celebesstraat 4	Wonen	0.25	0.29	1.19	0.01	0.02
Cruquiskade 303	Wonen	0.33	0.46	1.26	0.02	0.03
Funenpark 1G	Kantoor	0.17	0.19	1.17	0.02	0.03
Frans de Wollantstraat 72	Kantoor	0.14	0.18	1.22	0.01	0.01
Czaar Peterstraat 196	Wonen	0.31	0.37	1.20	0.04	0.06
Czaar Peterstraat 275	Wonen	0.14	0.17	1.23	0.01	0.01
Veembroederhof 340	Wonen	0.05	0.15	2.59	0.00	0.00
Veembroederhof 82	Wonen	0.09	0.15	1.66	0.00	0.01
Piet Heinkade 157	Wonen	0.09	0.13	1.37	0.00	0.00
Piet Heinkade 133-135	Kantoor	0.14	0.16	1.12	0.04	0.03
Dijksgracht 6	Kantoor	0.51	0.59	1.15	0.09	0.13
Dijksgracht 5	Wonen	0.93	1.21	1.30	0.06	0.10
De Ruijterkade 149	Wonen	0.42	0.41	1.00	0.05	0.08
Harry Banninkstraat 122	Wonen	0.09	0.08	0.90	0.00	0.00
De Ruijterkade 105	Wonen	0.24	0.25	1.06	0.02	0.03
Stationsplein 49	Hotel	0.30	0.28	1.01	0.03	0.02
Haarlemmer Houttuinen 1F	Wonen	0.46	0.38	0.83	0.03	0.03
Nieuwe Westerdokstraat 56	Wonen	0.50	0.41	0.81	0.08	0.07
De Ruijterkade 4	Kantoor	0.13	0.13	0.98	0.00	0.00
Nieuwe Teertuinen 24-3	Wonen	0.45	0.49	1.26	0.02	0.03
Nieuwe Teertuinen 25C	Kantoor	0.37	0.34	0.90	0.07	0.07
Planciusstraat 77	Wonen	0.66	0.63	0.95	0.11	0.11
Schiemanstraat 1	Wonen	0.56	0.59	1.05	0.06	0.07
Houtmankade 332	Kantoor	0.57	0.54	0.95	0.09	0.10
Houtmankade 336	Kantoor	0.20	0.20	1.14	0.01	0.01
Spaarndammerstraat 12D	Wonen	0.29	0.28	0.99	0.04	0.05
Zaanstraat 26	Wonen	0.35	0.33	0.95	0.07	0.07
Spaarndammerdijk 579	Wonen	0.14	0.14	1.01	0.00	0.01
Dijksgracht 21	Wonen	0.25	0.26	1.04	0.01	0.02

In drie woningen kan een overschrijding van de streefwaarden niet worden uitgesloten doordat er één of enkele treinen met een afwijkende trillingssterkte zijn gepasseerd (geel gearceerde gebouwen). De maximaal optredende trillingen in deze panden nemen echter niet (zoals bij Archimedesweg) of vrijwel niet (Pontanusstraat 188 en Celebesstraat 36-3, toename is minder dan 10 procent) toe. Door een hoge *R*-waarde (onzekerheidsfactor, een indicatie hoe groot de kans is op eenzelfde trillingssterkte als er nogmaals wordt gemeten, zie Bijlage IV) zijn overschrijdingen hier theoretisch bezien niet uit te sluiten. Omdat er op deze locaties geen significante wijzigingen in spoorligging, spoorgebruik en rijsnelheid plaatsvinden, is er geen sprake van een significante toename van de trillingen: de trillingssterkte neemt met minder dan 30 procent toe, maar door een hoge R-waarde is een overschrijding rekenkundig niet uit

te sluiten. De kans op een overschrijding is hier dus enkel rekenkundig. Om deze reden is voor deze locaties geen maatregelafweging uitgevoerd.
Alle andere locaties voldoen aan het beoordelingskader voor trillingshinder. Op locaties waar Q groter is dan 1.3, is V_{max} kleiner dan A1, de onderste streefwaarde, en wordt dus voldaan aan het beoordelingskader, zie Bijlage II. Op basis van bovenstaande afwegingen is een maatregelafweging niet nodig.

5.2.3 *Verstoring van trillingsgevoelige apparatuur*

Op basis van gegevens van de Kamer van Koophandel zijn alle bedrijven in een zone van 200 meter rond het spoor in het onderzoeksgebied geanalyseerd. Uit deze analyse blijkt dat in de volgende gebouwen mogelijk gevoelige apparatuur is gehuisvest:

- Acibadem, Arlandaweg 100. Dit betreft een medical center vlakbij station Sloterdijk.
- HVA, Weesperzijde 190. Dit betreft een locatie van de Hogeschool van Amsterdam.

Voor beide gebouwen geldt dat zij buiten de zone vallen waar sprake is van een toename van de trillingen als gevolg van het project. Daarom zal er geen toename zijn van de kans op verstoring van gevoelige apparatuur, en zijn maatregelen niet nodig.

5.3 Effecten in het MER

In de volgende paragrafen worden de drie beoordelingscriteria uit het MER beschreven. Hier wordt achtereenvolgens ingegaan op de de VKV en op de resultaten uit de eerder uitgevoerde variantenstudie.

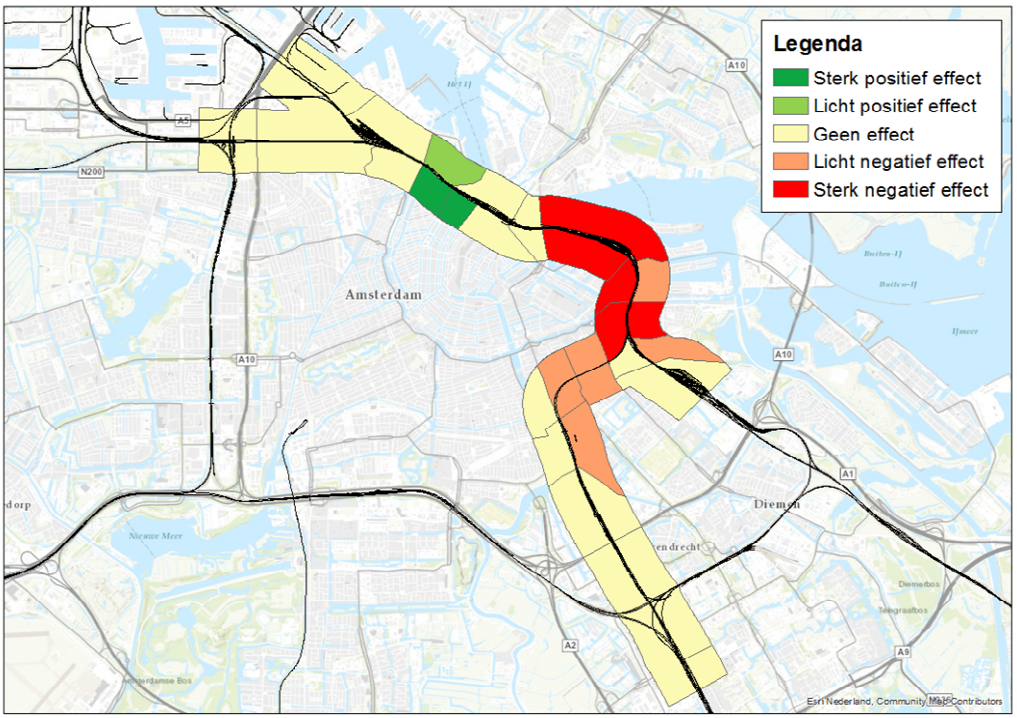
5.3.1 *Aantal gehinderden*

Het aantal gehinderden in de referentiesituatie en de VKV is weergegeven in Tabel 8. Het aantal gehinderden neemt in de VKV toe ten opzichte van de referentiesituatie 2019 door een toename van het aantal treinen en de hogere rijsnelheid ten zuiden van station Amsterdam Centraal.

Tabel 8: Aantal gehinderden in het onderzoeksgebied voor de VKV, criterium 1

Criterium	Aantal in onderzoeksgebied		
	Bestaande situatie	Referentiesituatie 2019	VKV
Criterium 1 – Aantal gehinderden	11.539	12.828	13.672

In grote delen van het onderzoeksgebied verandert niets, in enkele deelgebieden verandert het aantal gehinderden, zie Figuur 10. Het aantal gehinderden neemt met name bij de Dijksgracht toe, daar is de toename in rijsnelheid ook het grootst, dit leidt lokaal tot sterk negatieve effecten. De positieve effecten ten noorden van station Amsterdam Centraal komen vooral door het wegvallen van de internationale treinen en een andere routering van de treinen.

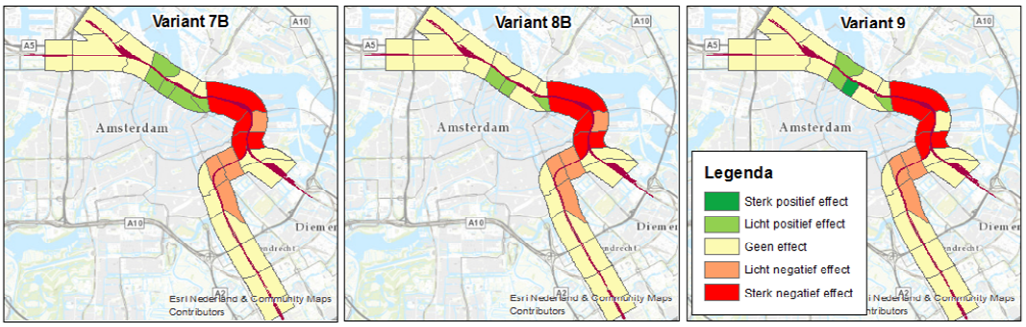


Figuur 10: Toe- en afname in aantal gehinderden per deelgebied, t.o.v. referentiesituatie

Het aantal gehinderden uit de variantenstudie zoals onderzocht in 2017 is weergegeven in Tabel 9. In enkele deelgebieden is sprake van een verandering van het aantal gehinderden, zie Figuur 11.
De VKV heeft minder gehinderden dan de meeste varianten (uitgezonderd variant 7B sub), doordat bij de VKV geen sprake is van het dichterbij komen van de sporen bij de kop van de Dijksgracht. Ook het wegvallen van de internationale treinen en de aangepaste routering aan de noordzijde leidt in de VKV tot relatief minder gehinderden dan in de variantenstudie.

Tabel 9: Aantal gehinderden in het onderzoeksgebied per variant, criterium 1

Criterium	Aantal in onderzoeksgebied						
	Bestaande situatie	Referentie -situatie 2017	Variant 7B	Variant 7B sub	Variant 8B	Variant 9	Variant 9 sub
Criterium 1 – Aantal gehinderden	11.539	12.824	13.717	13.669	13.870	13.781	13.733



Figuur 11: Toe- en afname in aantal gehinderden per deelgebied, t.o.v. referentiesituatie

Ten opzichte van de referentiesituatie 2017 leiden alle onderzochte varianten tot een toename van het aantal gehinderden, met name door een hogere rijsnelheid van de treinen aan de zuidzijde van Amsterdam Centraal en een toename van het aantal treinen. Ten noorden van het station zijn lokaal verbeteringen zichtbaar door een andere routering van de treinen.

Er zijn slechts beperkte verschillen tussen de varianten. Variant 7B sub leidt tot het minste aantal gehinderden. Variant 8B leidt tot de meeste gehinderden (zie Tabel 9), met name doordat de routering van goederentreinen in deze variant wat ongunstiger is dan in de overige varianten.

Verder is een toename van het aantal gehinderden zichtbaar tussen de huidige situatie en referentiesituatie 2017, dit komt door de realisatie van een aantal nieuwbouwplannen rondom het spoor en door een toename van het aantal treinen. Er zijn vrijwel geen verschillen tussen de referentiesituatie 2017 en 2019.

5.3.2 *Toename aantal overschrijdingen van de Bts*

De Bts kent geen toetsing van een bestaande situatie of een referentiesituatie. Daarom is alleen de VKV getoetst aan de Bts. Zoals in paragraaf 5.2.2 beschreven, zijn er geen overschrijdingen van de Bts in de VKV, zie ook het overzicht in Tabel 10.

Tabel 10: Aantal adressen in het onderzoeksgebied voor de VKV, criterium 2

	Aantal in onderzoeksgebied
Criterium	VKV
Criterium 2 – Aantal overschrijdingen Bts	0

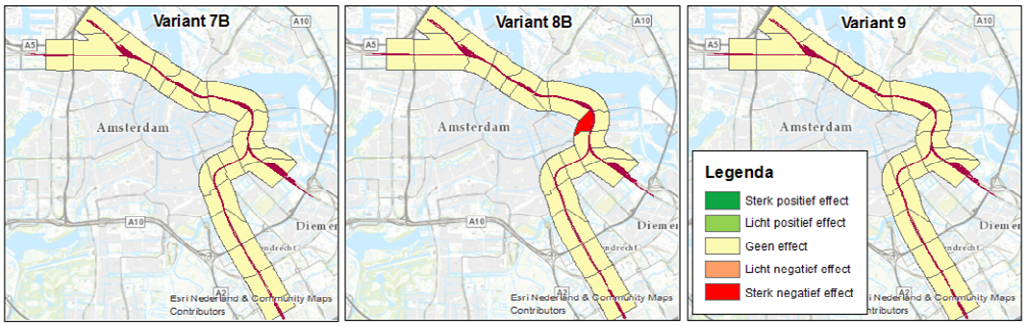
In de variantenstudie was nog wel sprake van mogelijke overschrijdingen, zie Tabel 11. De VKV scoort beter dan de varianten doordat er geen sprake is van het dichterbij komen van de sporen bij de kop van de Dijksgracht (dat is wel het geval bij de varianten 7B, 8B en 9, maar niet bij de subvarianten die vergelijkbaar scoren als de VKV) en doordat de spoorligging bij het viaduct Franz de Wollantstraat minder verandert.

Tabel 11: Aantal adressen in het onderzoeksgebied per variant, criterium 2

	Aantal in onderzoeksgebied				
Criterium	Variant 7B	Variant 7B sub	Variant 8B	Variant 9	Variant 9 sub
Criterium 2 – Aantal overschrijdingen Bts	275	5	350	248	4

De overschrijdingen treden op tussen de Dijksgracht en het Lozingskanaal, zie Figuur 12. Deze overschrijdingen worden veroorzaakt door een toename van de rijsnelheid van de treinen en door het dichterbij komen van de sporen. In variant 8B zijn de meeste overschrijdingen, omdat daar de goederentreinen vanuit de richting Haarlem/Beverwijk (die samen met de kolentreinen uit de Westhaven voor de hoogste trillingen zorgen) ook harder gaan rijden. In de varianten 7B en 9 gaan deze treinen nauwelijks harder rijden, waardoor het aantal overschrijdingen daar lager is. In de varianten met meegebogen wissel (subvarianten) is het aantal overschrijdingen aanzienlijk lager, doordat de treinen hier niet dichterbij komen te rijden. Bij alle

overschrijdingen gaat het om een voelbare toename van V_{max} (de toename Q is dan groter dan 1.3), er zijn geen overschrijdingen van de grenswaarde voor V_{per}.



Figuur 12: Toe- en afname in aantal overschrijdingen per deelgebied, t.o.v. referentiesituatie

5.3.3 *Kans op trillingsschade*

Zoals in paragraaf 5.2.1 beschreven, is er in 44 panden een kans op trillingsschade tijdens de bouwfase van het project in de VKV. Het aantal panden met een kans op schade in de bestaande situatie, de referentiesituatie 2019 en de VKV is weergegeven in Tabel 12. De overschrijdingen in de referentiesituatie 2019 zijn het gevolg van het vervangen van de bruggen bij de Oostertoegang.

Tabel 12: Aantal panden in het onderzoeksgebied voor de VKV, criterium 3

Criterium	Aantal in onderzoeksgebied		
	Bestaande situatie	Referentiesituatie 2019	VKV
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	22	44

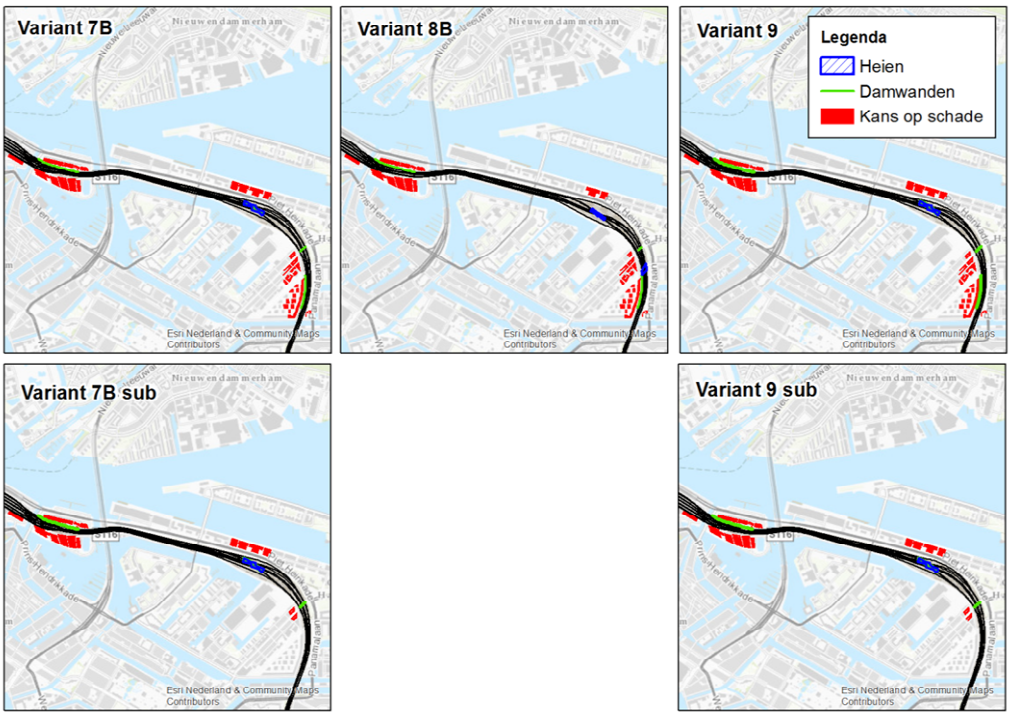
In de variantenstudie is het aantal panden met een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13: Aantal panden in het onderzoeksgebied per variant, criterium 3

Criterium	Aantal in onderzoeksgebied						
	Bestaande situatie	Referentie-situatie 2017	Variant 7B	Variant 7B sub	Variant 8B	Variant 9	Variant 9 sub
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	22	112	43	103	112	43

De locaties met een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden zijn weergegeven in Figuur 13. Trillingsschade is met name waarschijnlijk bij het verwijderen van de damwand bij de (niet in gebruik zijnde) metrotunnel op het Oostereiland, het realiseren van de damwanden bij de vrije kruising Dijksgracht, het viaduct Czaar Peterstraat en de Keerwal (niet bij de subvarianten met meegebogen wissel) en bij het westelijke deel van de fundering van het viaduct Frans de Wollantstraat (alleen bij variant 8B).

Er zijn zeer beperkte verschillen tussen de varianten door kleine verschillen in de ligging van de vrije kruising Dijksgracht. De varianten met meegebogen wissel hebben een aanzienlijk kleiner aantal panden met een kans op trillingsschade, omdat in deze varianten geen damwand bij de Keerwal nodig is.



Figuur 13: Locaties met kans op trillingsschade

5.3.4 *Overzicht van de effecten*

Door de toename van de rijsnelheid en het grotere aantal treinen ten zuiden van station Amsterdam Centraal, nemen de trillingen in de daar gelegen panden toe. In alle panden wordt voldaan aan het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts.
Wel geldt dat tijdens de bouw at in een aantal panden trillingsschade niet is uit te sluiten zonder aanvullende maatregelen. Het betreft voornamelijk gebouwen in de nabijheid van de vrije kruising (heien en intrillen damwanden) en op het Oostereiland (heien, intrillen en verwijderen damwanden).

Uit de eerder uitgevoerde variantenstudie volgt dat alleen in variant 8B en alleen bij de Keerwal (bocht tussen Dijksgracht en Lozingskanaal) sterk negatieve effecten optreden. Dit komt door een combinatie van het dichterbij komen van de sporen in combinatie met een wijziging in spoorgebruik en een hogere rijsnelheid van met name de goederentreinen. Er zijn geen significante verschillen tussen de varianten 7B en 9. De subvarianten 7B en 9 (met meegebogen wissel) leiden met name tot een kleiner aantal gevallen met kans op schade als gevolg van trillingen in de aanlegfase.

6 Conclusies

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van het onderzoek. Hierbij wordt eerst ingegaan op de toetsing aan de richtlijn ten behoeve van het (O)TB en benodigde mitigerende maatregelen, daarna wordt een samenvatting gegeven van de effectbeoordeling van de VKV en de varianten ten behoeve van de MER.

6.2 (O)TB – toetsing en maatregelen

6.2.1 *Toetsing aan richtlijnen*

In het onderzoek voor het (O)TB zijn drie beoordelingskaders van belang: de SBR A-richtlijn voor trillingsschade, de Bts voor trillingshinder en de SBR C-richtlijn voor verstoring van gevoelige apparatuur. Voor trillingsschade geldt dat in 44 panden een overschrijding van het beoordelingskader tijdens de bouwfase niet is uit te sluiten. Voor trillingshinder en verstoring van gevoelige apparatuur zijn er geen overschrijdingen van het beoordelingskader en is een maatregelafweging niet nodig.

6.2.2 *Mitigerende maatregelen*

Op de locaties waar een kans op trillingsschade is tijdens de bouwfase, dient in de vervolgonderzoeken na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is. Indien dat het geval is, dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen, of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Met de voorgestelde maatregelen tegen trillingsschade zijn er geen overschrijdingen van de beoordelingskaders voor trillingsschade, trillingshinder en verstoring van gevoelige apparatuur. Wel is er nog sprake van een lichte toename van het aantal gehinderden, dit komt met name door de toename van het aantal treinen en de toename van de rijsnelheid ten zuiden van station Amsterdam Centraal. Hierdoor nemen de trillingen van de treinen beperkt toe.

In de berekeningen en afweging is voor de nog niet gerealiseerde panden uitgegaan van een ‘goede bouwwijze’, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat de panden nabij het spoor liggen. Dit betekent dat in de constructie van met name de vloeren eigenfrequenties dienen te worden vermeden die samenvallen met de dominante eigenfrequenties van het treinverkeer, zoals opgenomen in de bijlagen van dit onderzoek. Niet gerealiseerde panden waarvan de constructiewijze bekend is, zijn op vergelijkbare manier als reeds gerealiseerde panden meegenomen in het onderzoek.

6.2.3 *Cumulatieve effecten*

De cumulatie van de trillingen van treinverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer de verschillende trillingsbronnen afzonderlijk worden bekeken. In het onderzoeksgebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer,

zoals bussen en vrachtverkeer, en met tram- en metroverkeer. In de praktijk treedt cumulatie op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes. Dit betekent doorgaans dat de afstand tot beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn, maar ook dat het type trillingsbron vergelijkbaar moet zijn. De trillingsspectra van bussen en vrachtwagens hebben andere karakteristieken dan treinen, zodat er gewoonlijk geen sprake zal zijn van significante versterking van de trillingen bij gelijktijdige passage. Dit geldt, zij het in mindere mate, ook voor trams en metrovoertuigen. De trillingen van trams en metrovoertuigen treden op bij hogere trillingsfrequenties, en dempen sneller uit met de afstand.
2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een treinpassage ook een ander voertuig langskomt wat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke vervoerslijnen. Cumulatie van treinverkeer (meerdere treinpassages tegelijkertijd) is in de metingen onderzocht (zie Bijlage VIII). Ook op dit moment is er al veelvuldig sprake van gelijktijdige passages, door de toename van het treinverkeer zal dit vaker optreden. Gelijktijdige passage van treinen leidt vaak tot iets hogere trillingen. Deze toename van de cumulatie is meegenomen in de predictie van de trillingen en daarmee ook in de beoordeling van de trillingen in de gebouwen.

In het onderzoeksgebied is naar verwachting geen sprake van significante cumulatie van trillingen, doordat de verschillen in afstand of trillingsbron tussen het treinverkeer en overig verkeer groot zijn. Er is een kleine kans op cumulatie van de trillingen van treinverkeer met wegverkeer tussen de Korte Prinsengracht en station Amsterdam Centraal (alleen aan de westzijde van het spoor), en met tram- en wegverkeer bij de Piet Heinkade. Voor de cumulatie met wegverkeer geldt dat er sterke verschillen zijn tussen de trillingsbronnen, waardoor cumulatie niet waarschijnlijk is. Bij de Piet Heinkade is de afstand tussen de IJ-tram en de gebouwen dermate groot dat de trillingen van de trams niet voor voelbare trillingen zullen zorgen, cumulatie zal hier dus niet optreden. Voor beide locaties geldt dat het optreden van cumulatie is onderzocht met metingen in de gebouwen (zie Bijlage VIII). Uit de metingen volgt dat er geen sprake is van cumulatie.

6.3 MER – vergelijking van de varianten

Op basis van de aantallen per toetsingscriterium is in Tabel 14 een waardering toegekend ten behoeve van de variantenvergelijking. Hier is ook de VKV weergegeven. Deze waardering is gebaseerd op paragraaf 2.5, de waarderingen zijn ten opzichte van de referentiesituatie (2017 voor de variantenstudie, 2019 voor de VKV) en zijn exclusief maatregelen.

Tabel 14: Vergelijking van de VKV en de varianten op de toetsingscriteria

	Referentie-situatie	VKV	Variant 7B	Variant 7B sub	Variant 8B	Variant 9	Variant 9 sub
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	-	-	-	-	-	-
Criterium 2 – Toename overschrijdingen	n.v.t.	0	-	0	-	-	0
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	-	--	-	--	--	-

In zowel de VKV als de varianten is er een toename van de hinder zichtbaar (criterium 1) door de toename van het aantal treinen, wijzigingen in de sporenlay-out (ligging van sporen en wissels), wijzigingen in de rijsnelheid van de treinen en bijbehorende wijzigingen in de routering van de treinen. Rond het station neemt de hinder af, door

het verwijderen van een groot aantal wissels. Aan de zuidzijde van het station neemt de hinder toe, met name door de hogere rijsnelheid van de goederentreinen. In de variantenstudie zijn er kleine verschillen tussen de varianten op criterium 1, maar deze zijn dermate beperkt dat de varianten niet onderscheidend zijn.

De varianten zijn wel onderscheidend op de beide andere criteria (overschrijdingen van de Bts en kans op trillingsschade). De hoofdvarianten scoren slechter dan de VKV en de subvarianten met meegebogen wissel, en variant 8B scoort slechter dan de varianten 7B en 9 (niet zichtbaar in deze beoordeling), met name door de hogere rijsnelheid van de goederentreinen vanuit Haarlem/Beverwijk in deze variant. De VKV scoort, samen met de subvarianten 7B sub en 9 sub, gunstiger dan de hoofdvarianten uit de variantenstudie, doordat de sporen bij de kop van de Dijksgracht niet dichter bij de bebouwing komen te liggen. Hierdoor neemt de kans op trillingsschade (criterium 3) ook af, er is namelijk geen extra grondkerende constructie nodig bij de kop van de Dijksgracht in de subvarianten en de VKV.

6.4 Conclusie

Uit het onderzoek volgt dat er geen overschrijdingen zijn van het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts, en ook niet voor het beoordelingskader voor verstoring van trillingsgevoelige apparatuur.

Wel zijn tijdens de bouwfase overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingsschade niet uit te sluiten. Voor een aantal bouwwerkzaamheden (heien van palen, intrillen en uittrillen van damwanden) wordt nader onderzoek geadviseerd zodra de bouwmethode duidelijk is. Indien uit dit nader onderzoek nog overschrijdingen volgen, adviseren wij om trillingsarme bouwmethodes te hanteren. Met deze maatregelen is de impact van het project op trillingen grotendeels te mitigeren, wel blijft het project leiden tot een lichte toename van het aantal gehinderden. De VKV scoort daarbij wel beter dan de in de variantenstudie onderzochte varianten. De lichte toename van het aantal gehinderden komt door de toename van het aantal treinen en een toename van de rijsnelheid ten zuiden van station Amsterdam Centraal.

Colofon

Opdrachtgever ProRail B.V.

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur:Waterbouw, Geotechniek en Dynamica

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 265 55 55

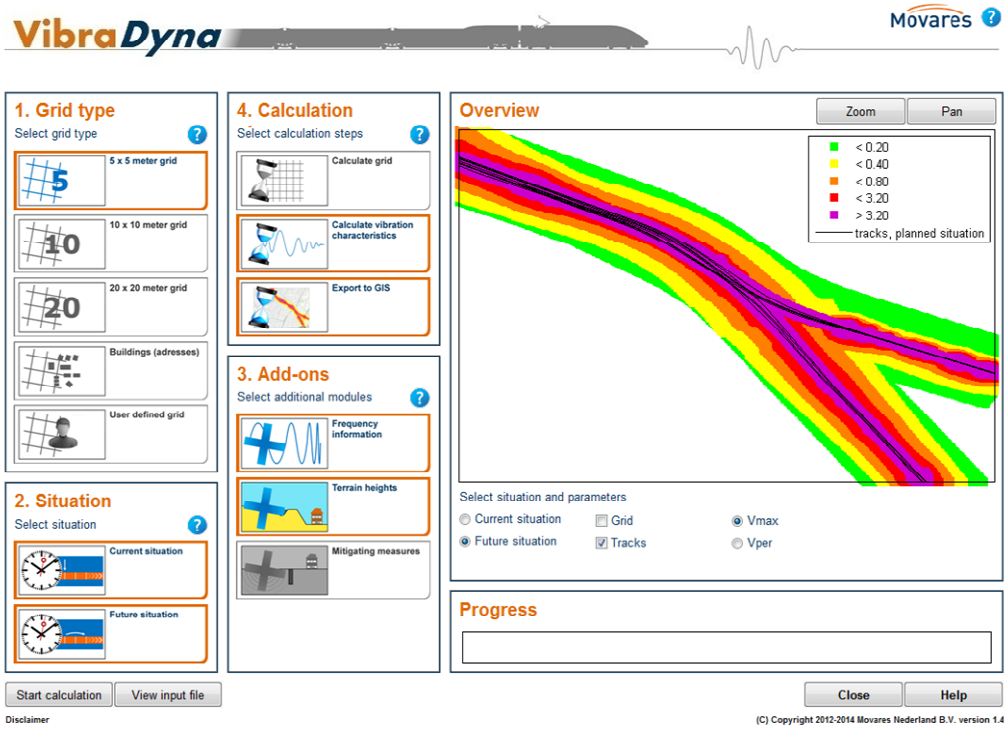
Ondertekenaar Poel, J van der

Projectnummer RA002404

Opgesteld door Boon, PM

Bijlage I - VibraDyna

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Vibra*Dyna*, een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat met behulp van een database en door de gebruiker geselecteerde specifieke gegevens de trillingssituatie berekend ten gevolge van rail- of wegverkeer, zie Figuur 14.



Figuur 14: VibraDyna

In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van een nauwkeurige, frequentieafhankelijke berekening op basis van metingen. Vibra*Dyna* kent ook de mogelijkheid om een snelle, globale berekening uit te voeren met een lagere nauwkeurigheid. Deze berekening kan dan gebruikt worden om te bepalen waar metingen ten behoeve van een nauwkeuriger model noodzakelijk zijn. Dit globale model is in het voorliggende onderzoek niet gebruikt, de meetlocaties voor de maaiveldmetingen zijn bepaald op basis van (variaties in) de bodemopbouw en veranderingen in het project. Beide types modellen worden hieronder nader toegelicht.

I.1 Globale berekening op basis van expert judgment

De berekeningen in Vibra*Dyna* kunnen aanzienlijk worden versneld en versimpeld door alleen gebruik te maken van de database van het model. Deze database bevat gegevens over de grondopbouw, trillingssterktes, invloed van wissels en kunstwerken en diverse andere aspecten, en is opgebouwd op basis van jarenlange ervaring met metingen langs spoorlijnen en wegen. De aannames in dit model zijn worst-case (conservatief).

I.1.1 In- en uitvoer

Gebruikers kunnen de volgende parameters variëren:

1. Afstand tussen gebouw en spoor

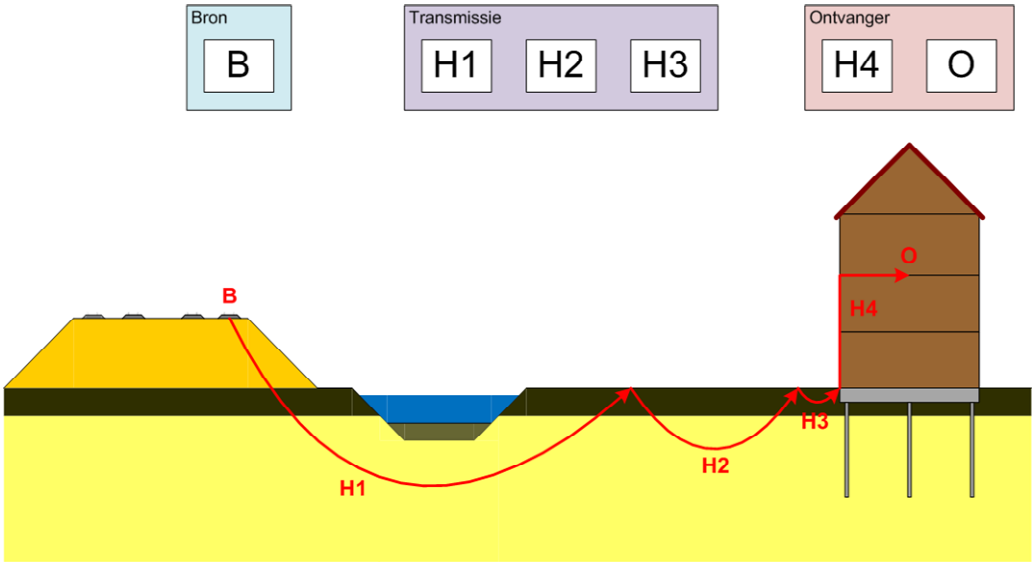
2. Bodemtype (zand, veen, klei, etc.). Deze gegevens zijn op hoofdlijnen uit archieven beschikbaar
3. Voertuigtypes
4. Voertuigsnelheden
5. Voertuigintensiteiten in dag-, avond- en nachtperiode
6. Wissels en kunstwerken

Output van het model is de trillingssterkte en trillingsintensiteit op de door de gebruiker opgegeven locatie(s). Resultaten kunnen worden gevisualiseerd in bijvoorbeeld een GIS-applicatie.

I.1.2 Bron, transmissie en ontvanger

Vibra*Dyna* is gebaseerd op de Barkanvergelijking, een empirische vergelijking die de voortplanting van trillingsgolven door de bodem beschrijft. Uit onderzoek blijkt dat deze empirische relatie goed bruikbaar is om de afname van trillingen met de afstand tot een trillingsbron te beschrijven.

In de overdracht van trillingen van bron naar ontvanger wordt onderscheid gemaakt tussen de bron, de transmissie (of overdracht) en de ontvanger. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede van een gebied langs het spoor is weergegeven in Figuur 15. Bron, transmissie en ontvanger zijn daarin aangegeven.



Figuur 15: Transmissie van trillingen

In de globale berekening worden alle parameters niet-frequentieafhankelijk beschouwd.

I.1.3 Database

Er is een aantal bronparameters dat de trillingssterkte beïnvloedt, deze bronparameters kunnen worden onderscheiden in twee categorieën:

1. Treinafhankelijke parameters, zoals treinsnelheid, aslast, afvering en wielruwheid. Deze parameters worden deels ingegeven door de gebruikers, en zijn deels opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.

2. Baanparameters, zoals oneffenheden in de baan, zetting van de baan en de aanwezigheid van wissels en kunstwerken. Deze parameters zijn opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.

Parameters uit categorie 1 worden meegenomen door onderscheid te maken tussen verschillende treintypes en door het introduceren van een variatie op de betrouwbaarheid. Parameters uit categorie 2 worden meegenomen als afzonderlijke trillingsbronnen.

I.1.4 Berekening

Met behulp van de relaties tussen de treintypes en de Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} per treintype bepaald in de referentie- en plansituatie.

De trillingsintensiteit V_{per} wordt berekend met behulp van de maximale uurintensiteit van de verschillende treintypes. Dit resulteert in een conservatieve inschatting van V_{per}, aangezien niet alle maximale uurintensiteiten in dezelfde periode (dag, avond of nacht) optreden.

I.2 Nauwkeurige berekening op basis van metingen

Voor veel onderzoeken is een grotere nauwkeurigheid van het onderzoek gewenst dan een bepaling op basis van expert judgment, zodat de posities van aandachtslocaties beter inzichtelijk kunnen worden gemaakt. In dat geval kan een nauwkeuriger berekening worden uitgevoerd met Vibra*Dyna*, waarbij gebruik wordt gemaakt van metingen. Deze metingen worden door de gebruiker zelf uitgevoerd en als invoer in het model gestopt.

De volgende meetresultaten kunnen worden ingevoerd in het model:

- Trillingsmetingen aan voertuigpassages op maaiveld loodrecht op het spoor of de weg, om de bronsterkte van de verschillende passerende voertuigen te bepalen.
- Valproeven om de afnamecurve van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

Ten opzichte van de globale berekening wordt deze nauwkeuriger berekening frequentieafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast wordt rekening gehouden met lokale variaties in taludgeometrie, bodem- en baanopbouw. Daardoor heeft dit type model een grotere betrouwbaarheid dan de globale berekening.

I.2.1 Frequentieafhankelijkheid

In het nauwkeurige model wordt gerekend met zogenaamde tertsbandspectra van trillingssignalen van treinen. Uit diverse onderzoeken blijkt dat de tertsbandspectra van treinen, mits genormaliseerd voor snelheid, per treintype weinig variatie kennen. De beperkte variatie die er is wordt vooral veroorzaakt door variaties in wielonrondheid, wielruwheid en aslast.

Ook een groot aantal andere invloeden is frequentieafhankelijk. Te denken valt aan de invloed van wissels, geometriewijzigingen, de eigenschappen van gebouwen of de demping van de bodem. Door deze invloeden frequentieafhankelijk in het model in te voeren, wordt de nauwkeurigheid van het trillingsmodel vergroot ten opzichte van het werken met scalaire grootheden.

I.2.2 Relatie tussen tertsbandspectrum en v_{eff}

De trillingssterkte v_{eff} is een gewogen voortschrijdend gemiddelde, dat gecorrigeerd is voor frequenties. Deze grootheid wordt gebruikt om de trillingssterkte V_{max} te bepalen, die vervolgens getoetst wordt aan de Bts.

Er is een verhouding tussen de v_{rms}-waarde van het trillingssignaal en de trillingssterkte v_{eff}. Deze verhouding is van belang omdat het model rekent met tertsbandspectra, maar toetsing plaatsvindt op basis van de trillingssterkte V_{max}, die wordt bepaald uit de gehele verzameling van gemeten v_{eff}-waarden voor alle treinen.
De v_{rms}-waarde kan worden bepaald uit het tertsbandspectrum door energetisch te sommeren over de frequenties, na het toepassen van de correctie uit de SBR B-richtlijn:

$$v_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} F_c(f) \cdot v_i(f)^2}$$

Hierbij is $v_i(f)$ het tertsbandspectrum en $F_c(f)$ de correctiefactor van de SBR B-richtlijn. De waarde van v_{rms} kan niet één op één vertaald worden naar de waarde van v_{eff}. De omrekening vindt daarom plaats via een statistische verdeling die uit een groot aantal metingen is bepaald.

I.2.3 Berekening

De berekening in Vibra*Dyna* vindt plaats volgens een aantal stappen. Met behulp van de relaties tussen de treintypen en een frequentieafhankelijke Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} bepaald voor de referentie- en plansituatie. De trillingsintensiteit V_{per} wordt op analoge wijze als in stap 1 berekend.

I.3 Betrouwbaarheid van Vibra*Dyna*

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van trillingsmodellen in plaats van metingen in gebouwen. Het gebruik van trillingsmodellen in plaats van het uitvoeren van metingen heeft een aantal voordelen:

- Het maakt het mogelijk om sneller een goede prognose te geven van de trillingssterkte.
- Het maakt het mogelijk om een groter aantal verschillende locaties te beschouwen. Het uitvoeren van metingen op een groot aantal locaties is zowel tijdrovend als kostbaar en kan bij het gebruik van een betrouwbaar trillingsmodel achterwege blijven.

Nadeel van het gebruik van modellen is dat een model slechts een *benadering* van de werkelijkheid is. Zo kunnen gebouwen met een ongunstige overdrachtskarakteristiek (tussen maaiveld en de bewoonde vloeren) afwijken van de gemiddelde prognoses die het model hanteert. Om er toch voor te zorgen dat de modellen zo betrouwbaar mogelijk zijn, is de volgende aanpak gehanteerd:

1. Modelparameters zijn bepaald op basis van een groot aantal metingen in een groot aantal gebouwen door het gehele land, over langere tijd. De beoordeling van de trillingssterkte vindt plaats op basis van een bovengrens die statistisch wordt bepaald. Hierdoor is het percentage gebouwen waar in werkelijkheid een hogere trillingssterkte wordt gemeten, zeer klein. Bij het nauwkeurige model is het mogelijk

om gebouweigenschappen toe te voegen, zodat de invloed van sterk afwijkende bebouwing sterk wordt gereduceerd.

2. Het model is geverifieerd in eerdere onderzoeken met behulp van metingen in gebouwen. Uit deze verificatiemetingen volgt dat het gebruikte model een hoge betrouwbaarheid heeft, zie onder meer de trillingsonderzoeken ten behoeve van de Tracébesluiten *Sporen in Arnhem*[6], *Sporen in Utrecht*[7] en *Doorstroomstation Utrecht*[8] met de bijbehorende Opleveringstoetsen.
3. In de beoordeling van de modelresultaten worden drie categorieën onderscheiden:
    a. Gebouwen die voldoen aan het beoordelingskader.
    b. Gebouwen die wel voldoen aan het beoordelingskader, maar waarbij nog een kans op een overschrijding is.
    c. Gebouwen die niet voldoen aan het beoordelingskader.

    Locaties waarvan niet zeker is dat ze voldoen aan het beoordelingskader, komen voor nader onderzoek in aanmerking. Door deze conservatieve manier van beoordeling worden alle locaties (extreme uitschieters uitgezonderd) waar een mogelijke overschrijding is van het beoordelingskader, net zo lang onderzocht totdat duidelijk is dat er geen overschrijdingen zullen optreden. Wanneer blijkt dat er desondanks overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, dan worden maatregelen ontworpen om de locatie alsnog te laten voldoen aan de streefwaarden.

De maximale trillingssterkte en trillingsintensiteit wordt door Vibra*Dyna* bepaald met een betrouwbaarheid van 95 procent. Bij beoordeling op de Bts speelt vooral de toename in trillingssterkte een belangrijke rol. Om deze toename conservatief genoeg te berekenen, rekent Vibra*Dyna* met simultane probabilisitsche verdelingen van de trillingssterkte per meetpunt. Voor elke factor die de trillingssterkte beïnvloedt, is de correlatie bepaald tussen deze factor in de referentie- en plansituatie. Door vervolgens een simultane probabilistische verdeling op te stellen van de maximale trillingssterkte in de referentie- en plansituatie, kunnen kansdichtheidscontouren worden getrokken zoals in Figuur 16. De zwarte punt geeft in dit geval de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie weer.

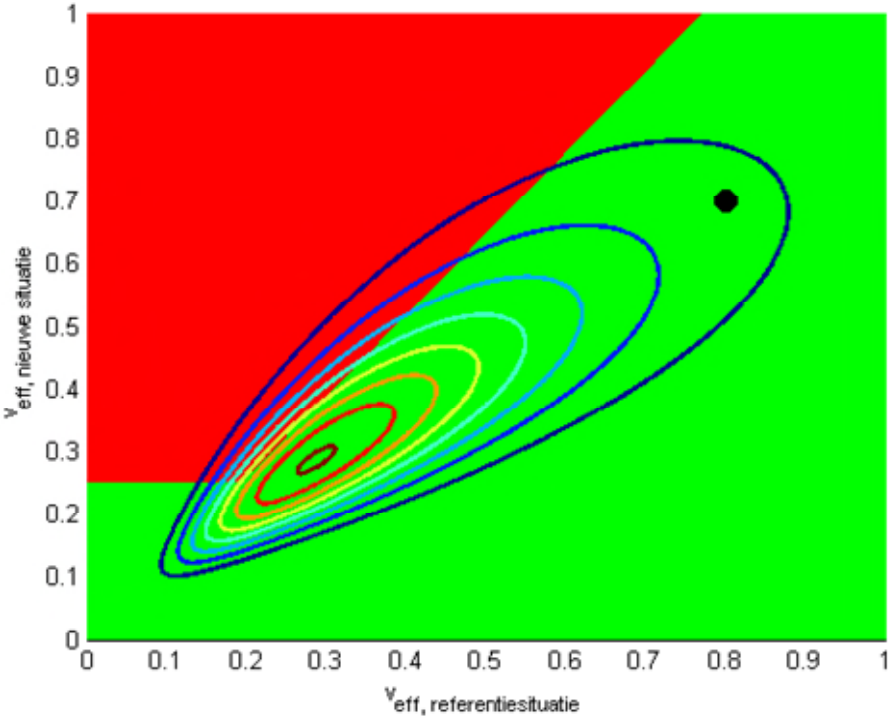
Hoe groter de correlatie tussen de beide situaties is (d.w.z., hoe minder veranderingen er zijn tussen referentie- en plansituatie), hoe meer de contouren worden samengetrokken naar de lijn die loopt tussen de zwarte punt en het centrum van de contouren in Figuur 16, en hoe betrouwbaarder de predictie dus is.
Door de simultane probabilistische verdeling van de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie te integreren over het groene gebied in Figuur 16, kan een kans worden toegekend aan of een woning voldoet aan het beoordelingskader. Voor de in Figuur 16 getoonde contouren is deze kans bijvoorbeeld gelijk aan 85 procent. Enkele aandachtspunten bij deze overschrijdingskans:

1. Voor het getoonde voorbeeld is er nog een kans van 15 procent op een overschrijding van de streefwaarden. Bij overschrijdingen is de waarde van de trillingssterkte in de nieuwe situatie waarschijnlijk echter aanzienlijk lager dan de trillingssterkte die weergegeven is door de zwarte stip in Figuur 16. Op basis van uitgebreid onderzoek is ervoor gekozen om locaties nader te onderzoeken indien

[6] Boon, ir. P.M., *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400006, 31 maart 2014, versie 1.0
[7] Boon, ir. P.M., *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400005, 31 maart 2014, versie 1.0
[8] Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek,* Movares Nederland B.V., OND-ET-CON-TR-RAP-100, 4 juni 2015, versie 3.0

de overschrijdingskans groter is dan 80 procent. De overschrijdingskans wordt alleen meegenomen om te bepalen of een woning of deelgebied wordt meegenomen in een vervolgonderzoek, niet bij het al dan niet nemen van maatregelen.

2. In het globale model wordt een eventuele wijziging in taludgeometrie nog niet meegenomen. Daarom wordt in dit model extra conservatief getoetst door te rekenen met een lagere correlatiecoëfficiënt (meer spreiding in resultaten mogelijk).



Figuur 16: Voorbeeld trillingssterkte in referentie- en plansituatie (zwarte stip) en kansdichtheidscontouren van mogelijke trillingssterktes (correlatiecoëfficiënt van 0.85)

Bijlage II - Beoordelingskader

II.1 Algemeen

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen leiden tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen resulteren in hinder en/of schade. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR richtlijn is hierop gebaseerd.

De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu een *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is.

In het onderzoek ten behoeve van de MER wordt naar twee aspecten gekeken: trillingshinder (aantal overschrijdingen van de Bts en kans op hinder) en trillingsschade (overschrijdingen van de SBR A-richtlijn). In het onderzoek ten behoeve van het (O)TB wordt ook gekeken naar de kans op verstoring van gevoelige apparatuur. In de volgende paragrafen staan deze de beoordelingskaders beschreven.

II.2 Bts (Beleidsregel trillinghinder spoor) – beoordelingskader trillingshinder

Tot op heden zijn er nog geen richtlijnen voor trillingshinder vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2012 een *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is. Naar aanleiding van de uitspraken van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State op 2 oktober 2013 in zake de Tracébesluiten *Sporen in Arnhem 2012* en *Sporen in Utrecht 2012 deeltracé Utrecht Centraal – Houten*, is de Bts gewijzigd om tegemoet te komen aan de kritiekpunten. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de eerdere Bts komen tot uiting in:

- Een nadere invulling van het kosteneffectiviteitscriterium, met een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen. Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[9], uitgevoerd door Witteveen+Bos, RoyalHaskoningDHV en TNO;
- Een aanpassing van de meetprocedure. De trillingssterkte wordt bepaald over een meetperiode van tenminste een week;
- De introductie van een naverwerkingsmethode, met als doel een reproduceerbare maximale trillingssterkte te genereren, die vergelijkbaar is met de methode zoals gehanteerd in de SBR B-richtlijn;
- De introductie van een reproduceerbaarheidswaarde *R*. Deze factor is een indicatie van de onzekerheid in de meting en eventuele prognoses die zijn gemaakt, en geeft aan in hoeverre het resultaat van een herhaling van de meting

[9] MKBA = Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, methodiek om de maatschappelijk gezien acceptabele kosten van een maatregel te bepalen. Zie Ruijgrok, dr. ir. E.C.M. e.a., *Kosteneffectiviteitstoetsing Trillingsreducerende Maatregelen Spoor*, Witteveen+Bos, juni 2013, projectcode ut702-1-1

of berekeningen kan afwijken van het gegeven resultaat. Wanneer deze *R*-waarde groter is dan 10 procent, wordt bij het beoordelen van de trillingssituatie en het nemen van maatregelen rekening gehouden met deze onzekerheid.

In de Bts wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de streefwaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Dit project valt onder bestaande (gewijzigde) situaties. Bts artikel 1 spreekt van een 'bestaande situatie als een referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer'.
De Bts maakt daarnaast onderscheid tussen de dag- en avondperiode en de nachtperiode. Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond.
Om de trillingssterkte in een gebouw te bepalen dient de effectieve trillingssnelheid v_{eff} gemeten te worden in een gebouw gedurende een periode van minimaal een week. Deze effectieve trillingssnelheid wordt bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit voortschrijdend gemiddelde genomen. Middels een statistische procedure wordt vervolgens een waarde bepaald voor $V_{max,\ Bts}$, zie ook Bijlage IV. Deze waarde wordt gebruikt voor toetsing aan de streefwaarden.

V_{per} is een weergave van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 valt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van de V_{per}. Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling de SBR B-richtlijn.

II.2.1 Normstelling in de Bts

De streefwaarden in de Bts verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte* (gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en *kantoren* en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel 15 voor de normstelling voor bestaande situaties.
De Bts kent drie waarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

Tabel 15: Normstelling bestaande situatie volgens Bts

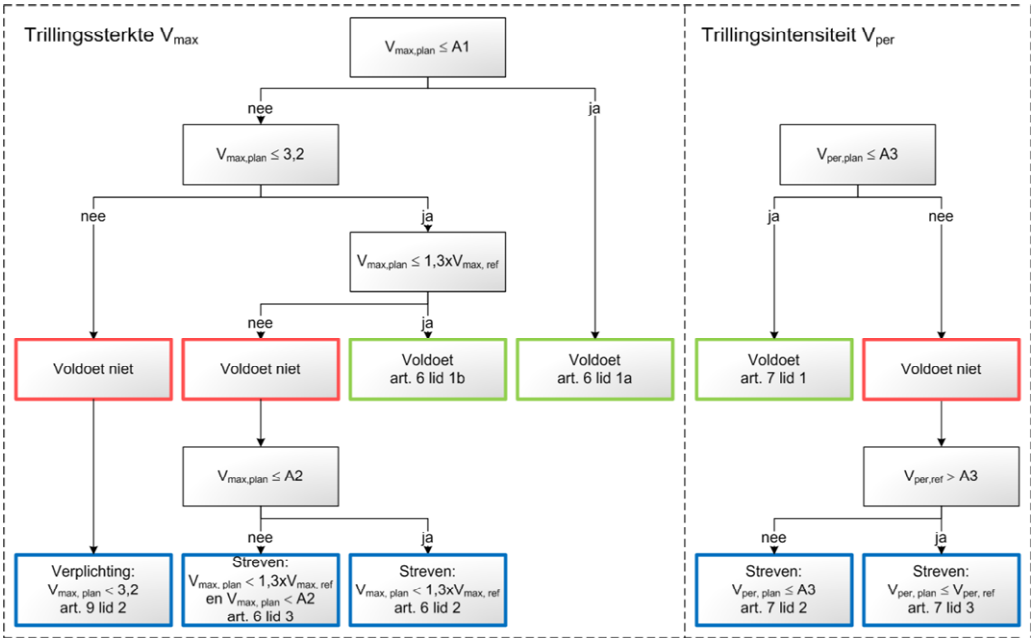
	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

II.2.2 Beoordeling van trillingssituatie

Om te beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts voor bestaande situaties moet het schema in Figuur 17 worden doorlopen. Dit schema geeft aan wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking

van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

3. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3.
4. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 en de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2.



Figuur 17: Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts

II.3 SBR richtlijn deel A – beoordelingskader trillingsschade

II.3.1 Schade als gevolg van treinverkeer

Bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot schade aan gebouwen in de omgeving van de werkzaamheden. Heien, het intrillen van damwanden en sloopwerkzaamheden kunnen hoge trillingsnelheden veroorzaken, die zeker op korte afstand van de trillingsbron tot schade in gebouwen kunnen leiden.

II.3.2 Schade ten gevolge van treinverkeer

De sterkte van trillingen ten gevolge van treinverkeer zijn voor vrijwel alle gebouwen te gering om schade aan gebouwen te veroorzaken. Op afstanden groter dan 10 meter vanaf de spoorbaan is de trillingssnelheid, gemeten aan de fundering, zonder uitzondering kleiner dan 2 mm/s. Voor de meeste woningen (categorie 2 conform de SBR A-richtlijn) wordt een ondergrens voor de trillingssnelheid van 5 mm/s aangehouden. Onder deze grens is de kans op schade kleiner dan 1 procent. Dergelijke trillingssterktes treden niet op in dit project als gevolg van treinverkeer, zie ook Bijlage VIII.

II.3.3 Algemeen

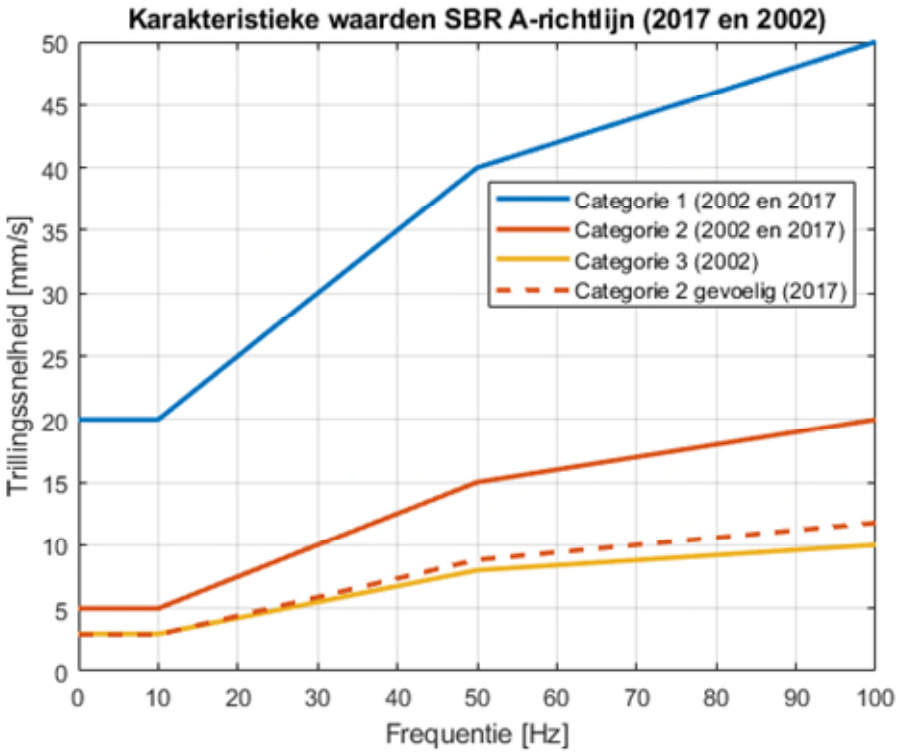
Tijdens de variantenstudie voor de MER is nog gebruik gemaakt van een oude versie van de SBR A-richtlijn (uit 2002). In 2017 is er een nieuwe versie van de SBR-A

richtlijn uitgegeven die op een aantal punten wijzigingen bevat ten opzichte van de versie uit 2002. De VKV wordt beoordeeld volgens de 2017-versie van de SBR-A richtlijn.

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. schade volgens SBR A-richtlijn worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria:

1. Type bouwwerk. De volgende verschillende typen van bouwwerken onderscheiden:
    a. Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van een draagconstructie indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout en draagconstructies van bouwwerken die geen gebouw zijn en bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke;
    b. Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk; in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.
    c. Categorie 2 met een gevoelige bouwkundige staat of monument.
    In de versie uit 2017 van de SBR-A richtlijn is de eerdere gebouwcategorie 3 (oude en monumentale panden met grote cultuurhistorische waarde, en in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of onderdelen daarvan) vervallen, en is er een veiligheidsfactor voor gebouwen met een monumentale status of slechte staat toegevoegd. Bij toepassing van deze veiligheidsfactor hebben categorie 2-gebouwen met een gevoelige staat iets hogere grenswaarden dan de voormalige categorie 3-gebouwen.

    De grenswaarden per categorie zijn weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: Grenswaarden in SBR A-richtlijn

2. Type trillingsbron. Er worden drie verschillende typen trillingsbronnen onderscheiden, elk met een eigen veiligheidsfactor:
    a. Bronnen die incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen veroorzaken ten gevolge van een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat er geen rekening behoeft te worden gehouden met vermoeiingseffecten van constructiematerialen. Voorbeelden van dit type trillingen zijn explosies en botsingen. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.0.
    b. Bronnen die herhaalde kortdurende belastingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden bronnen verstaan die zodanig vaak voorkomen dat met vermoeiingseffecten in materialen rekening moet worden gehouden. Een voorbeeld van dit type trillingen is heiwerkzaamheden. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.5.
    c. Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld. Als gevolg van deze trillingen kunnen resonanties en/of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een gebouw optreden. Voorbeelden van dit type trillingen zijn machines met roterende onderdelen, vibratoren, verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen en het inbrengen van damwanden d.m.v. trilblokken. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 2.5.

    In dit onderzoek wordt schade gerelateerd aan de bouw van kunstwerken. Het gaat dan om bouw- en sloopwerkzaamheden waarbij heipalen worden aangebracht en damwanden worden ingetrild. Het inheien van palen valt onder categorie 2 (veiligheidsfactor 1.5), het intrillen van damwanden onder

categorie 3 (veiligheidsfactor 2.5). De grenswaarden dienen door deze veiligheidsfactor te worden gedeeld.

3. Type meting. Afhankelijk van de hoeveelheid meetpunten wordt opnieuw een driedeling gemaakt:
    a. Indicatieve meting. Bij een indicatieve meting wordt slechts op één meetpunt in drie richtingen gemeten. Dit meetpunt wordt gemonteerd op een stijf punt aan de fundering. De gekozen horizontale richtingen worden zoveel mogelijk gekozen overeen komend met de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.6.
    b. Beperkte meting. Bij een beperkte meting wordt ten minste in één meetpunt op het begane grondniveau en ten minste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten. De veiligheidsfactor is 1.4.
    c. Uitgebreide meting. Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting. (een uitgebreide beschrijving is in de SBR trillingsrichtlijn deel A gegeven). De veiligheidsfactor is 1.0.

    In dit onderzoek wordt nog geen gebruik gemaakt van meetpunten, daarom wordt de hoogste veiligheidsfactor (1.6, indicatieve meting) gehanteerd.

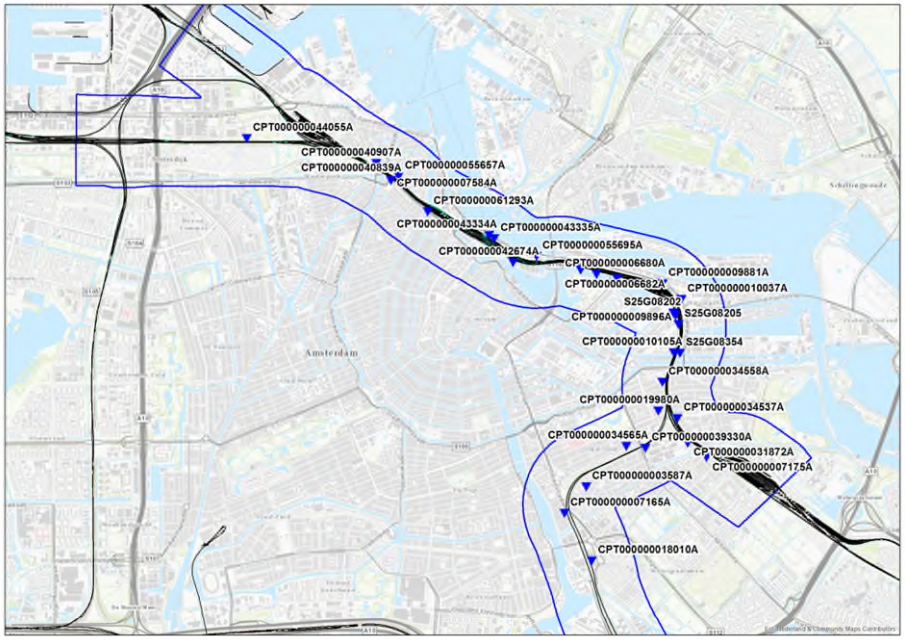
II.3.4 Toetsing

Na de grenswaarden voor een bepaald gebouw gedeeld te hebben door de partiële veiligheidsfactor behorend bij het type trillingsbron, kan de met behulp van berekeningen bepaalde trillingssnelheid ten gevolge van werkzaamheden getoetst worden aan de grenswaarde. Daar bovenop wordt een veiligheidsfactor gehanteerd.

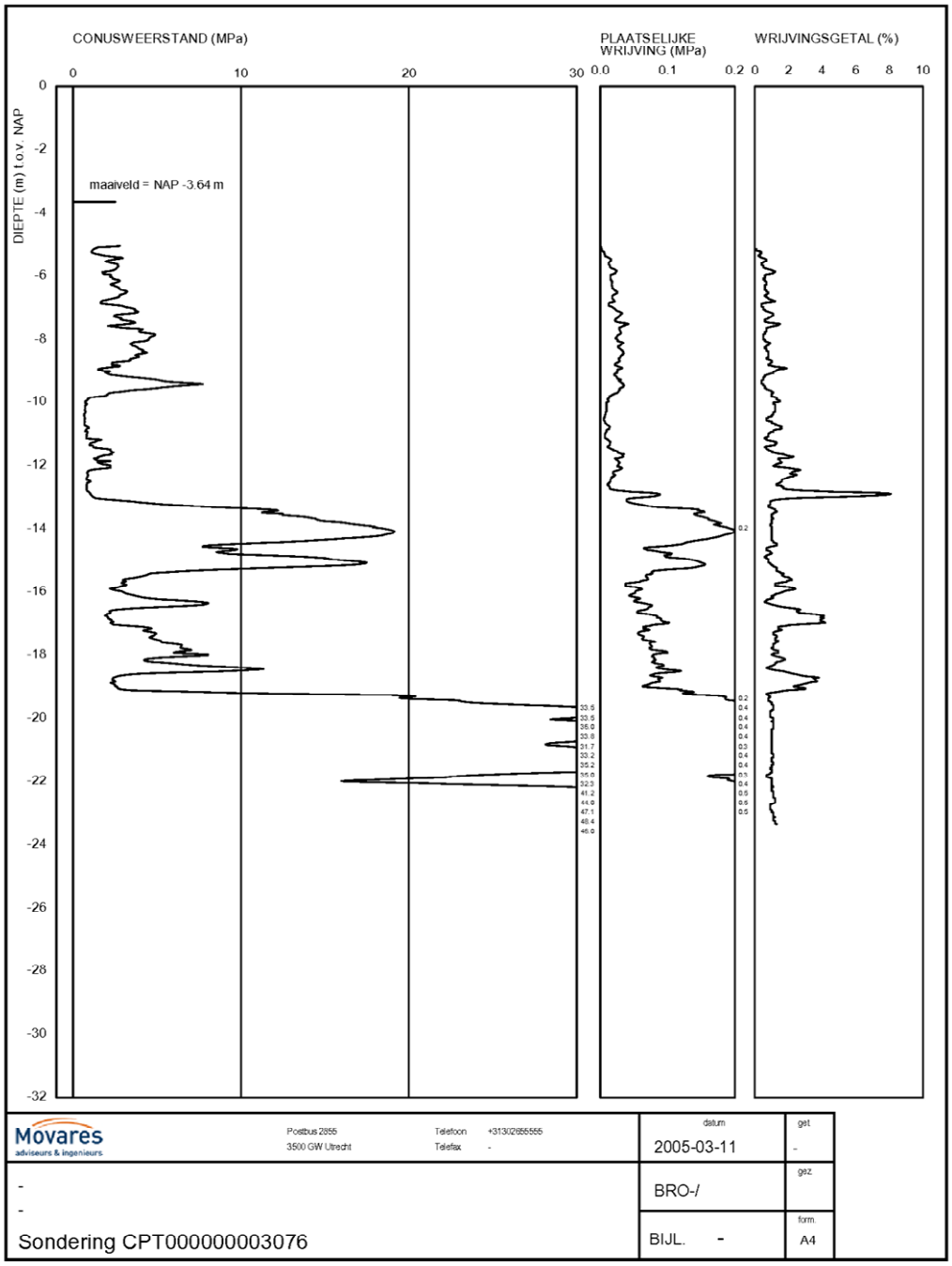
In dit onderzoek wordt aangegeven voor hoeveel gebouwen een overschrijding van de SBR A-richtlijn wordt verwacht. Deze toetsing vindt alleen plaats in de nabijheid van hei- en trilwerkzaamheden.

Bijlage III - Gebruikt bodemonderzoek

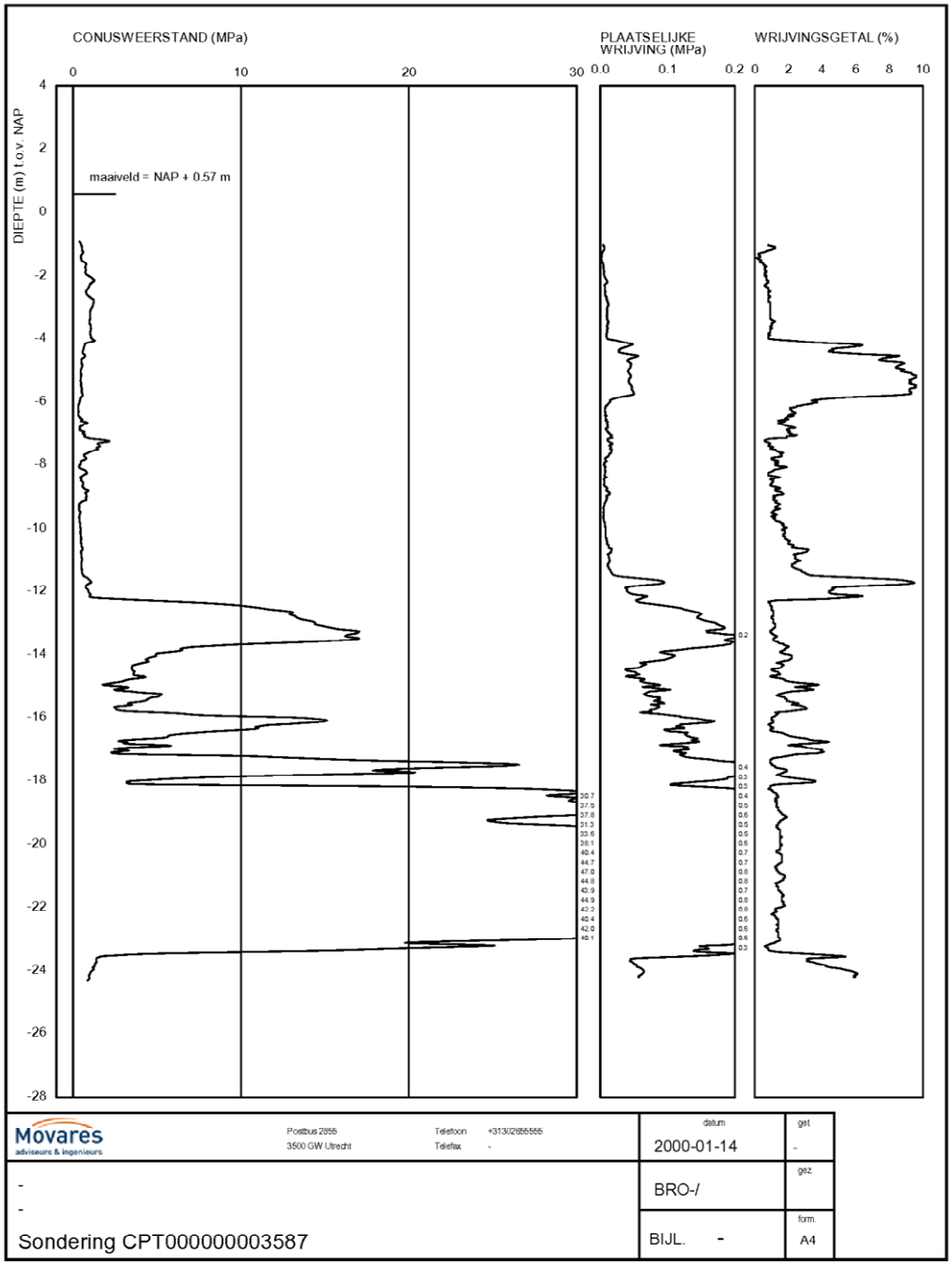
In deze bijlage zijn de gebruikte sonderingen weergegeven. Het grondonderzoek is gebruikt voor het vaststellen van de meetlocaties en het opstellen van 3D eindige elementenmodellen. De locaties van de sonderingen zijn weergegeven in Figuur 19.



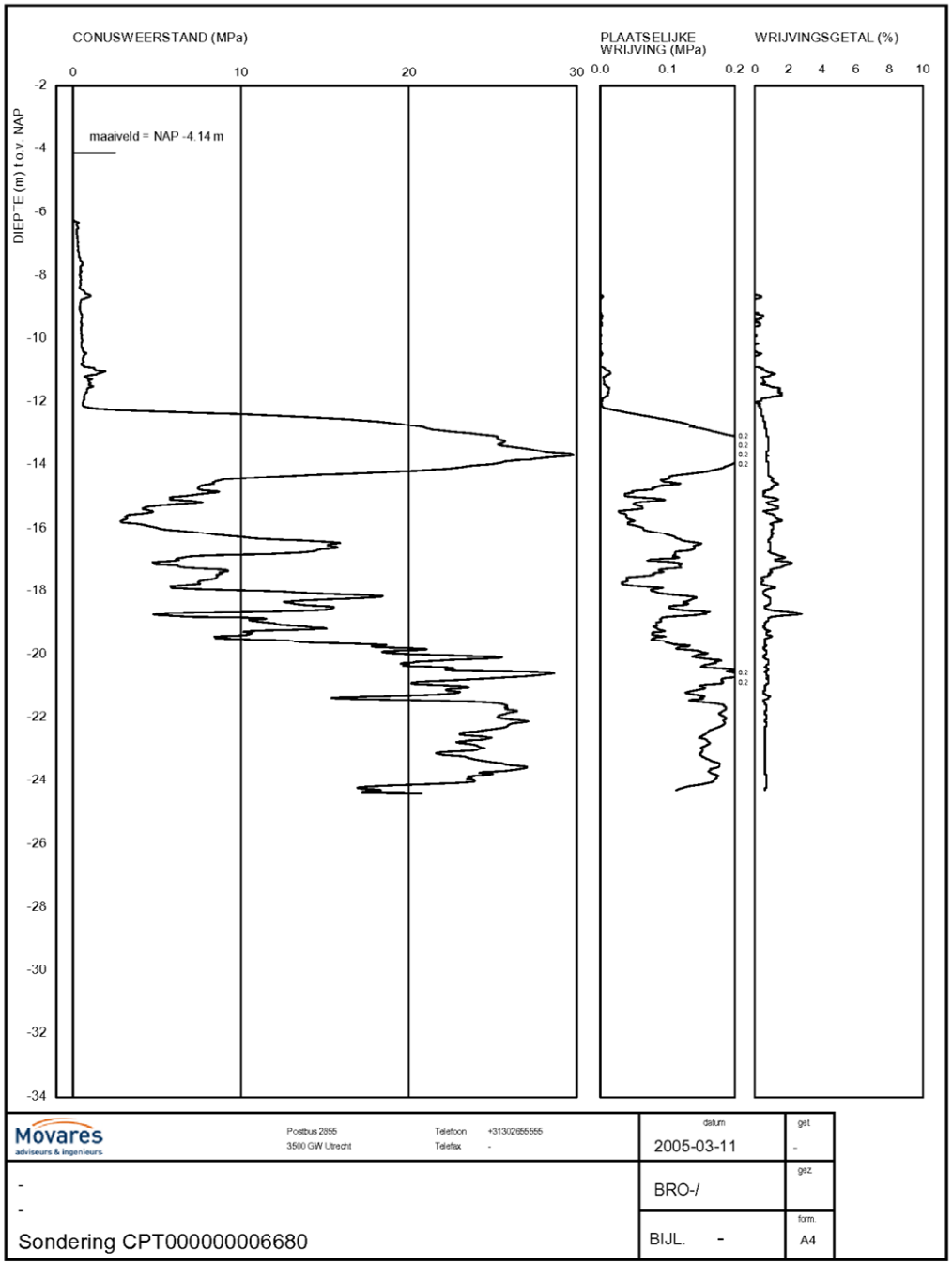
Figuur 19 Posities van sonderingen



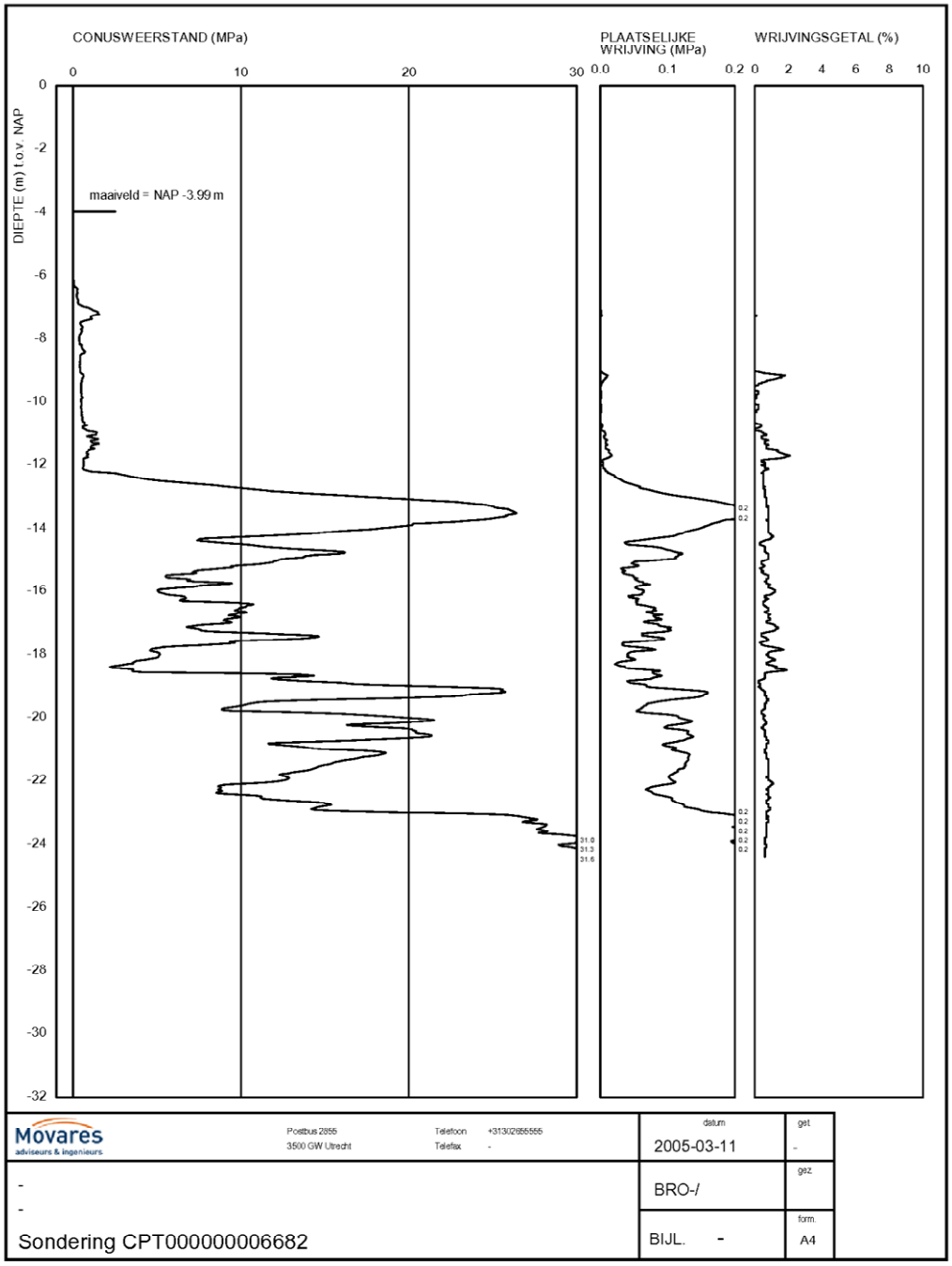
Figuur 20 Sondering CPT000000003076



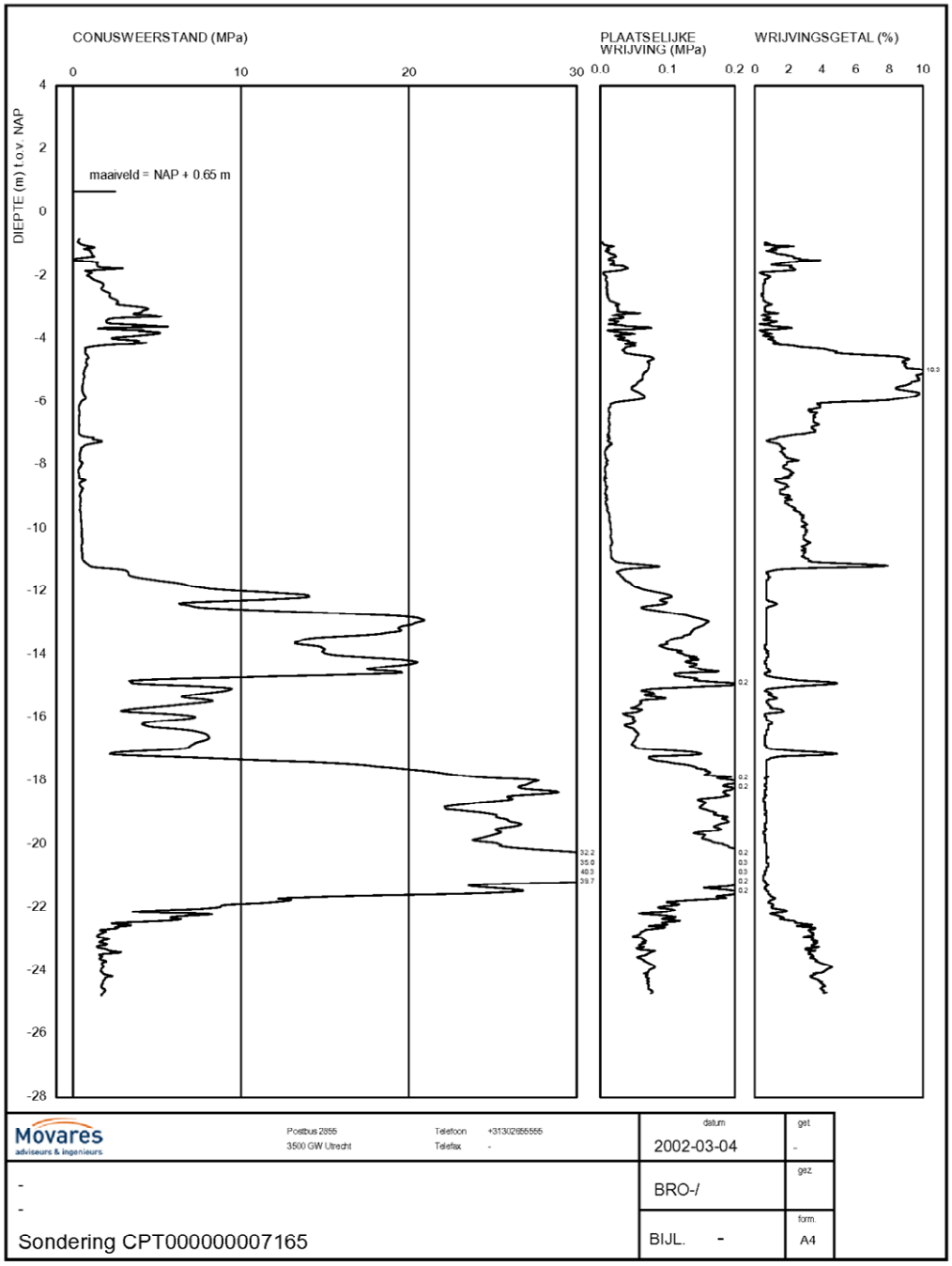
Figuur 21 Sondering CPT000000003587



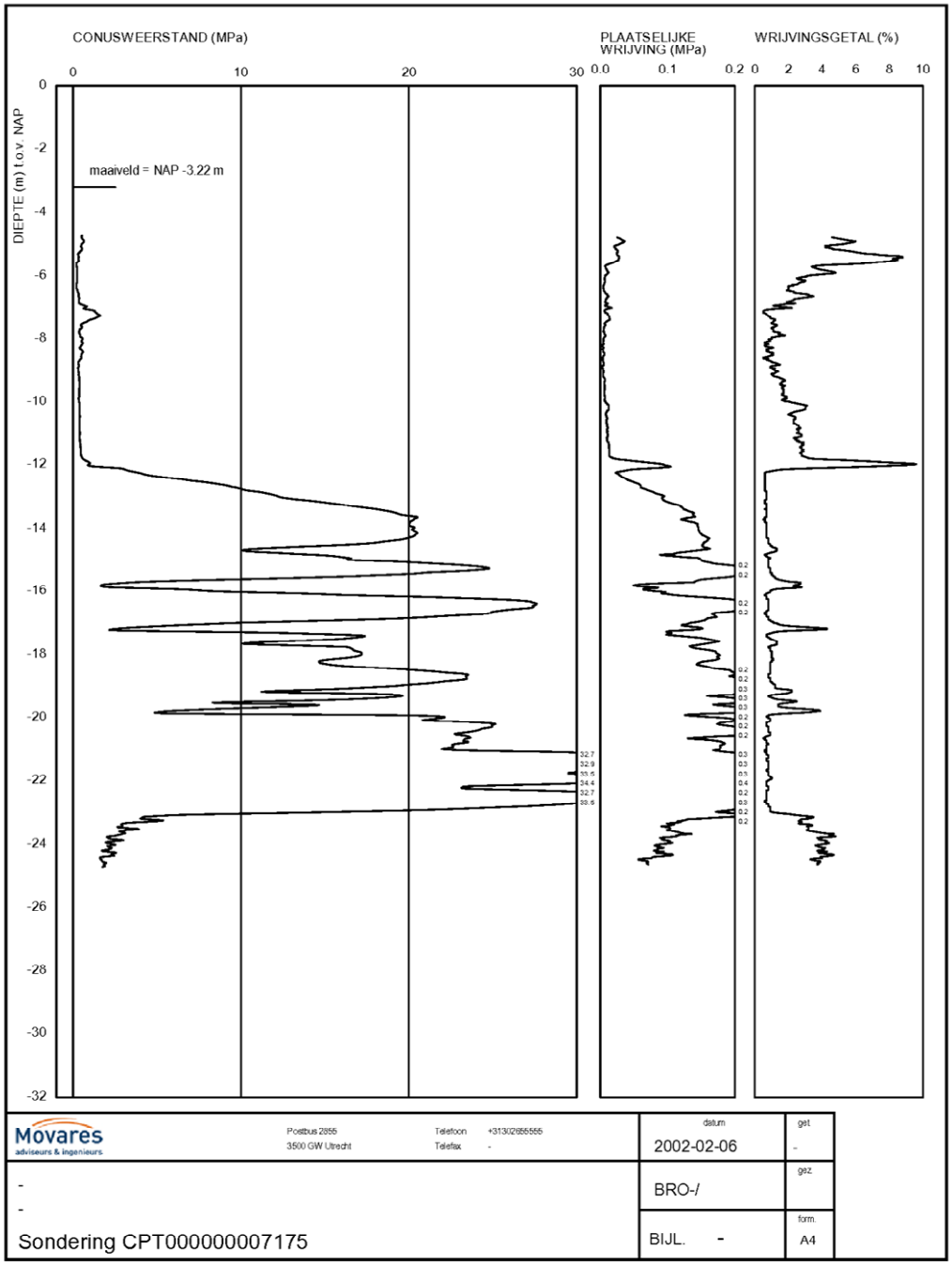
Figuur 22 Sondering CPT000000006680



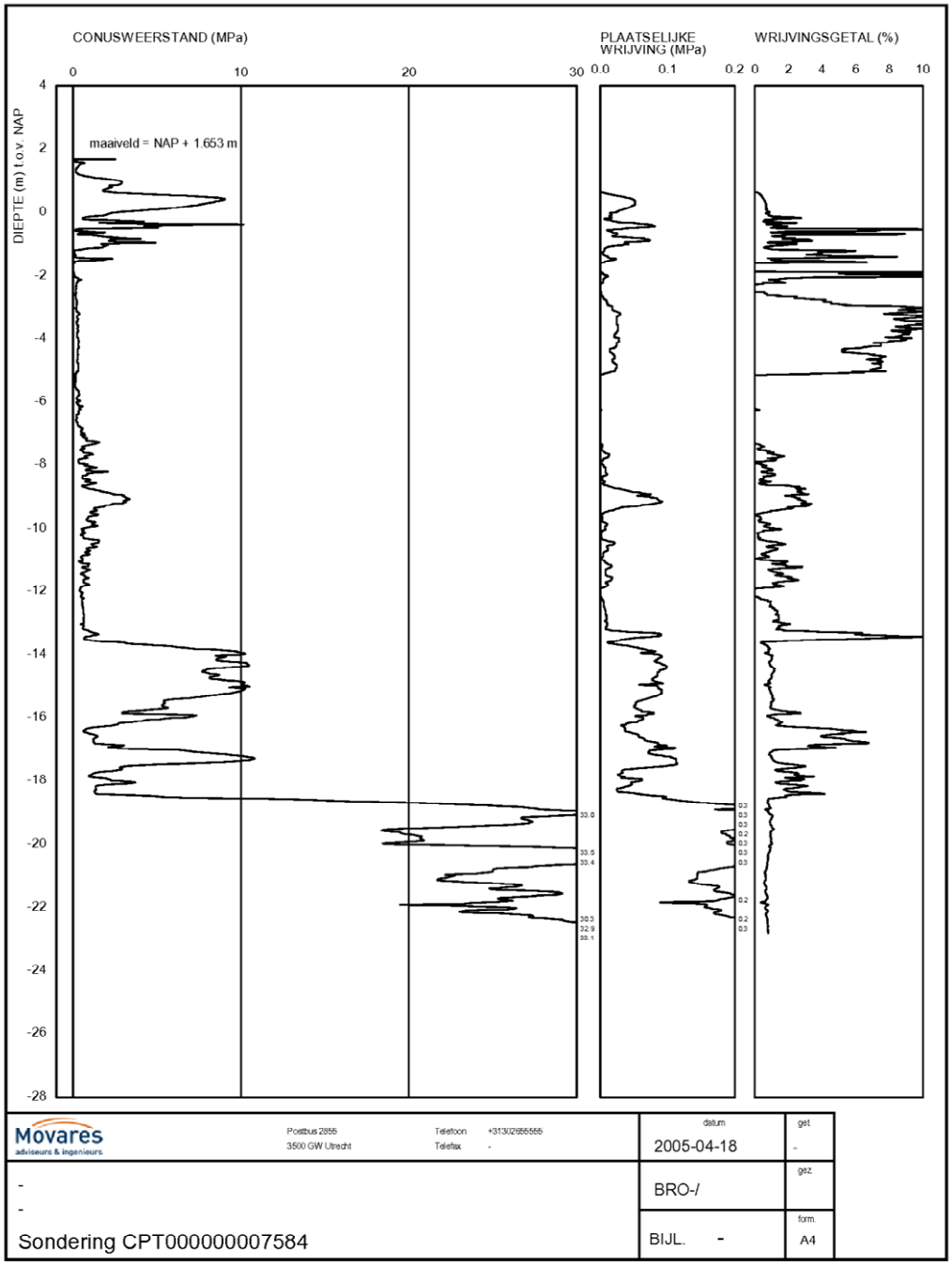
Figuur 23 Sondering CPT000000006682



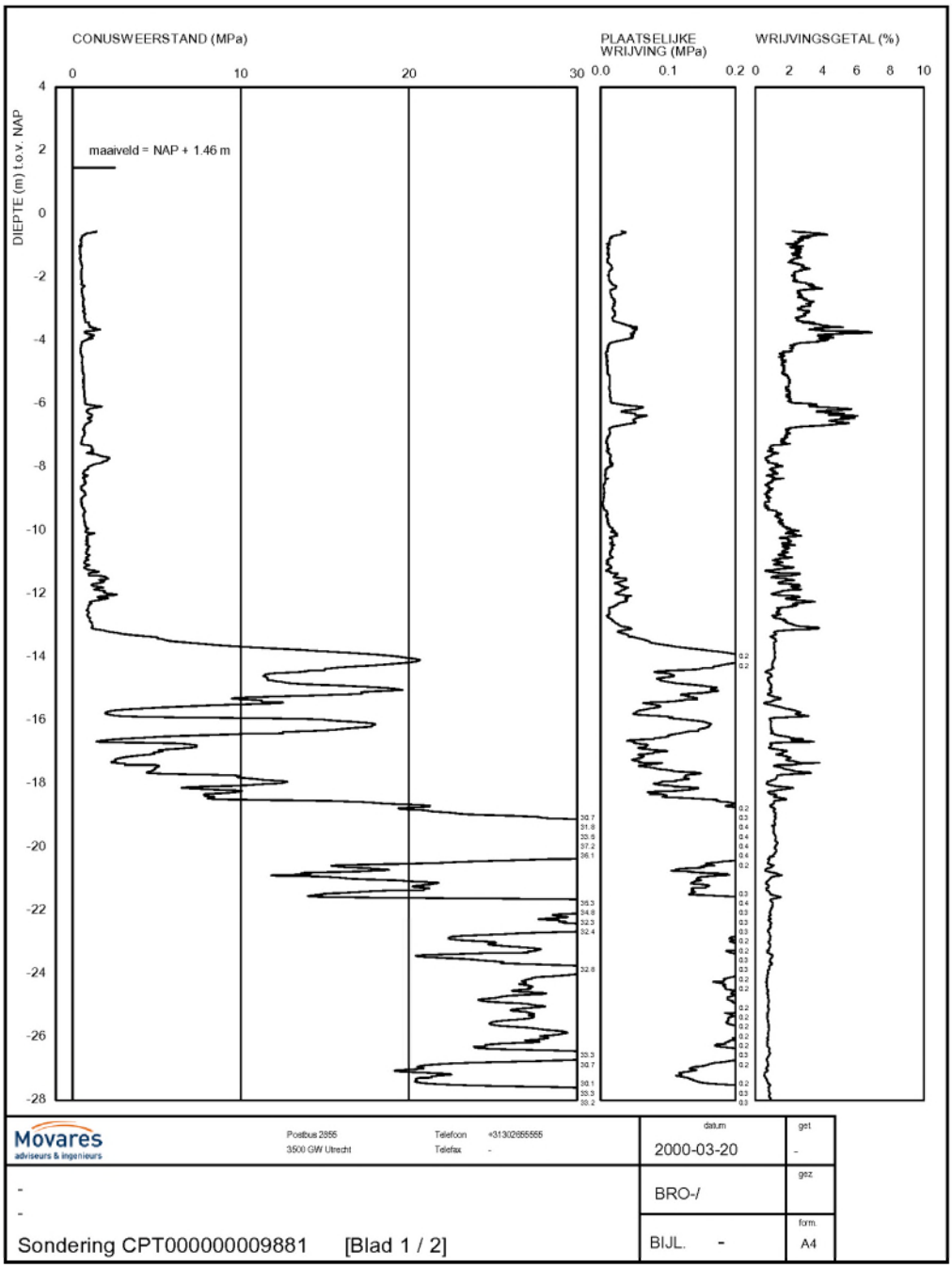
Figuur 24 Sondering CPT000000007165



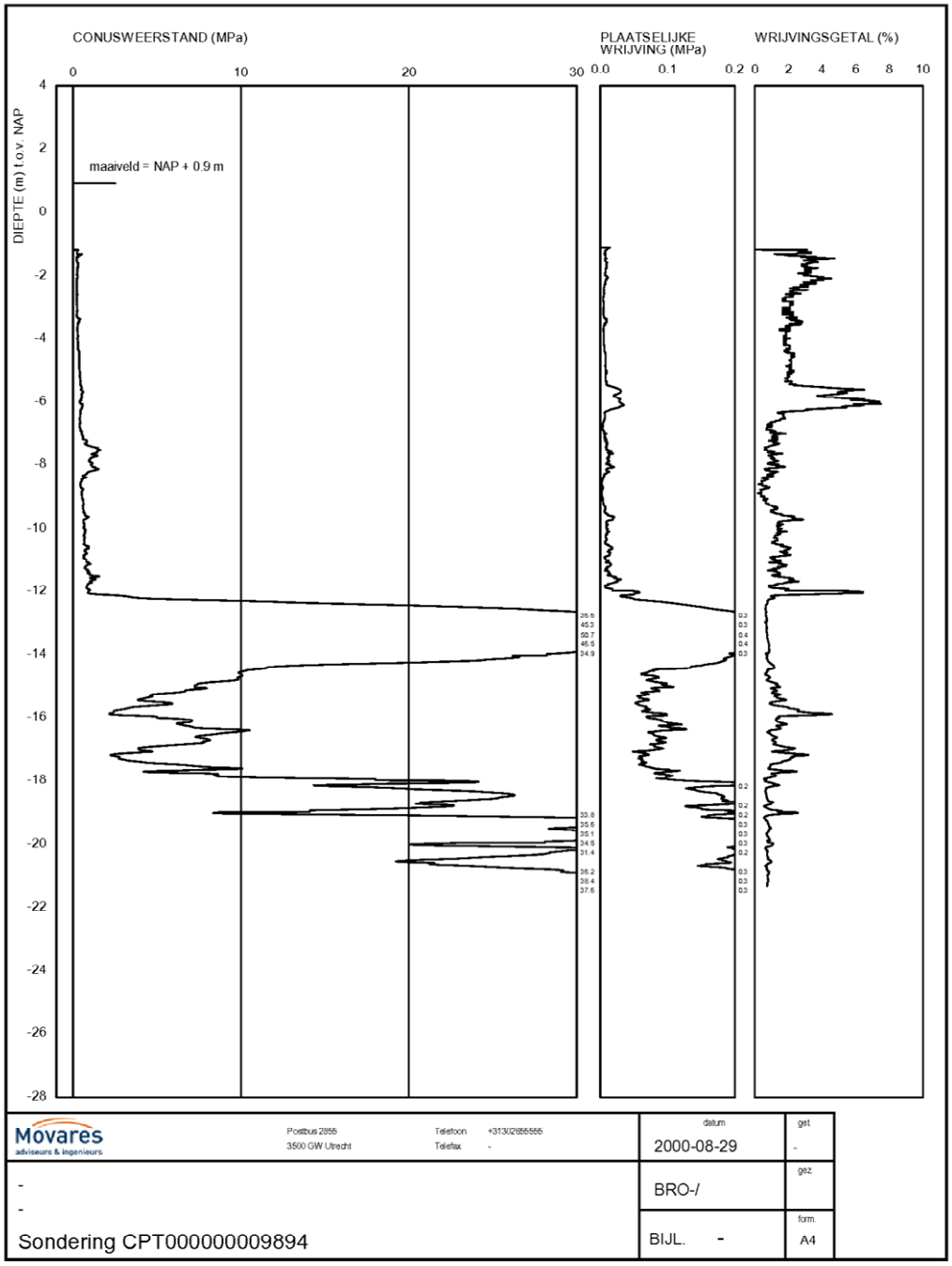
Figuur 25 Sondering CPT000000007175



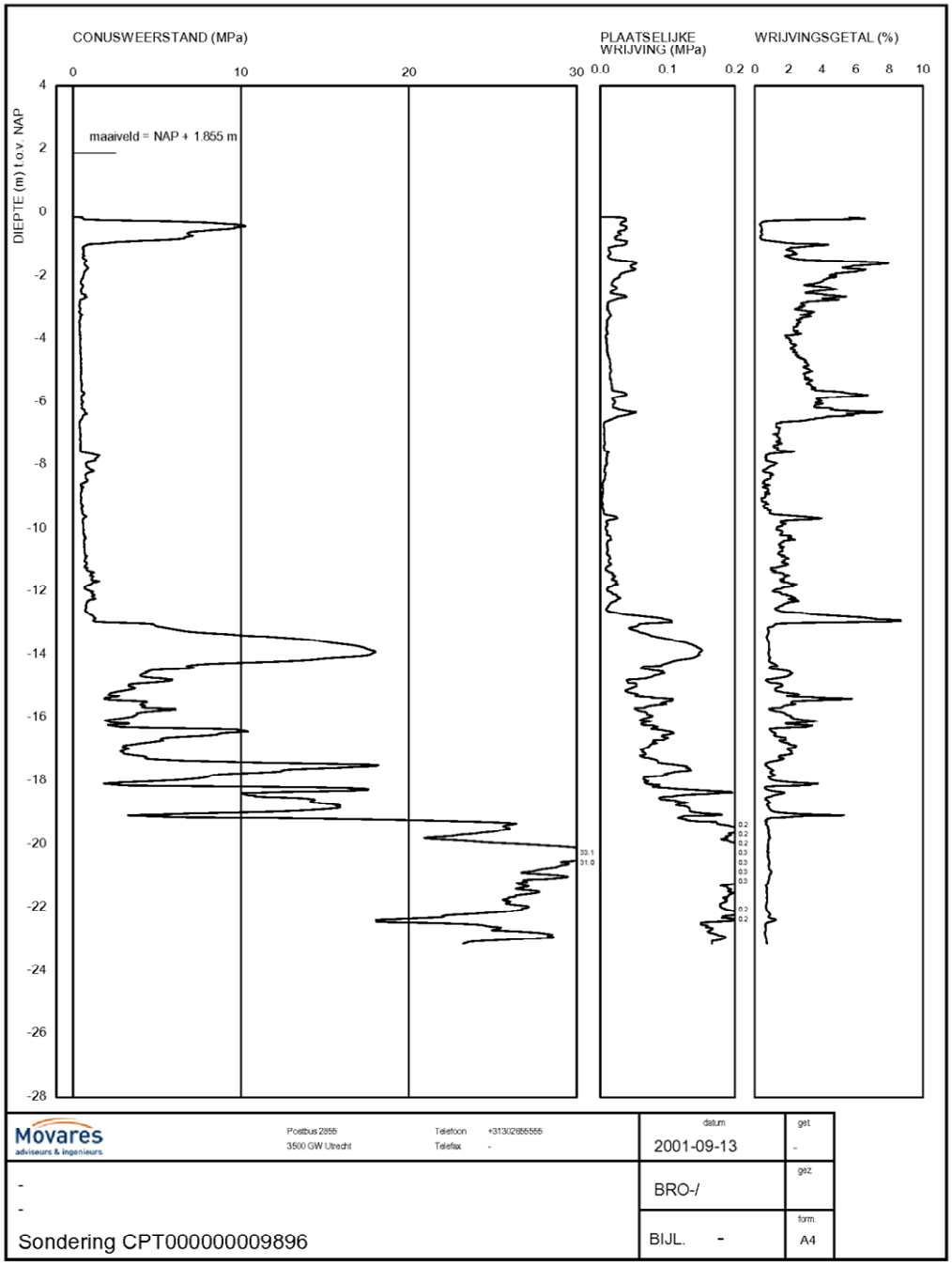
Figuur 26 Sondering CPT000000007584



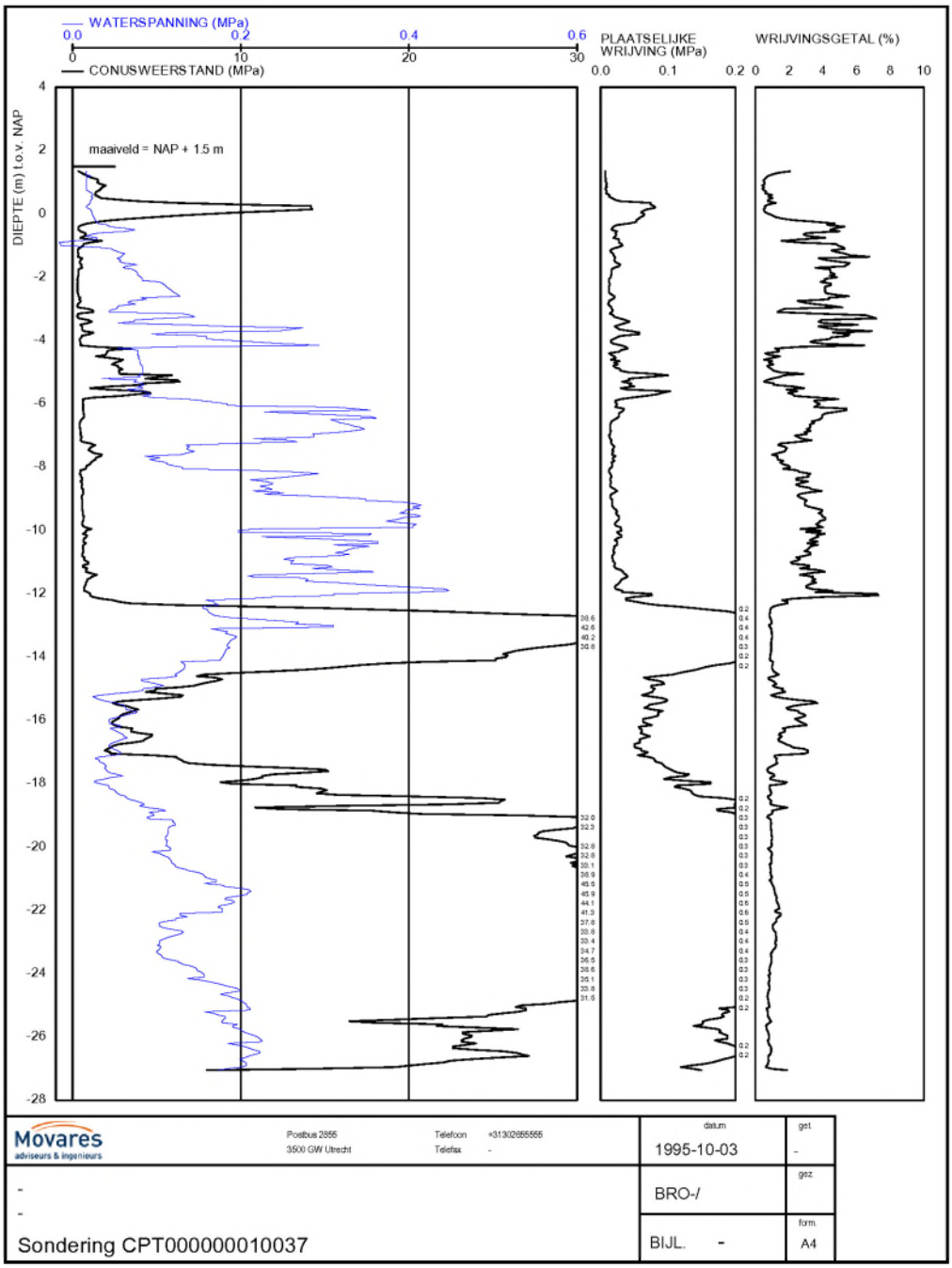
Figuur 27 Sondering CPT000000009881



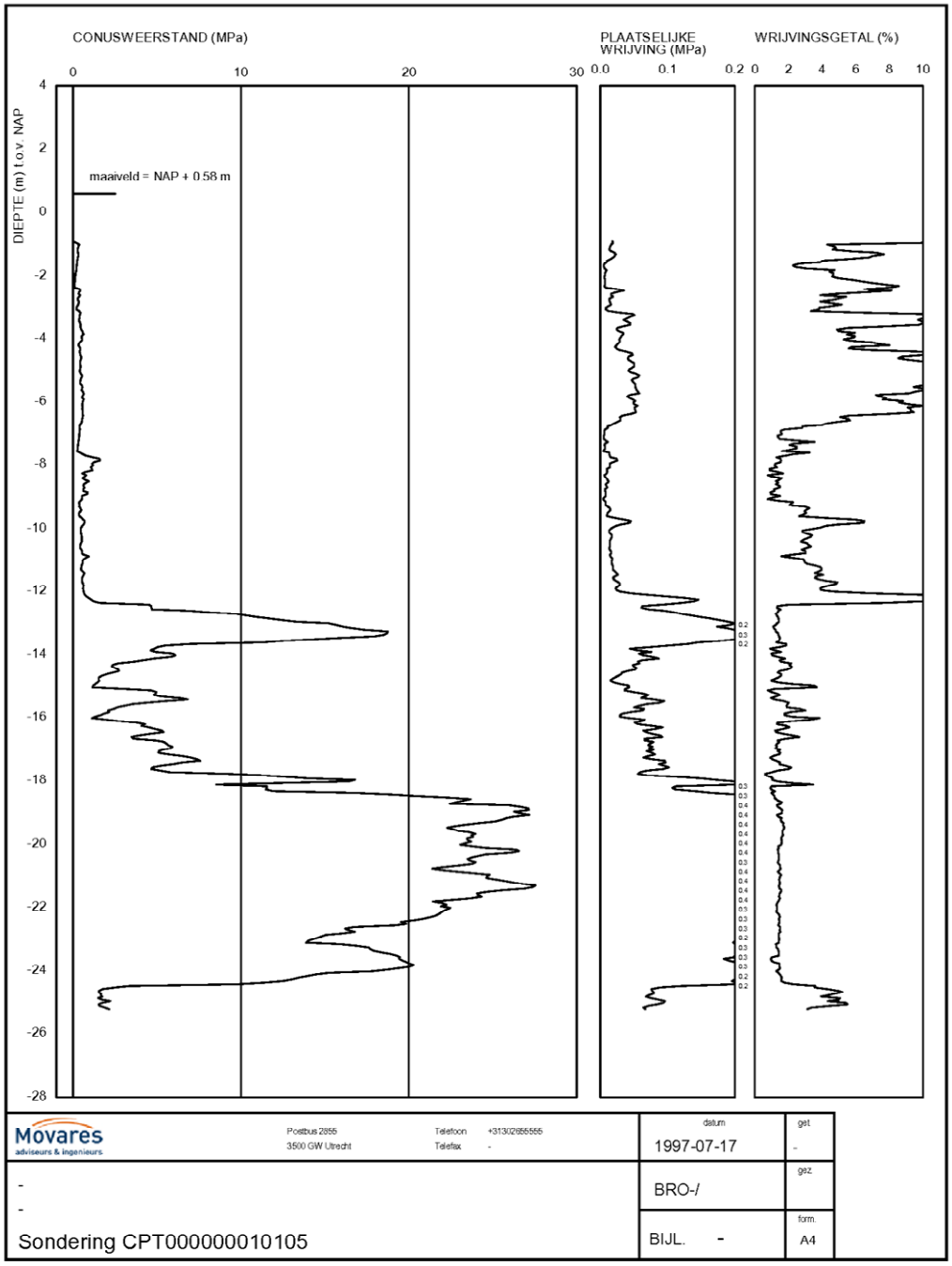
Figuur 28 Sondering CPT000000009894



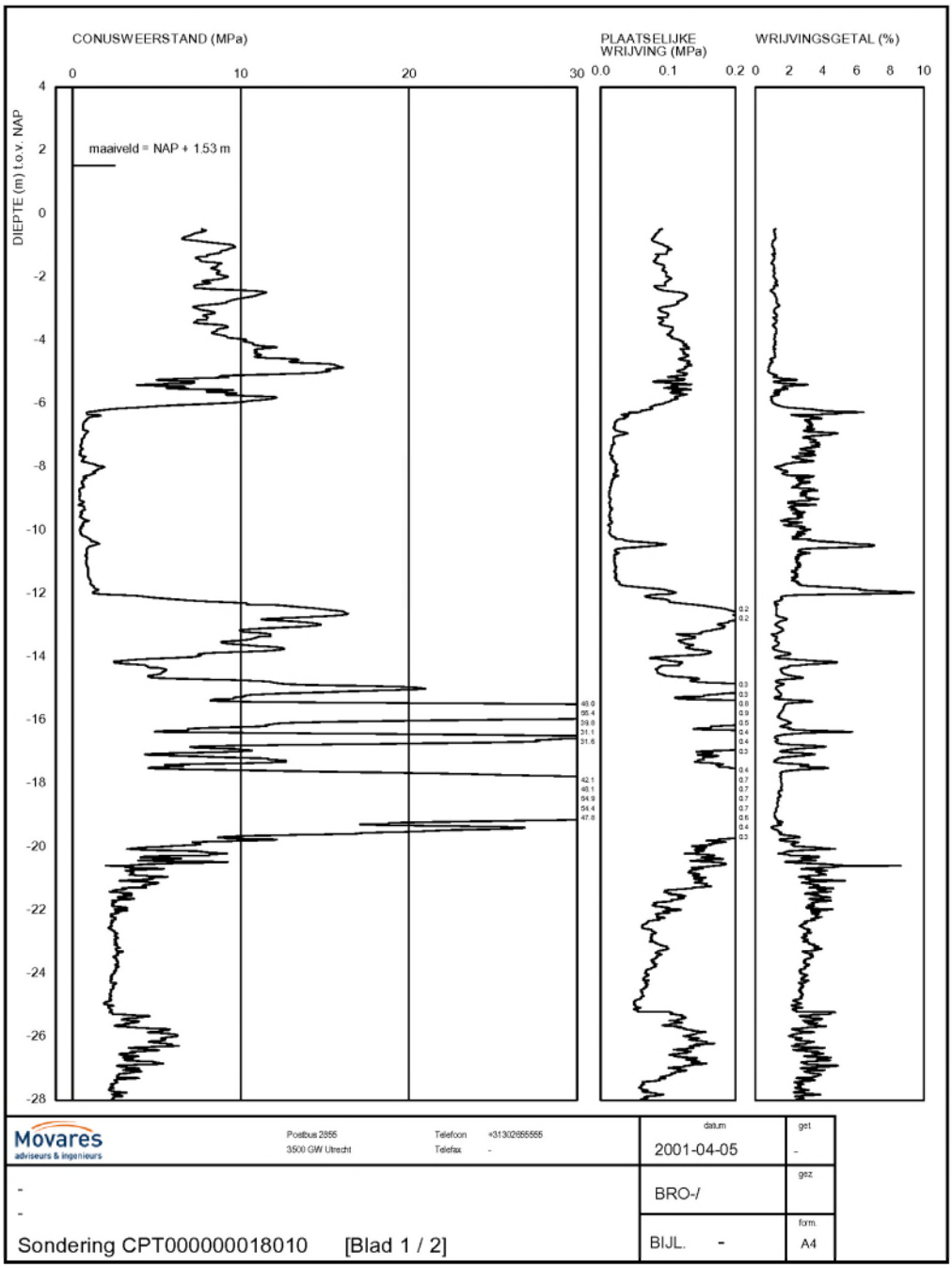
Figuur 29 Sondering CPT000000009896



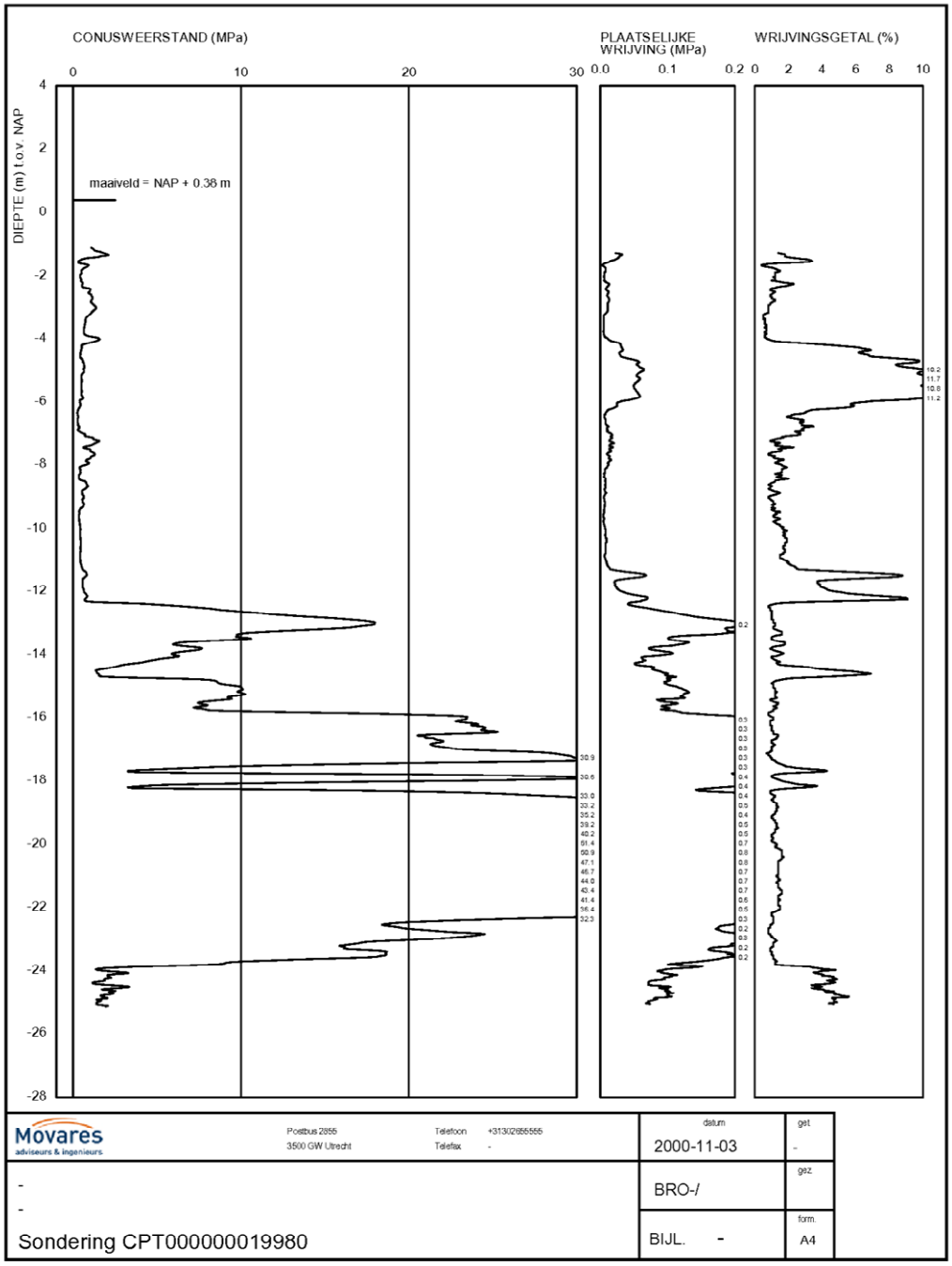
Figuur 30 Sondering CPT000000010037



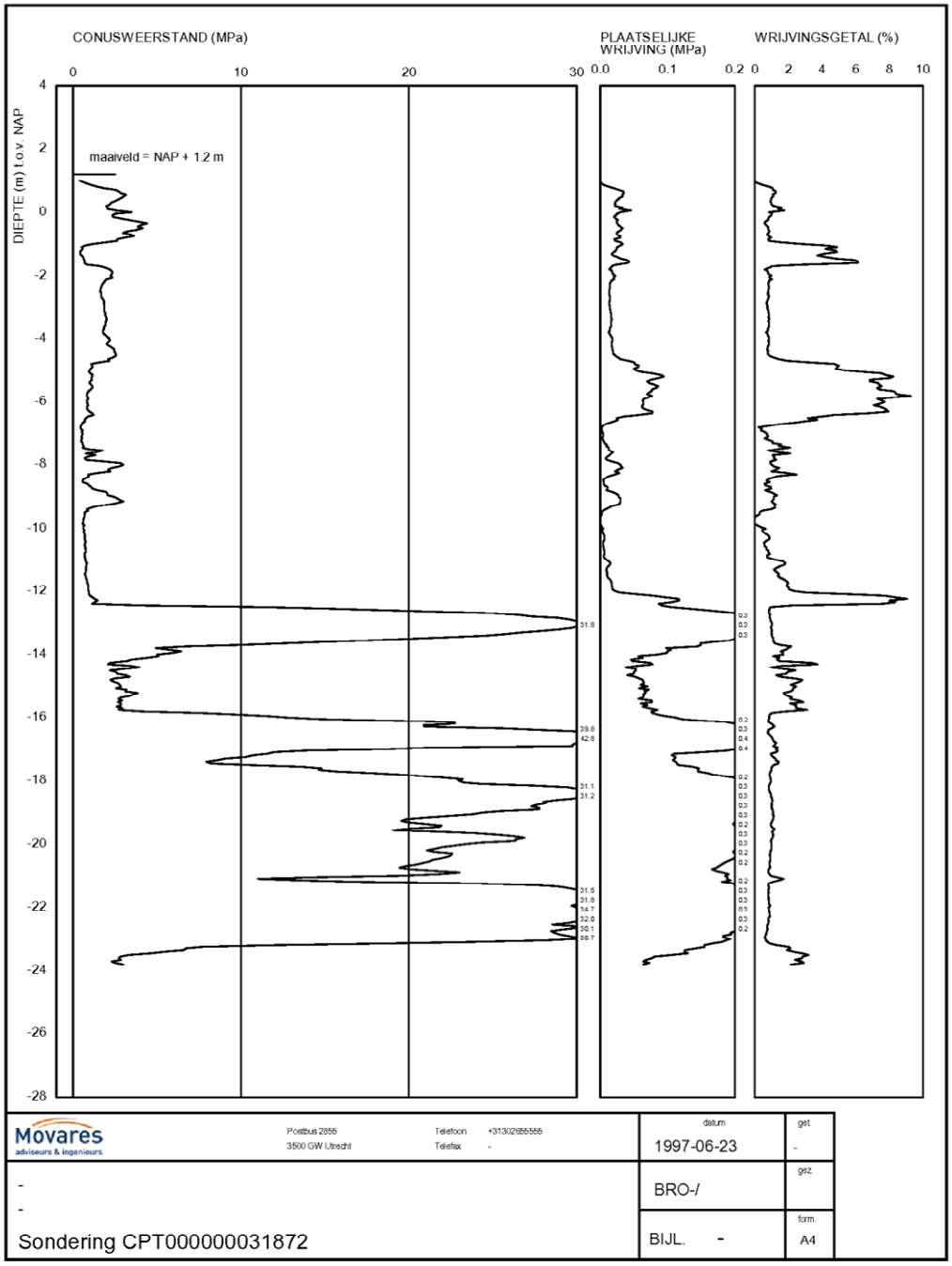
Figuur 31 Sondering CPT000000010105



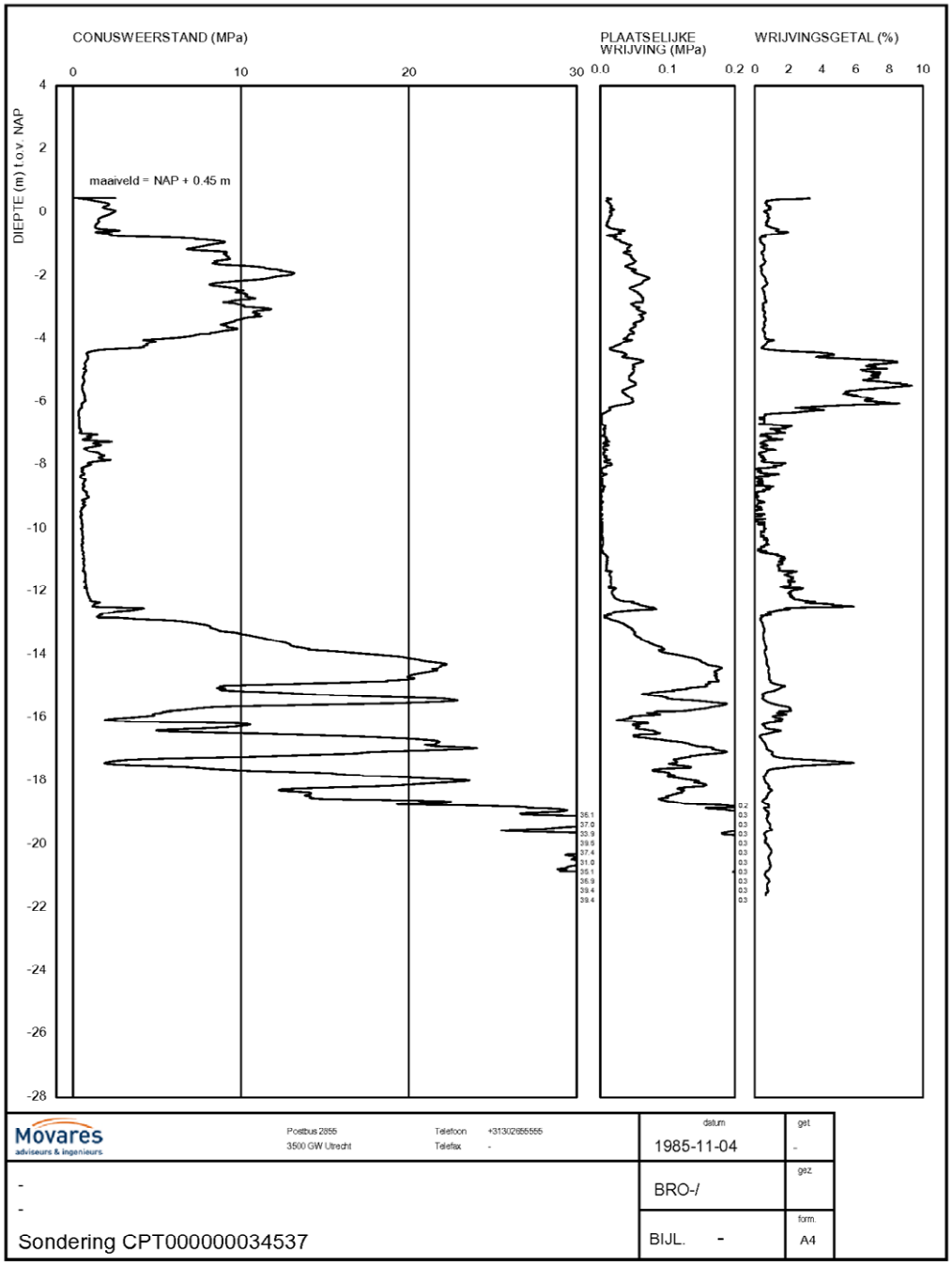
Figuur 32 Sondering CPT000000018010



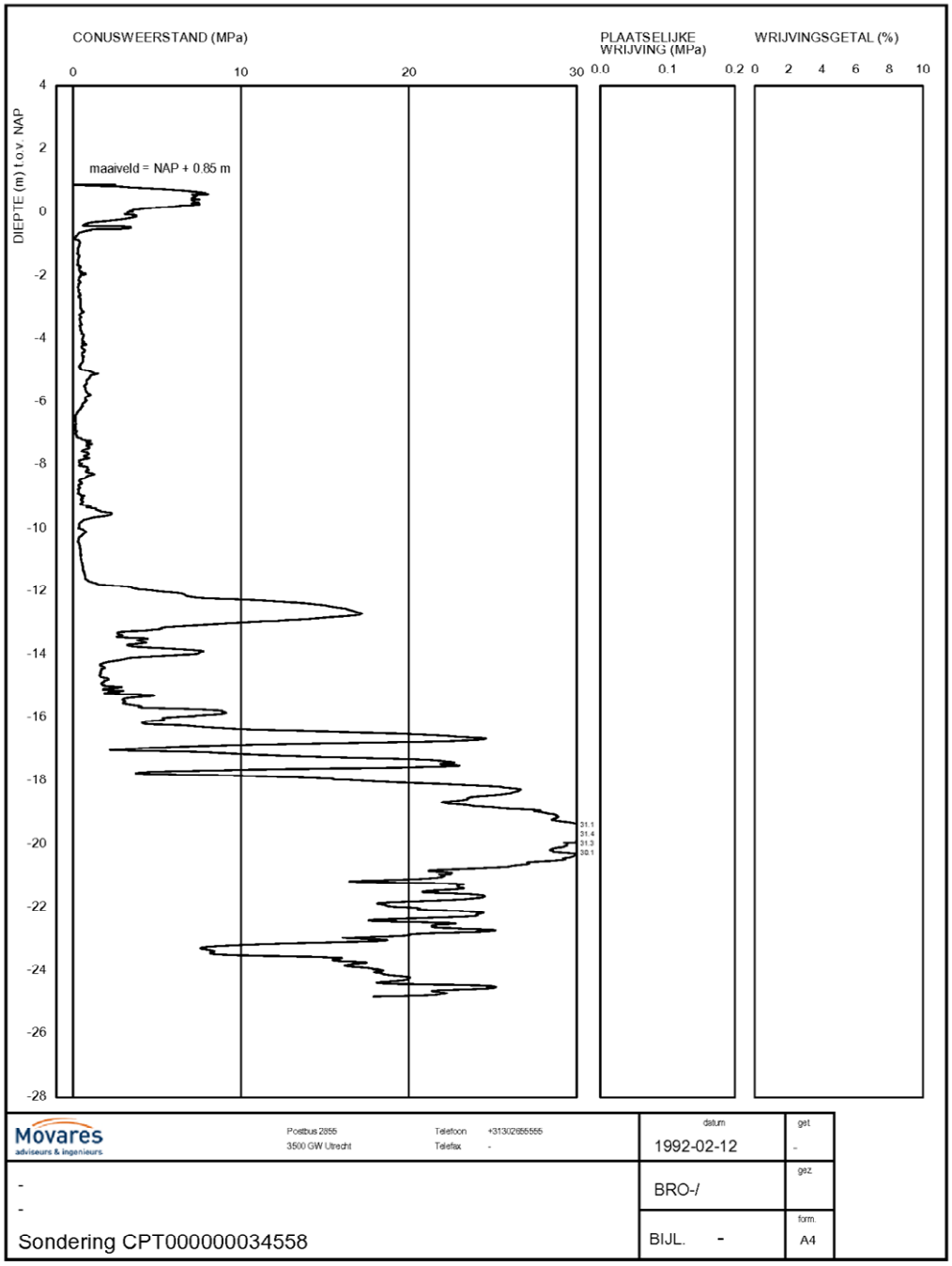
Figuur 33 Sondering CPT000000019980



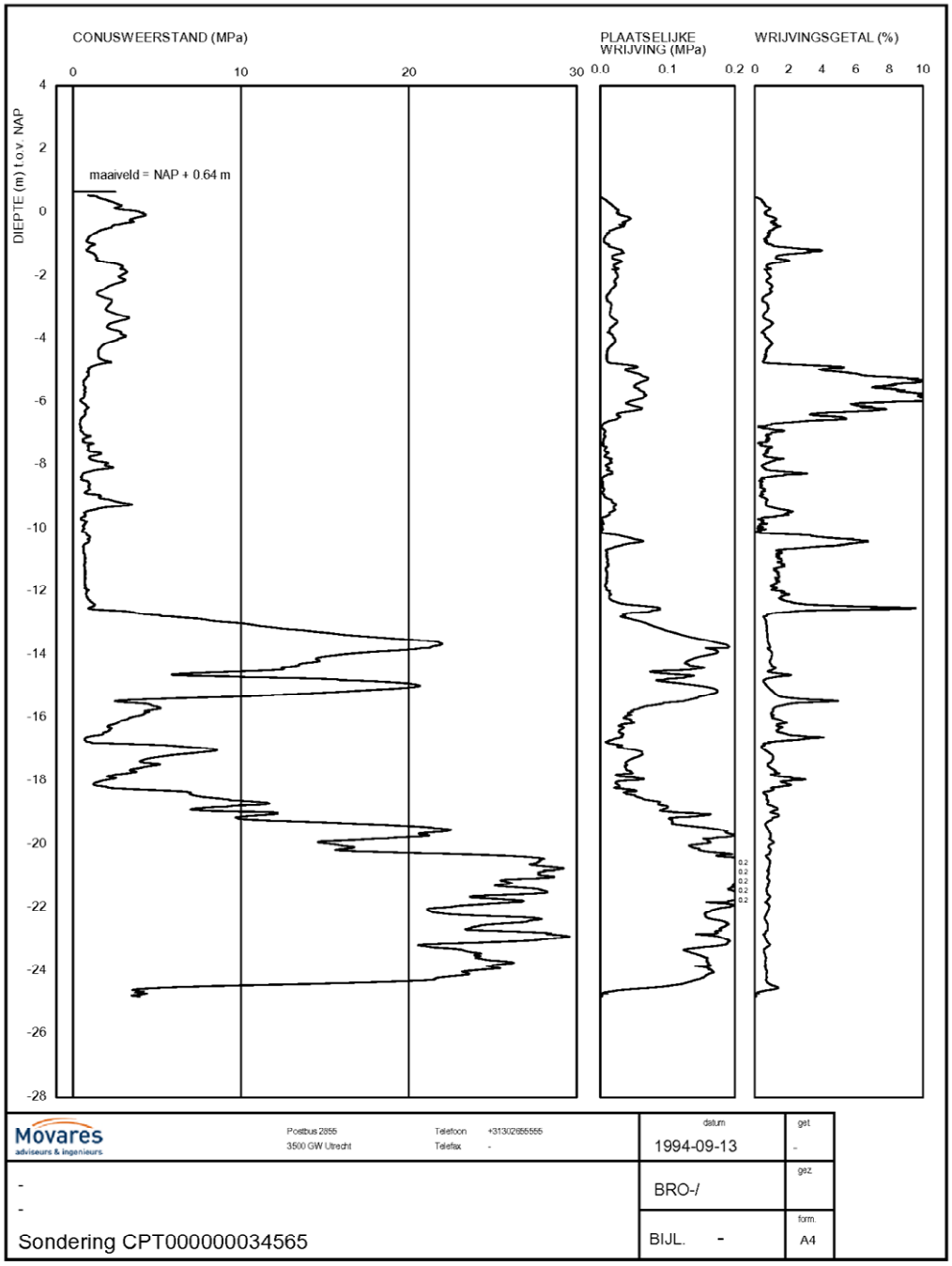
Figuur 34 Sondering CPT000000031872



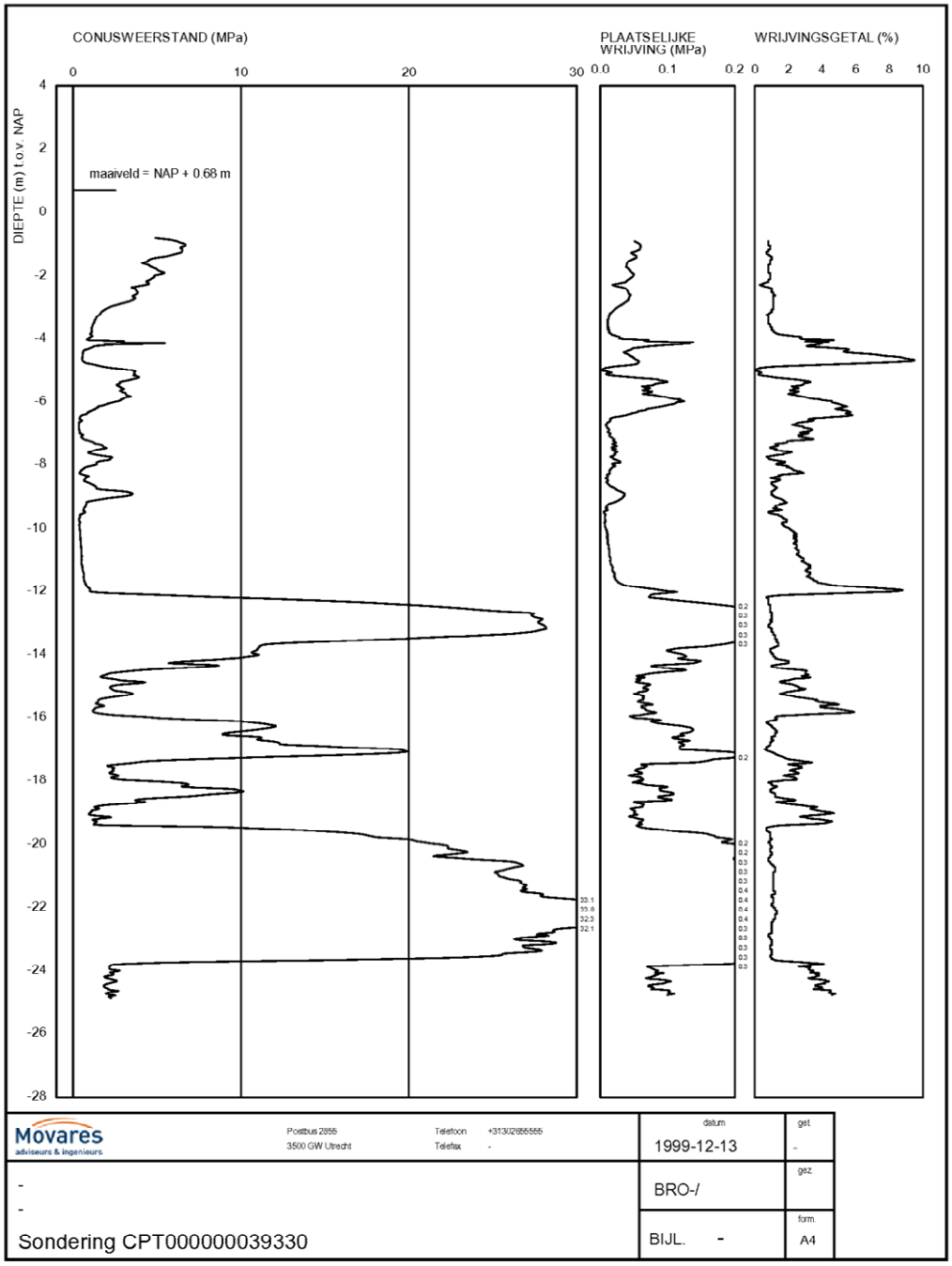
Figuur 35 Sondering CPT000000034537



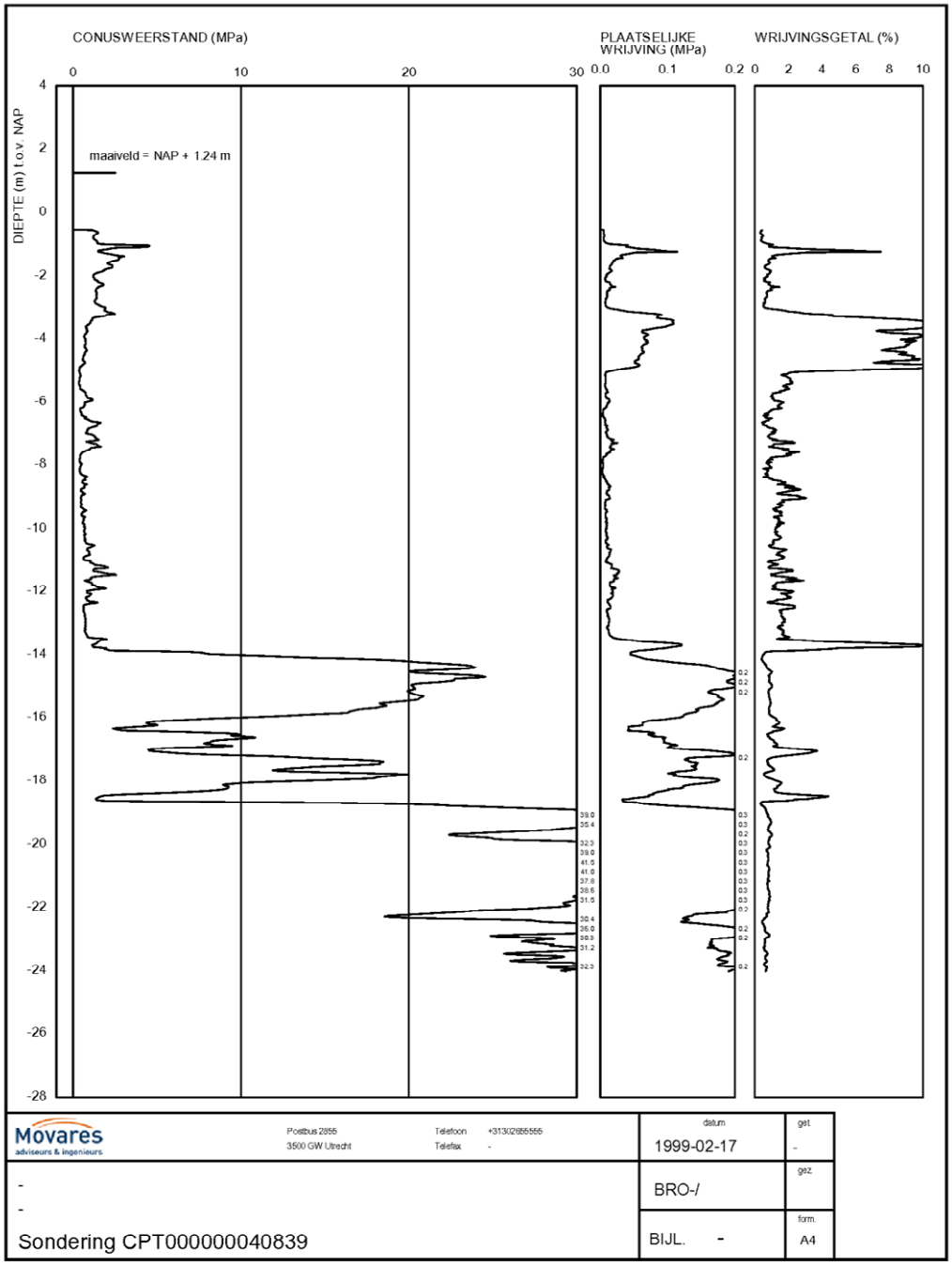
Figuur 36 Sondering CPT000000034558



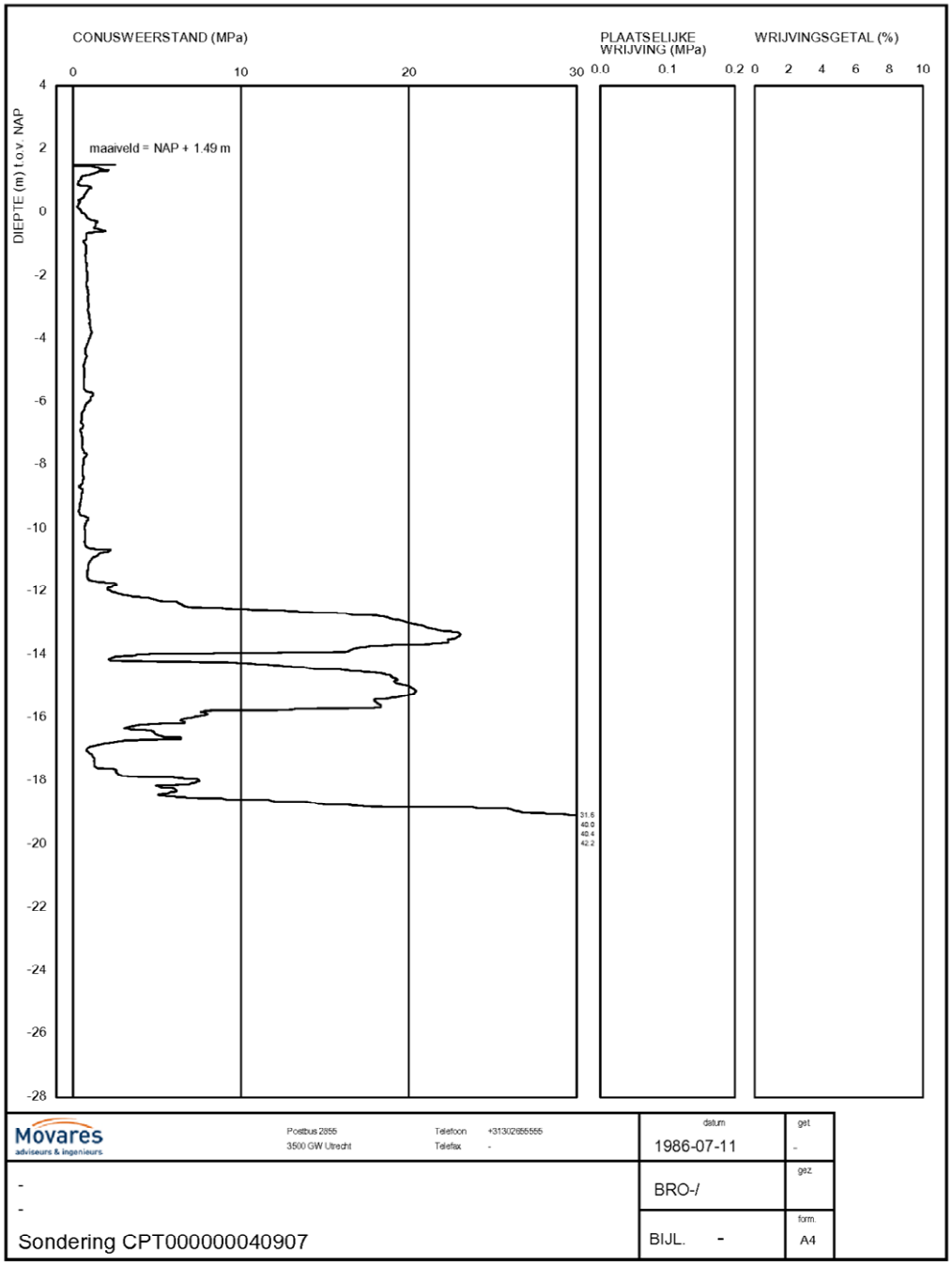
Figuur 37 Sondering CPT000000034565



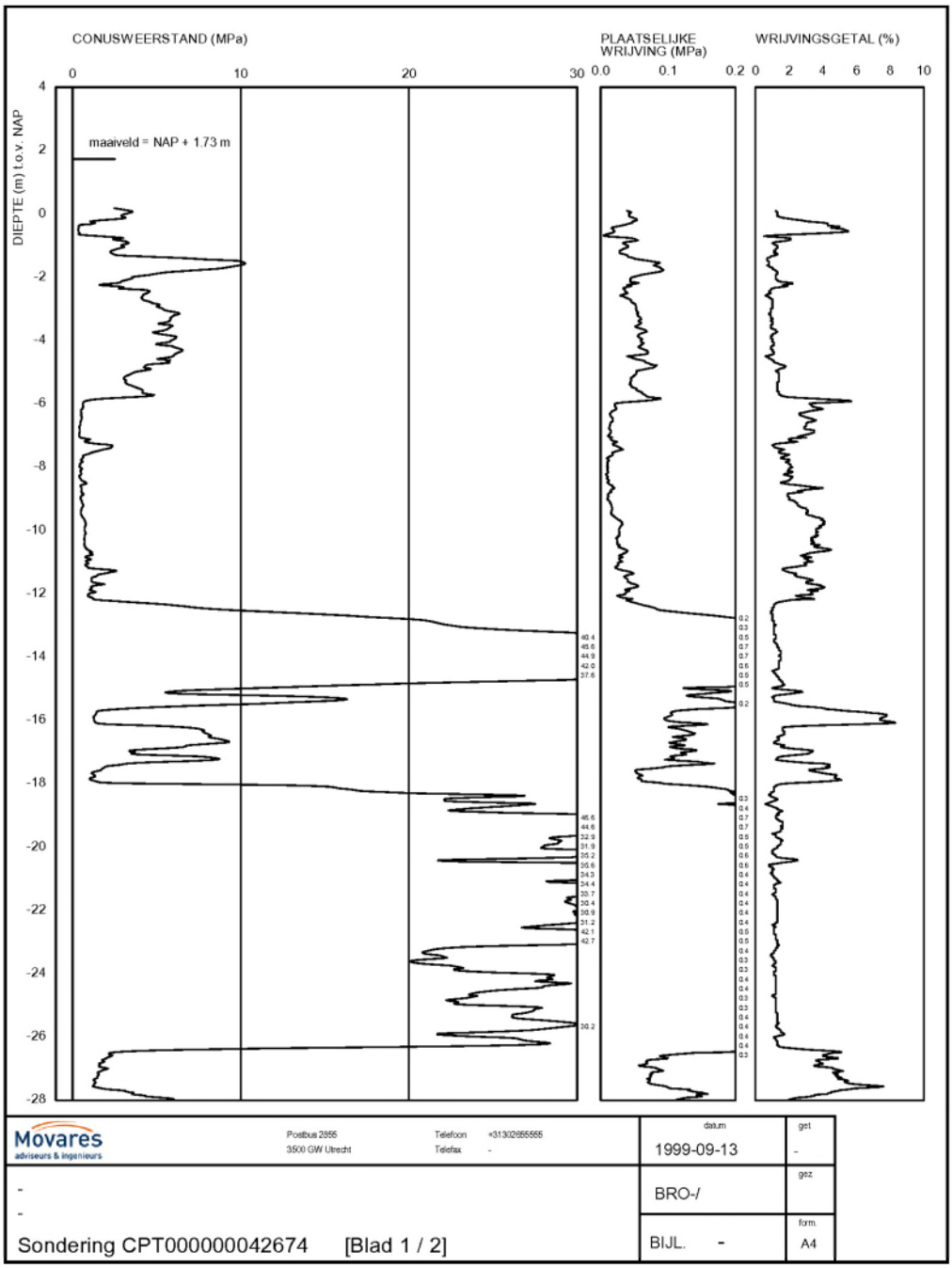
Figuur 38 Sondering CPT000000039330



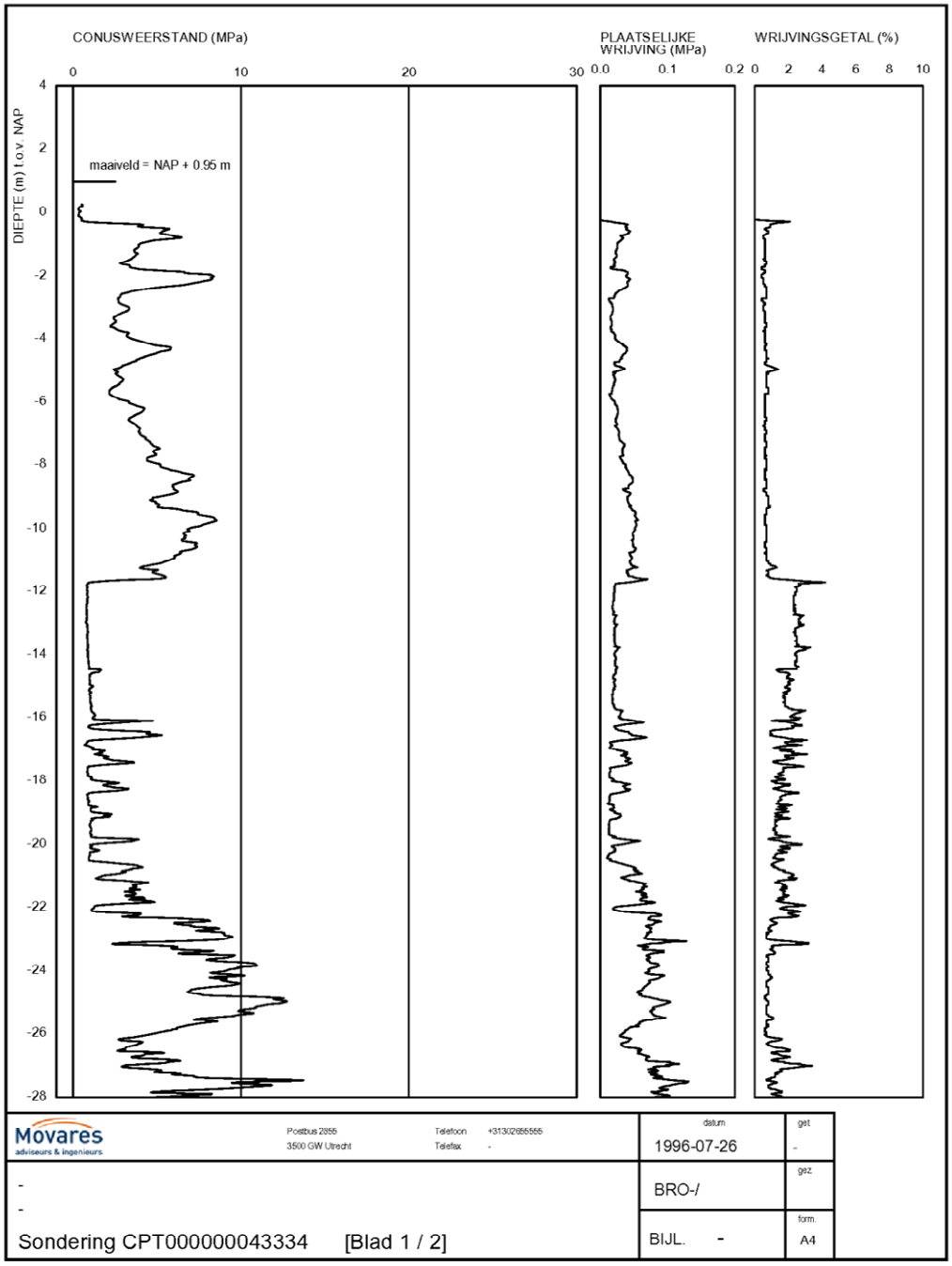
Figuur 39 Sondering CPT000000040839



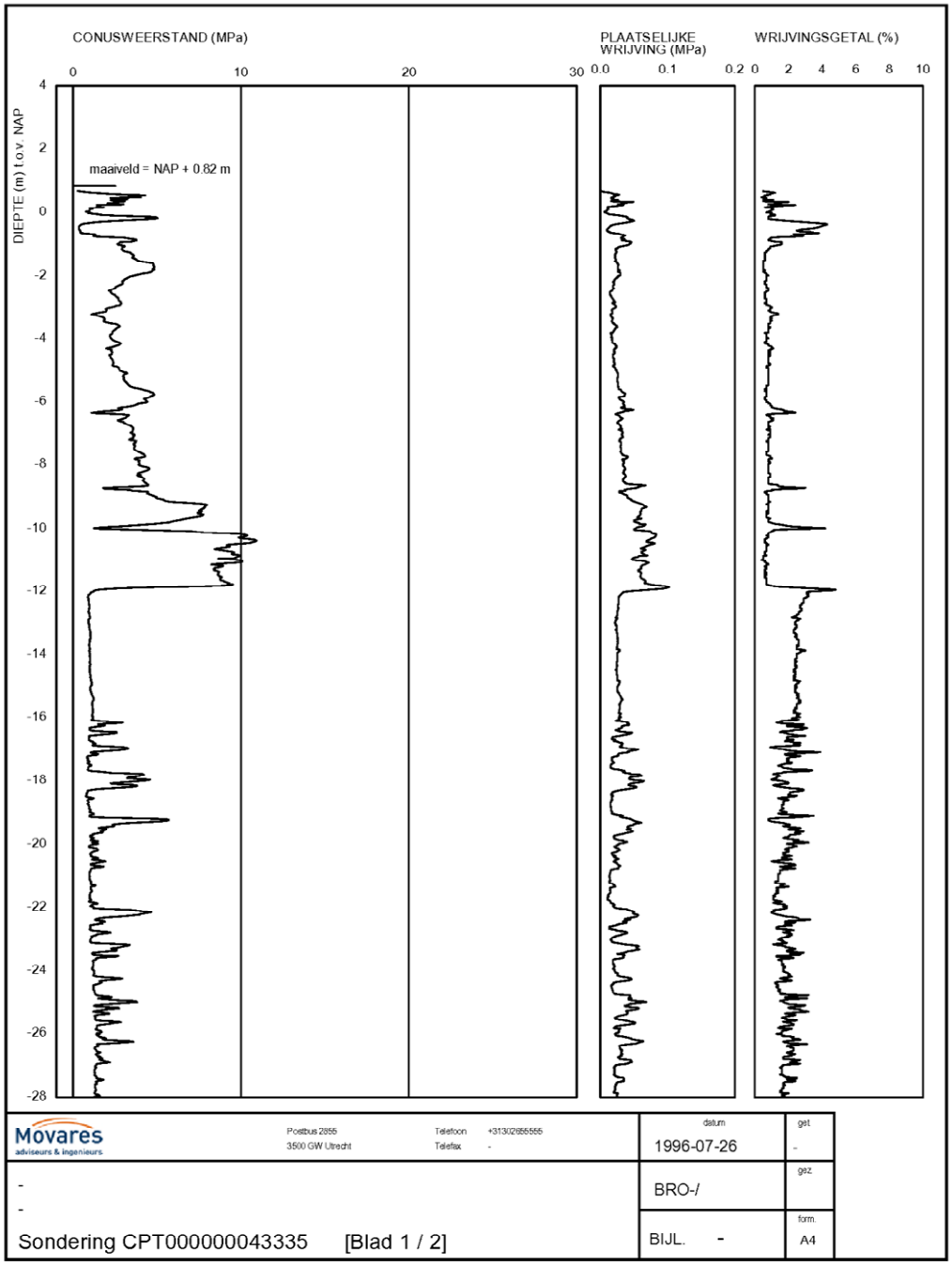
Figuur 40 Sondering CPT000000040907



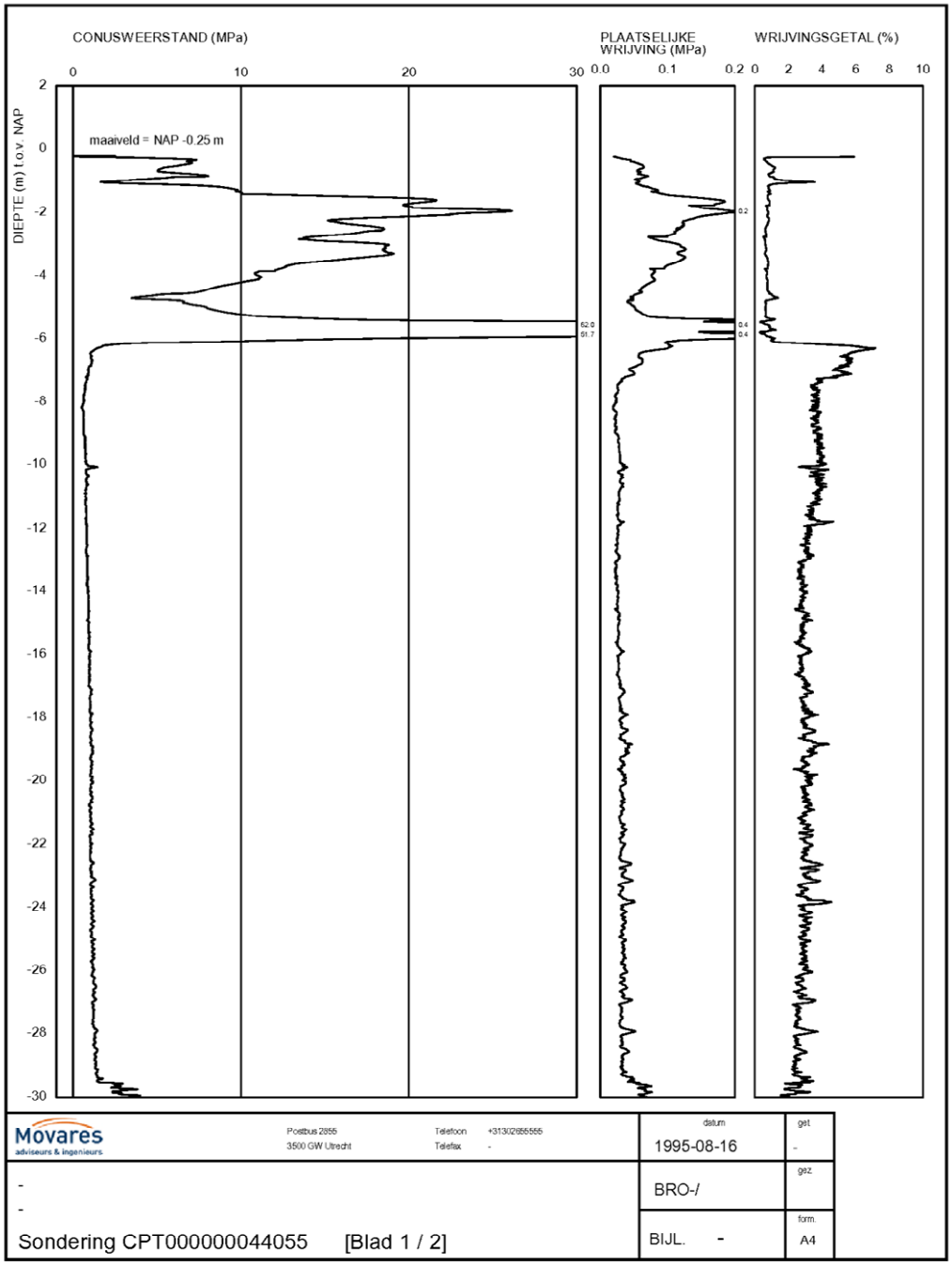
Figuur 41 Sondering CPT000000042674



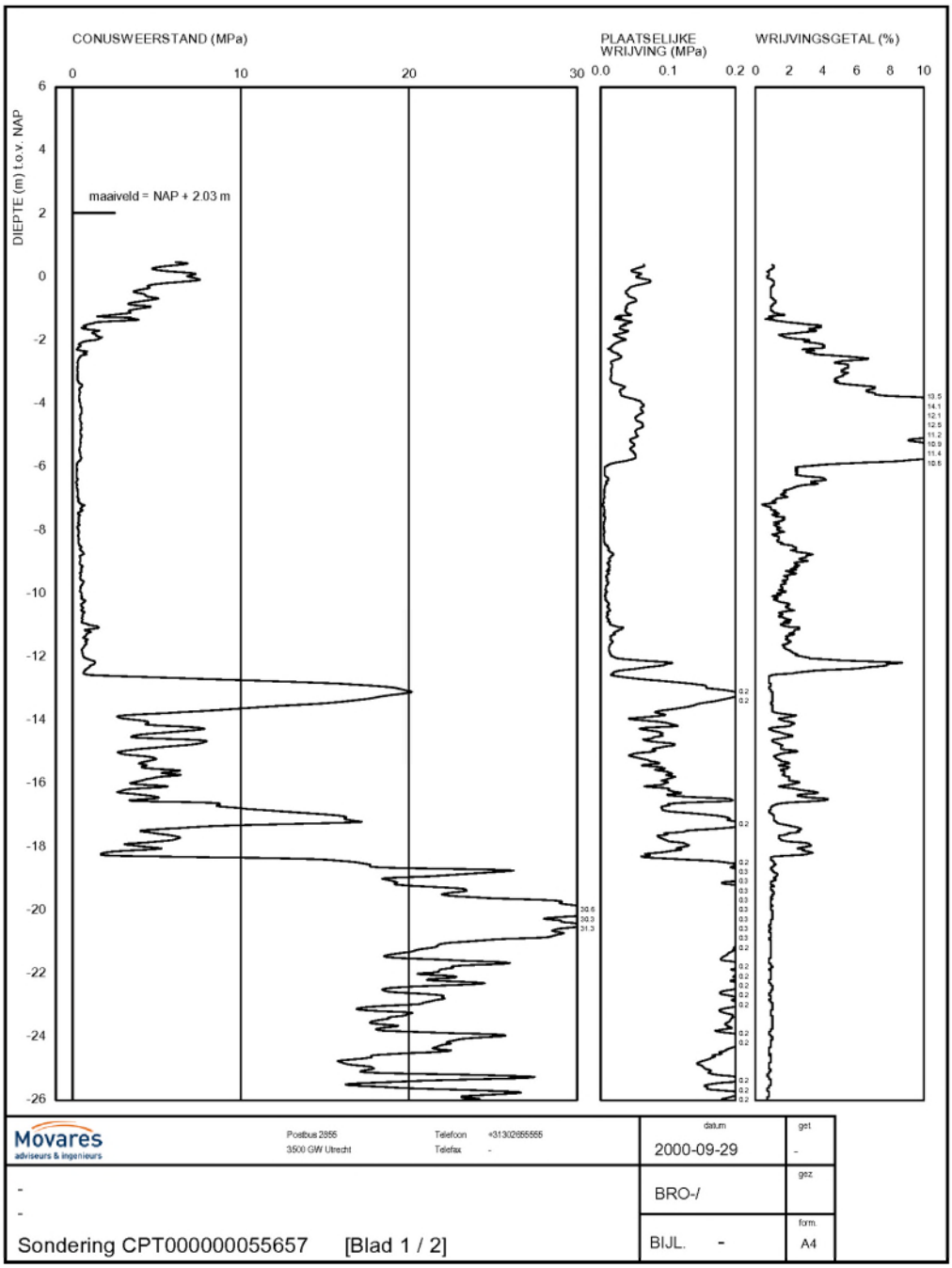
Figuur 42 Sondering CPT000000043334



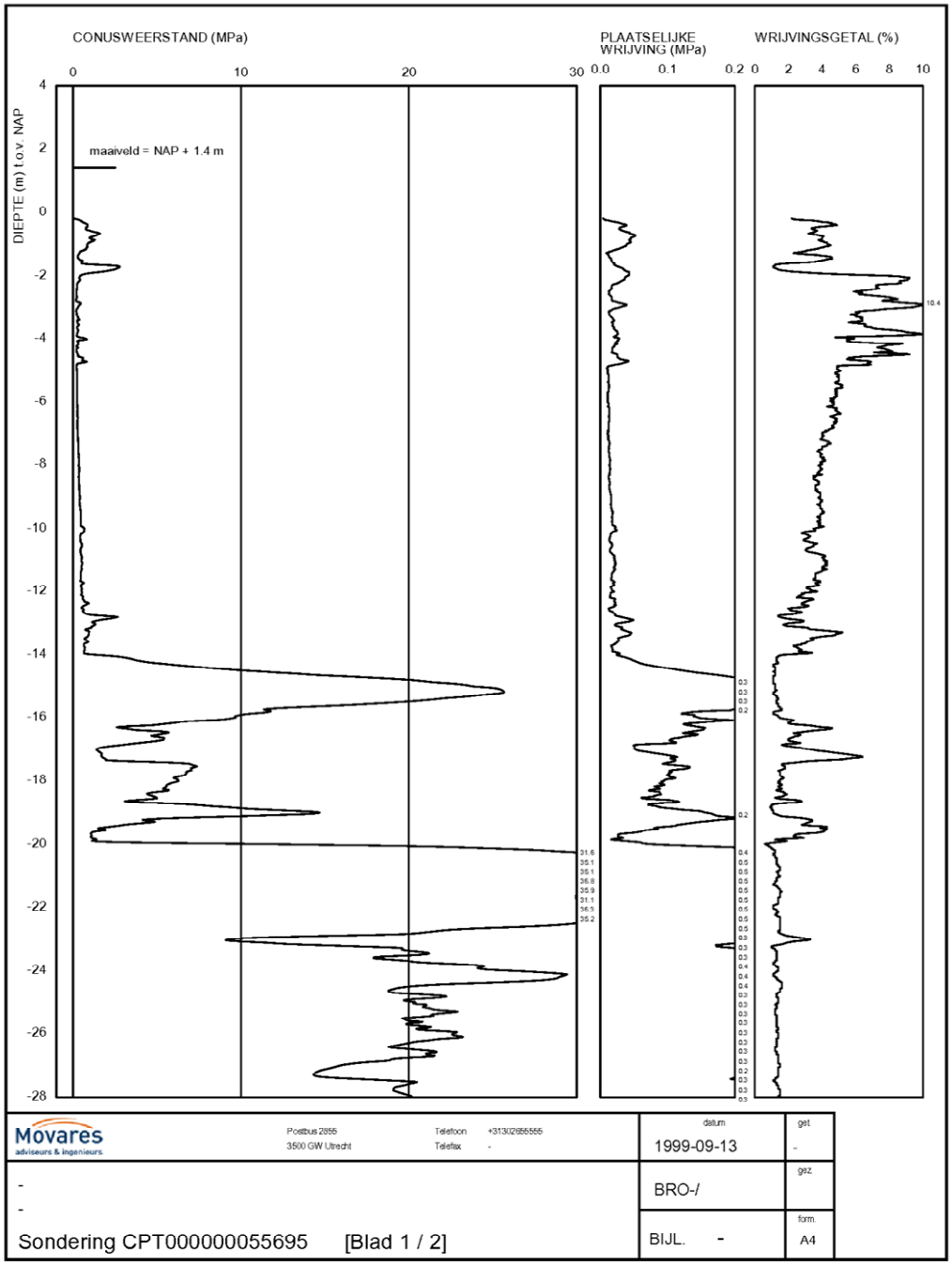
Figuur 43 Sondering CPT000000043335



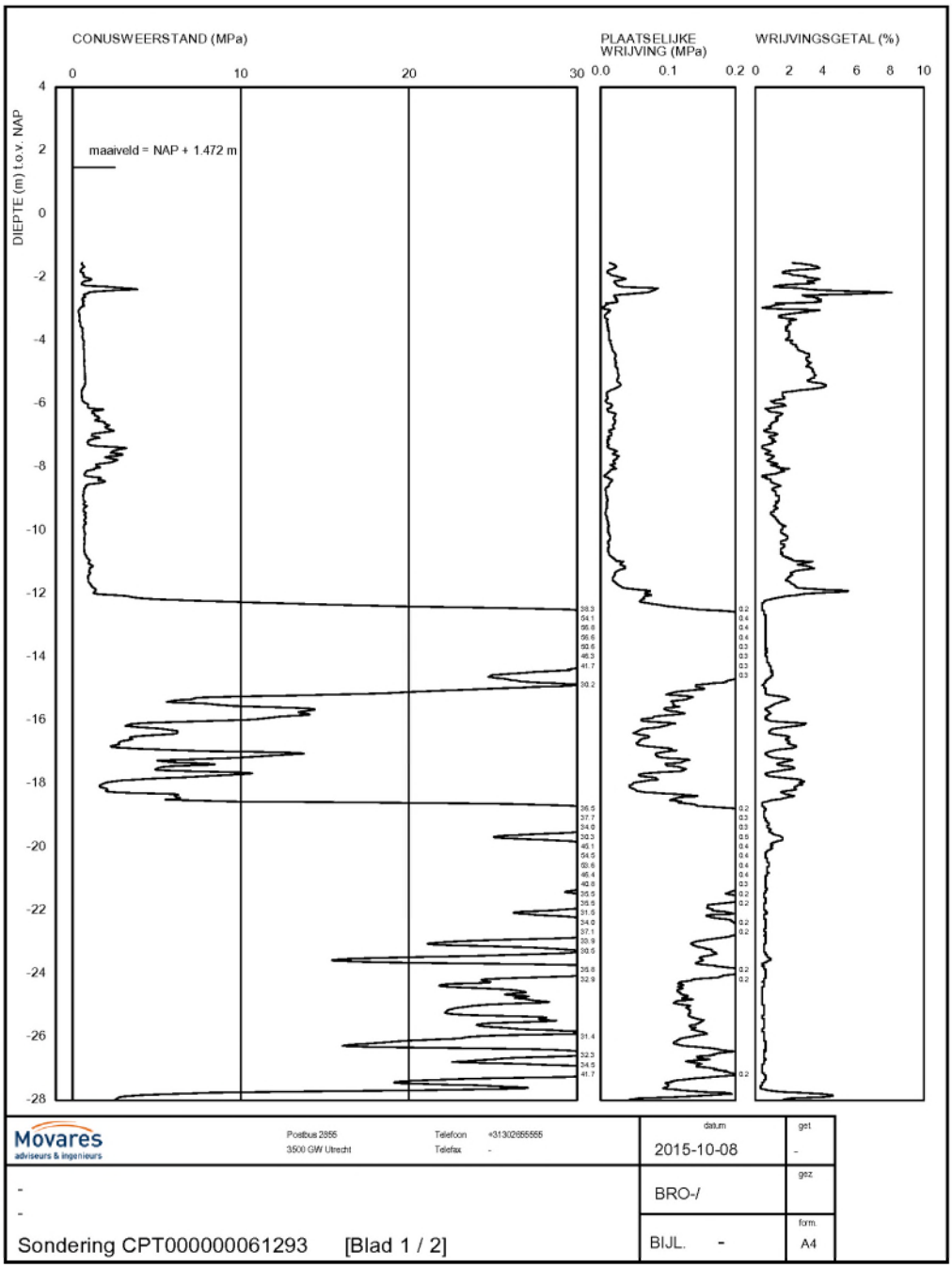
Figuur 44 Sondering CPT000000044055



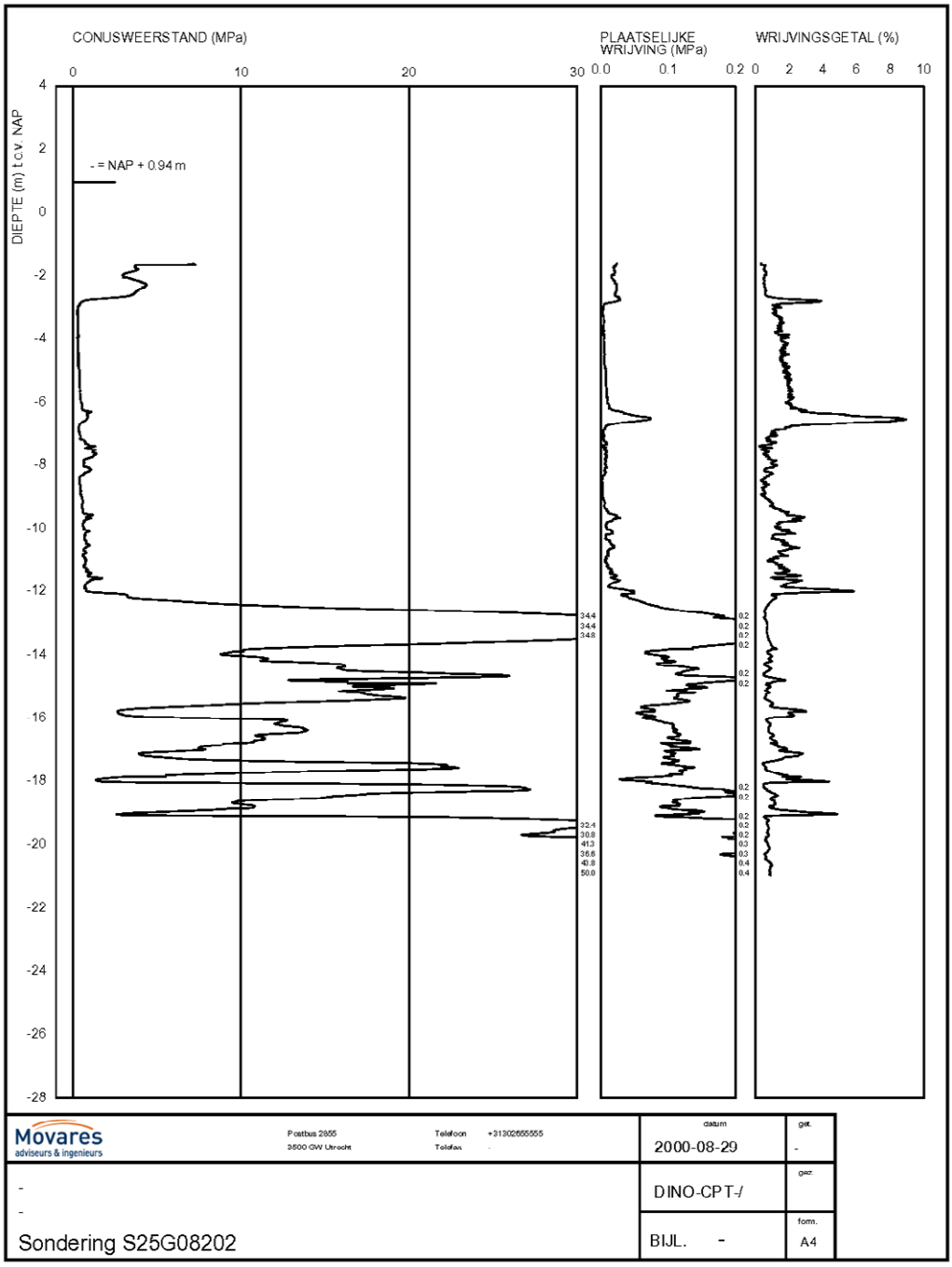
Figuur 45 Sondering CPT000000055657



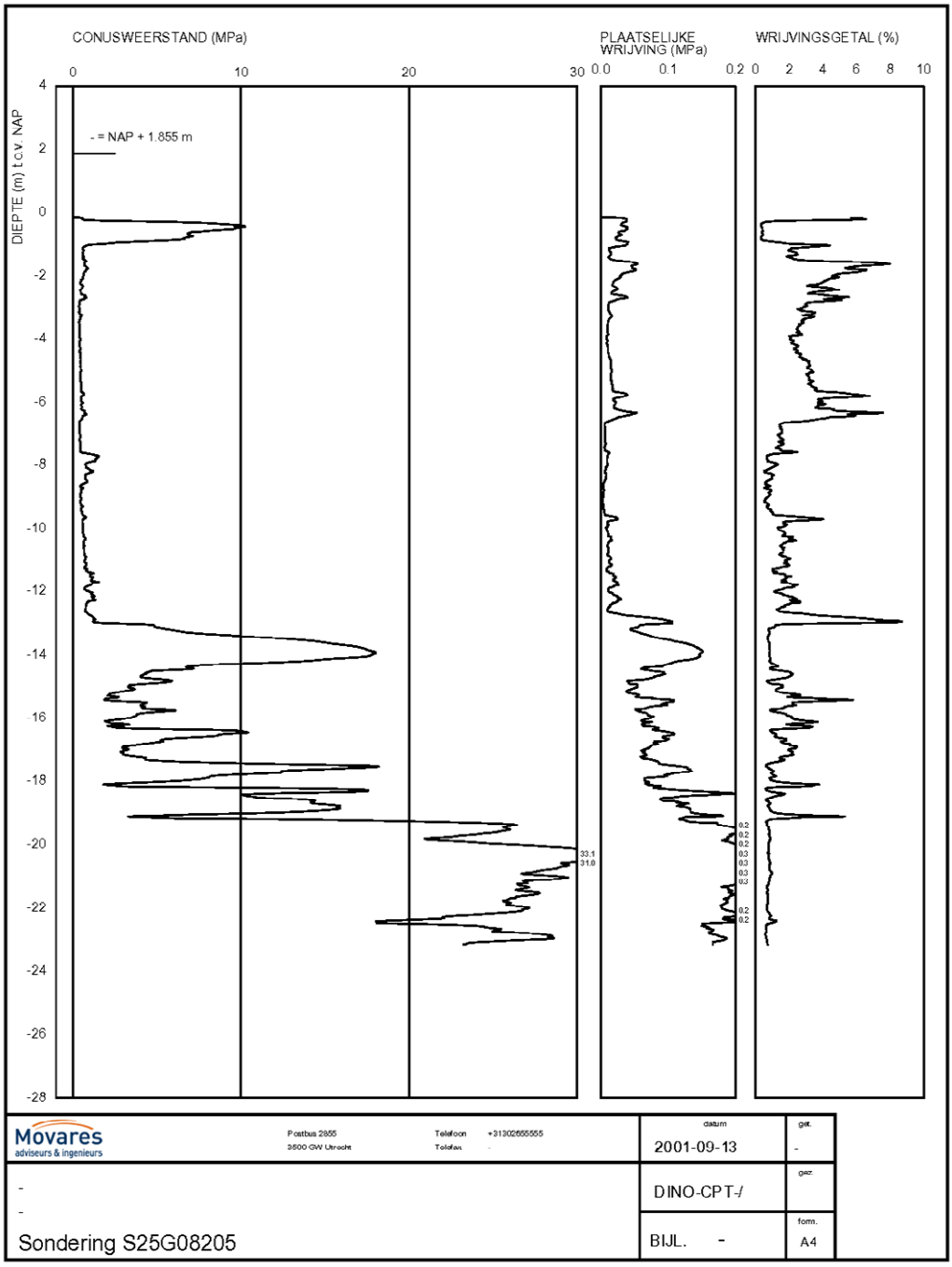
Figuur 46 Sondering CPT000000055695



Figuur 47 Sondering CPT000000061293



Figuur 48 Sondering S25G08202, gebruikt voor modellen Czaar Peterstraat



Figuur 49 Sondering S25G08205, gebruikt voor modellen Funenpark

Bijlage IV - Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

In dit trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd in woningen. Deze metingen zijn onbemand uitgevoerd met behulp van een meetcomputer die continu (gedurende minimaal een week) de trillingssignalen meet. Aan deze meetcomputer is een webcam gekoppeld die de treinen registreert. Om een dataset met trillingen van treinverkeer te genereren wordt de volgende procedure doorlopen om te garanderen dat alle door treinen veroorzaakte trillingen in beschouwing worden genomen en dat niet-spoorgerelateerde trillingen buiten beschouwing worden gelaten:

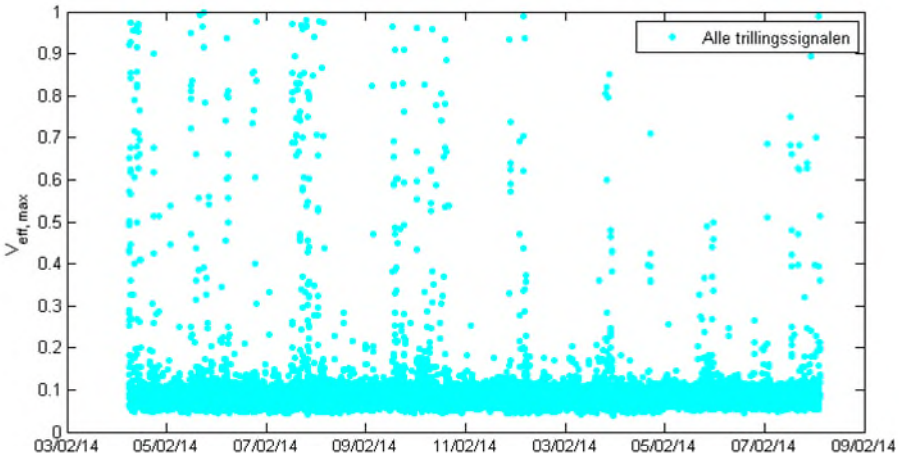
1. Stap 1: met behulp van gegevens over de passagetijden[10] en videobeelden zijn de treinen gemarkeerd. De lijst met passagetijden is gebruikt om te verifiëren dat alle passerende treinen (ook in de nacht) daadwerkelijk zijn gemarkeerd: het aantal treinen in de database komt overeen met het aantal gemarkeerde treinen.
2. Stap 2: bij de meting wordt gebruik gemaakt van meerdere sensoren. Met behulp van spectraalanalyse[11] worden de trillingssignalen van beide sensoren op elkaar gedeeld. Hierdoor kunnen lokale fenomenen (bijvoorbeeld voetstappen in de ene ruimte) worden uitgefilterd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de videobeelden om te verifiëren of de uitgefilterde signalen daadwerkelijk vervuild zijn met voetstappen.
3. Stap 3: met behulp van spectraalanalyse worden afwijkende trillingssignalen nader geanalyseerd. Signalen met een sterk afwijkend frequentiespectrum zijn vaak vervuild met werkzaamheden buiten of passerend vrachtverkeer. Omdat deze trillingen niet te wijten zijn aan passerende treinen, worden deze trillingen apart gemarkeerd als zijnde achtergrondtrillingen.
4. Stap 4: de hoogste waarden uit de dataset worden nogmaals gecontroleerd of het niet-vervuilde treinsignalen zijn of niet. Elke trein wordt gemarkeerd met de bijbehorende spoorafstand. Alle niet spoorgerelateerde trillingsbronnen worden apart gemarkeerd. In de datasets in het meetrapport zijn deze trillingsbronnen eveneens weergegeven.

Deze stappen worden met behulp van een voorbeeldsituatie nader toegelicht in deze bijlage.

[10] Deze passagetijden zijn opgevraagd bij ProRail
[11] Spectraalanalyse is het onderzoeken van het frequentiespectrum van een trillingssignaal. Hierbij wordt naar de verschillende frequenties gekeken.

IV.1 Verwerking van ruwe meetdata

Na het uitvoeren van de meting wordt de ruwe data geconverteerd naar $V_{eff,max}$-waarden per 30 seconden, conform de procedure in de SBR B-richtlijn. Per meetlocatie is deze meetdata weergegeven in Bijlage VIII. Een voorbeeld van een dergelijk resultaat is weergegeven in Figuur 50. Elk punt stelt een 30-secondeperiode voor. In de resultaten is duidelijk zichtbaar dat er periodieke verstoringen optreden, die met een dag-nacht ritme terugkeren.



Figuur 50: Meetdata, $V_{eff,\ max}$ per 30 seconden voor het fictieve voorbeeld

IV.2 Stap 1 – Toekennen van treinpassages aan 30-seconde periodes

In de eerste stap van de verwerkingsprocedure wordt gekeken of binnen een bepaalde 30-secondeperiode een trein passeert, en zo ja, om welk type trein het gaat en over welk spoor deze trein rijdt. Deze eerste selectie vindt bij voorkeur plaats met behulp van gegevens over de passagetijden van alle treinen, en wordt eventueel geverifieerd met behulp van de videobeelden. Door deze dubbele procedure wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen worden meegenomen in de analyse.

Een voorbeeld wordt hieronder toegelicht.

Voorbeeldsituatie

De gegevens per treinpassage geven voor verschillende zogenaamde 'dienstregelpunten' de passagetijd van elke gepasseerde trein aan. Per passage en per dienstregelpunt zijn het unieke treinnummer, de vervoerder, het treintype, de rijrichting en het type trein opgenomen. Met deze gegevens kan een inschatting worden gegeven van de passagetijd van elke trein op de meetlocatie.

In deze voorbeeldsituatie zijn er passagegegevens van een trein met treinnummer 104 van vervoerder NSR (NS Reizigers) op de passagepunten *Ut* en *Utoa*, zie Figuur 51. De locaties van deze passagepunten zijn bekend, de meetlocatie ligt ongeveer halverwege tussen deze punten in. Verder is de richting van de trein en het type trein (*IC*) aangegeven. Op basis van de passagetijden en de locatie is de verwachting dat deze trein tussen 12:42:30 en 12:43:15 passeert.

ProRail

PAB Detailtreinactiviteiten

							Plantijd	Rijkarakteristiek
Dag	Vervoerder	Treinnummer	Rijrichting	Rijvolgorde	Dienstregelpunt	Activiteit	Uitvoering	Uitvoering
24-02-2014	NSR	104	VB	540	Ut	V	21-jul-2013 12:42:00	IC
24-02-2014	NSR	104	VB	550	Utoa	D	21-jul-2013 12:43:58	IC
24-02-2014	NSR	105	NB	180	Utoa	D	21-jul-2013 12:44:26	ICE
24-02-2014	NSR	105	NB	190	Ut	A	21-jul-2013 12:46:43	ICE

Figuur 51: Voorbeeldgegevens treinpassages voor het fictieve voorbeeld

Elk type trein heeft verder een karakteristiek trillingsspectrum. Voor de verschillende 30-secondeperiodes waarin de treinpassage kan hebben plaatsgevonden, wordt het karakteristieke trillingsspectrum van de passerende trein vergeleken met het trillingsspectrum van die 30-secondeperiode. Middels een gewogen[12] kleinste kwadratenmethode[13] wordt bepaald welke periode van 30 seconden het best passend is, deze periode wordt gemarkeerd als zijnde de treinpassage.

Op een deel van de locaties vindt aanvullend geautomatiseerde verificatie plaats op basis van beeldverwerking van de videobeelden, zie Figuur 52.Hierbij worden opeenvolgende videobeelden geautomatiseerd met elkaar vergeleken om te bepalen of er een trein passeert, en zo ja, in welke richting en met welke rijsnelheid.

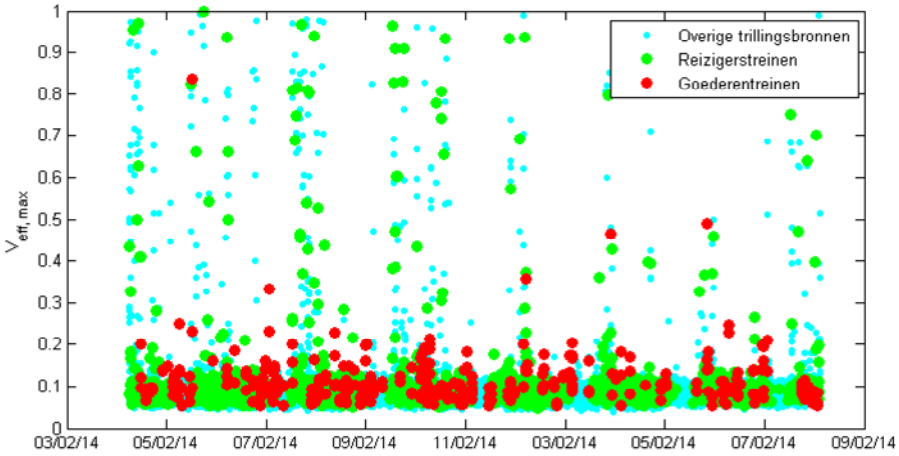
[12] Gewogen voor trillingssterkte, zodat sterkere trillingssignalen zwaarder worden meegenomen dan minder sterke trillingssignalen

[13] Kleinste kwadratenmethode is een rekenmethode om een verdeling punten te vergelijken met bijvoorbeeld een berekende waarde. De methode geeft aan welke punten het dichtst bij de berekende waarde liggen.

Figuur 52: Videobeelden en triilingssignalen voor het fictieve voorbeeld

Op deze manier wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen ook daadwerkelijk worden gemarkeerd als zijnde een trein.

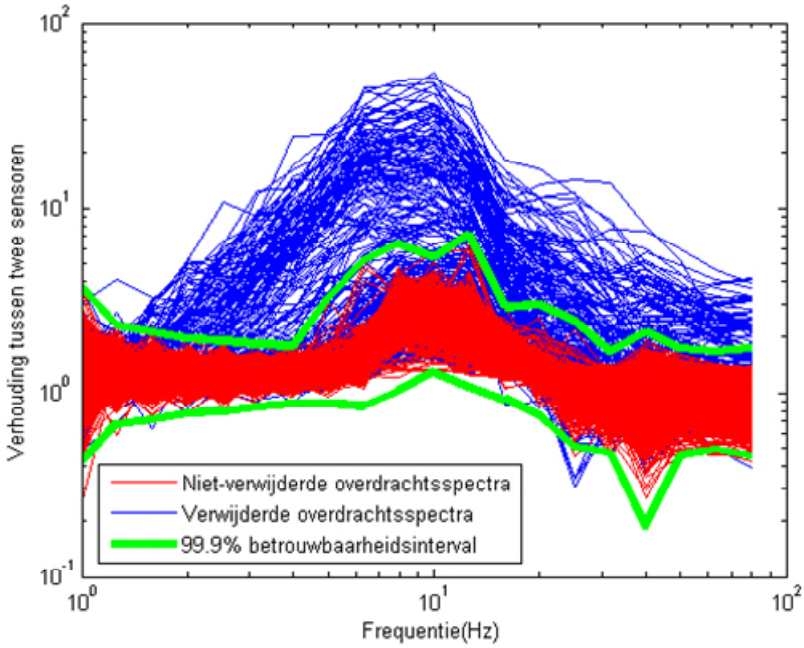
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur 53. De blauwe stippen zijn geen treinen, de overige als trein gemarkeerde stippen zijn mogelijk treinen maar kunnen ook vervuild zijn. In vervolgstappen worden deze vervuilde signalen verwijderd.



Figuur 53: Meetdata met gemarkeerde treinpassages voor het fictieve voorbeeld

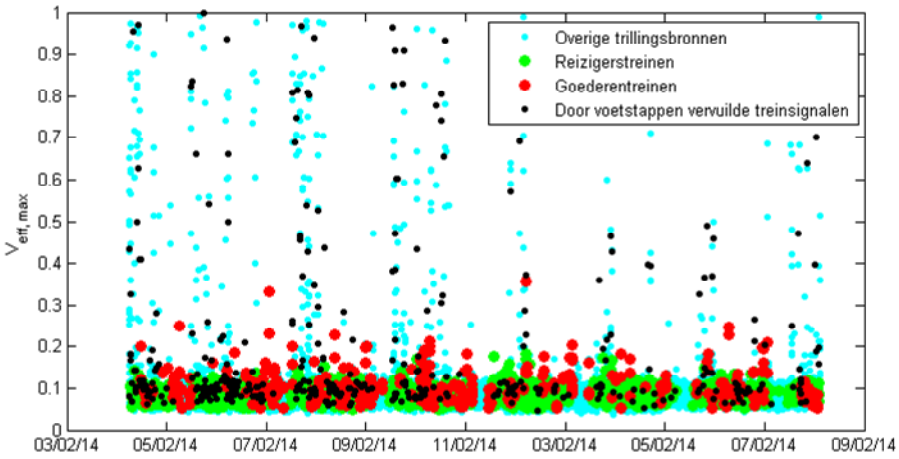
IV.3 Stap 2 – Uitfilteren van interne verstoringen, zoals voetstappen

Omdat gebruik wordt gemaakt van meerdere sensoren, kunnen de trillingsspectra van de verschillende sensoren op elkaar worden gedeeld. Hierdoor worden lokaal optredende trillingen, zoals voetstappen, inzichtelijk gemaakt. Deze voetstappen vertonen immers alleen een uitslag op een van beide sensoren. Een voorbeeld van deze selectie op trillingsspectra is weergegeven in Figuur 54. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in overdrachten en geverifieerd in de videobeelden.



Figuur 54: Spectraalanalyse in stap 2 voor het fictieve voorbeeld

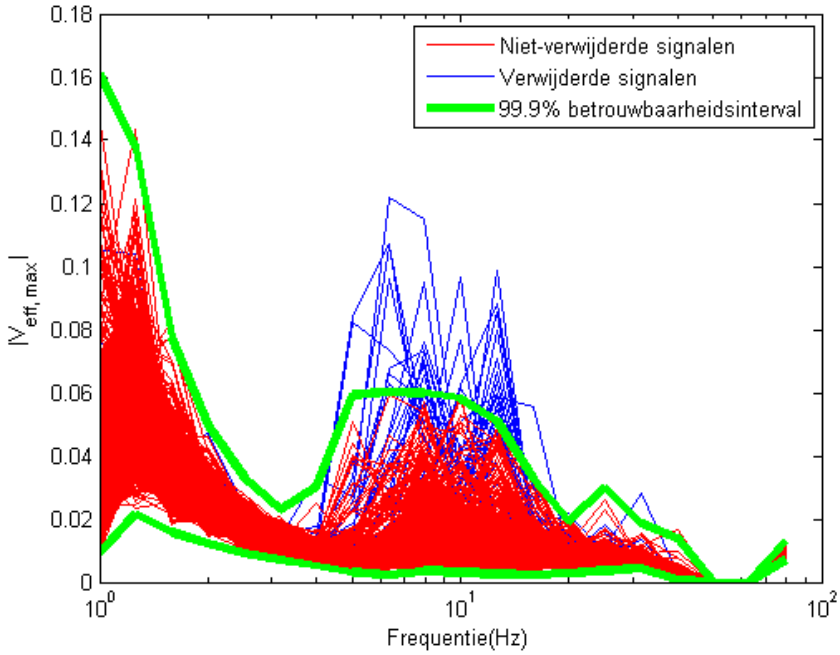
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur 55.



Figuur 55: Meetdata met gemarkeerde treinpassages en uitgefilterde lokale trillingsbronnen voor het fictieve voorbeeld

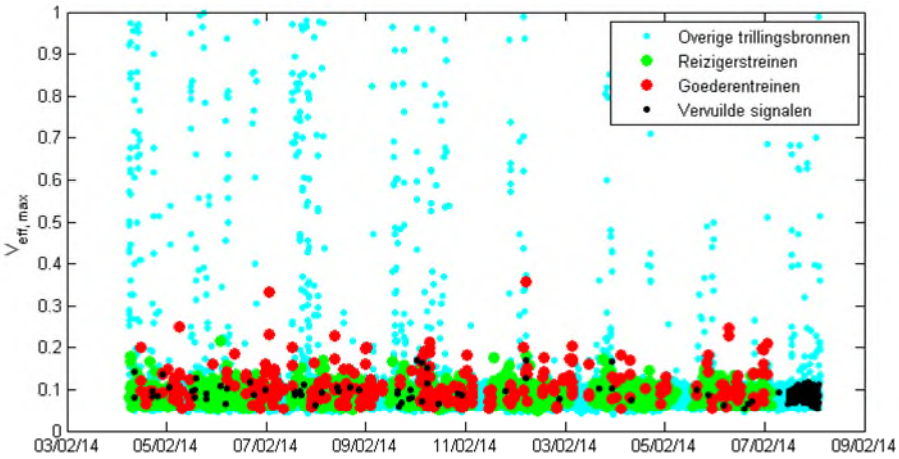
IV.4 Stap 3 – Uitfilteren van externe verstoringen

Conform het memo van Level Acoustics worden niet-spoor gerelateerde gebeurtenissen, zoals wegverkeer en bouwwerkzaamheden, verwijderd uit de dataset. In het geval van externe verstoringen, zoals de passage van vrachtauto's of het gelijktijdig uitvoeren van werkzaamheden buiten het gebouw, kunnen deze verstoringen worden uitgefilterd met behulp van spectraalanalyse. Deze spectraalanalyse vindt per treintype plaats, zodat duidelijk zichtbaar wordt welke 30-secondeperiodes sterk afwijkende trillingsspectra hebben. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 56. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in signalen en geverifieerd met behulp van de videobeelden.



Figuur 56: Spectraalanalyse in stap 3 voor het fictieve voorbeeld

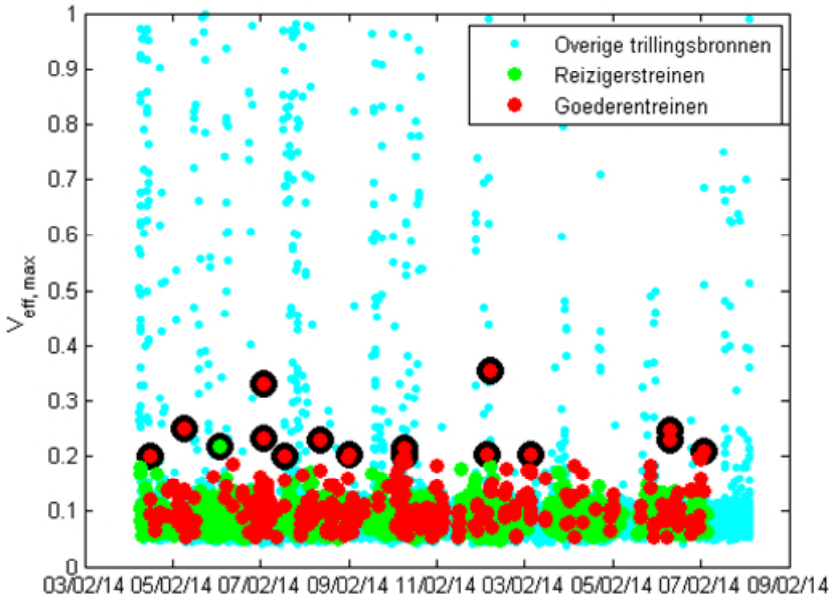
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur 57.



Figuur 57: Meetdata met gemarkeerde treinpassages en externe trillingsbronnen voor het fictieve voorbeeld

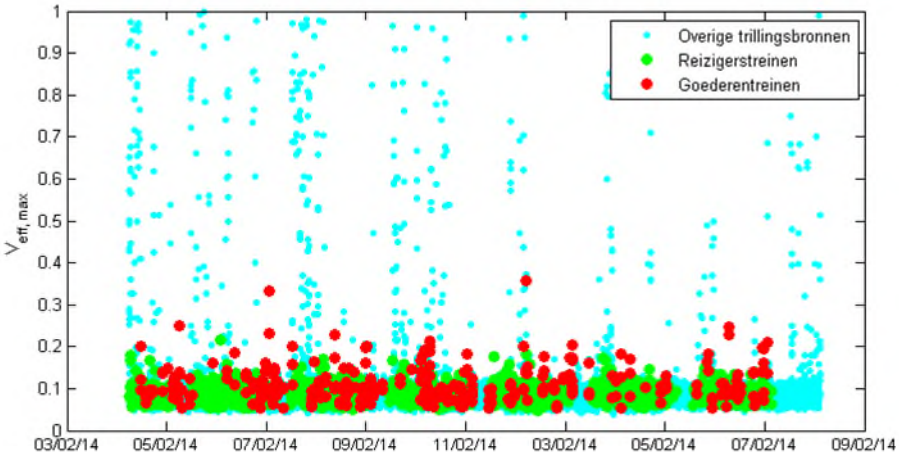
IV.5 Stap 4 – Controle van hoogste waarden

Als laatste controlestap worden alle hoge trillingssignalen nogmaals gecontroleerd op vervuiling door andere trillingsbronnen. Deze laatste controle vindt handmatig plaats in de meetsoftware. Hierbij worden de trillingssignalen en videobeelden beschouwd op afwijkingen en verstoringen. Een voorbeeldselectie van te controleren trillingssignalen (zwart omcirkelde meetpunten) voor dit voorbeeld is weergegeven in Figuur 58.



Figuur 58: Te controleren treinsignalen in stap 4 voor het fictieve voorbeeld

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur 59. Dit is de uiteindelijke dataset waarover de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} worden bepaald.



Figuur 59: Schone dataset met treinpassages voor het fictieve voorbeeld

IV.6 Naverwerkingsprocedure

De naverwerkingsprocedure zoals die is toegepast in dit trillingsonderzoek is gebaseerd op optie 1 uit het memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics, waarbij gedurende minimaal 7 x 24 uur op diverse meetpunten in een gebouw is gemeten en de trillingen van alle meetrichtingen zijn vastgelegd. Vervolgens wordt de volgende naverwerkingsprocedure gestart:

1. Er wordt vastgesteld op grond van hoeveel meetdagen de verzameling $V_{eff,\ max,\ i}$ – waarden tot stand is gekomen. Deze parameter wordt *#meetdagen* genoemd;
2. Alle gebeurtenissen met een $V_{eff,max,i}$ groter dan 0.02 op de fundering worden geselecteerd. Indien geen funderingspunt is gekozen, dan wordt gekozen voor een meetpunt op de laagst beschikbare verdieping waarbij $V_{eff,max,i}$ groter dient te zijn dan 0.05;
3. Vervolgens wordt een iteratieve procedure gestart:
    a. Per meetpunt wordt een *top50%* bepaald;
    b. De grootte van deze *top50%* wordt vastgesteld, *#top50%*;
    c. Van de *top50%* wordt de natuurlijke logaritme genomen:

$$\log\left(V_{eff,\max i}\right)$$

    d. Vervolgens wordt hierover het gemiddelde μ en de standaarddeviatie σ bepaald:

$$\mu = gemiddelde\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$
$$\sigma = standaardafwijking\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$

    e. De betrouwbaarheidscoefficient β wordt vastgesteld volgens de formule:

$$\beta = t^{-1}\left[1 - \frac{\left(\frac{\#\,meetdagen}{7}\right)}{\#\,top50\%}; \#\,top50\% - 1\right]$$

    f. Vervolgens wordt $V_{max,\ Bts}$ per meetpunt en meetrichting bepaald volgens de formule:

$$V_{\max Bts} = e^{\mu + \beta \cdot \sigma}$$

    g. Een volgende iteratiestap wordt ingegaan wanneer

$$\#\left\{V_{eff,\max,i} > V_{\max,Bts}\right\} > \frac{\#\,meetdagen}{7} \text{ en } \#\,top50\% > 15 \cdot \frac{\#\,meetdagen}{7}$$

Hierbij geeft het eerste criterium aan hoeveel gebeurtenissen er zijn waarvan de trillingssterkte hoger is dan $V_{max,\ Bts}$ van dat meetpunt en die meetrichting. Wanneer het aantal gebeurtenissen met een

trillingssterkte groter dan $V_{max,\ Bts}$ groter is dan een keer per week, wordt voldaan aan de eerste eis om nogmaals te itereren.
Het tweede criterium geeft aan dat nogmaals geitereerd moet worden wanneer het aantal waarden in de bepaling van de $V_{max,\ Bts}$ groter is dan 15 per week. Wanneer een nieuwe iteratiestap nodig is, dan wordt deze uitgevoerd volgens bovenstaande stappen, waarbij de huidige top50 de basis vormt om een nieuwe top50 te bepalen.
De iteratiestappen worden net zo lang herhaald totdat niet langer aan het criterium wordt voldaan, of wanneer het aantal gebeurtenissen met een trillingssterkte die groter is dan $V_{max,\ Bts}$ toeneemt. In dat geval worden de resultaten uit de voorlaatste iteratiestap herhaald.

4. Vervolgens wordt de reproduceerbaarheid R per meetpunt en richting bepaald:

$$R = 100\% \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \left(1+\beta^2\right) \cdot \sigma^2}{\#topX\%}}$$

5. De toetswaarde voor $V_{max,\ Bts}$ wordt als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} V_{\max,Bts} & \text{als R} \leq 10\% \\ V_{\max,Bts} \cdot \left(1+\dfrac{R}{100\%}\right) & \text{als R} > 10\% \end{array}$$

6. Te toename van $V_{max,\ Bts}$ is een verhouding tussen de plan- en referentiesituatie, de zogenaamde Q-waarde. Hiervoor wordt in de Bts een grenswaarde van 1.3 gehanteerd. Q wordt als volgt bepaald:

$$Q = \frac{V_{\max Bts,plansituatie}}{V_{\max Bts,referentiesituatie}}$$

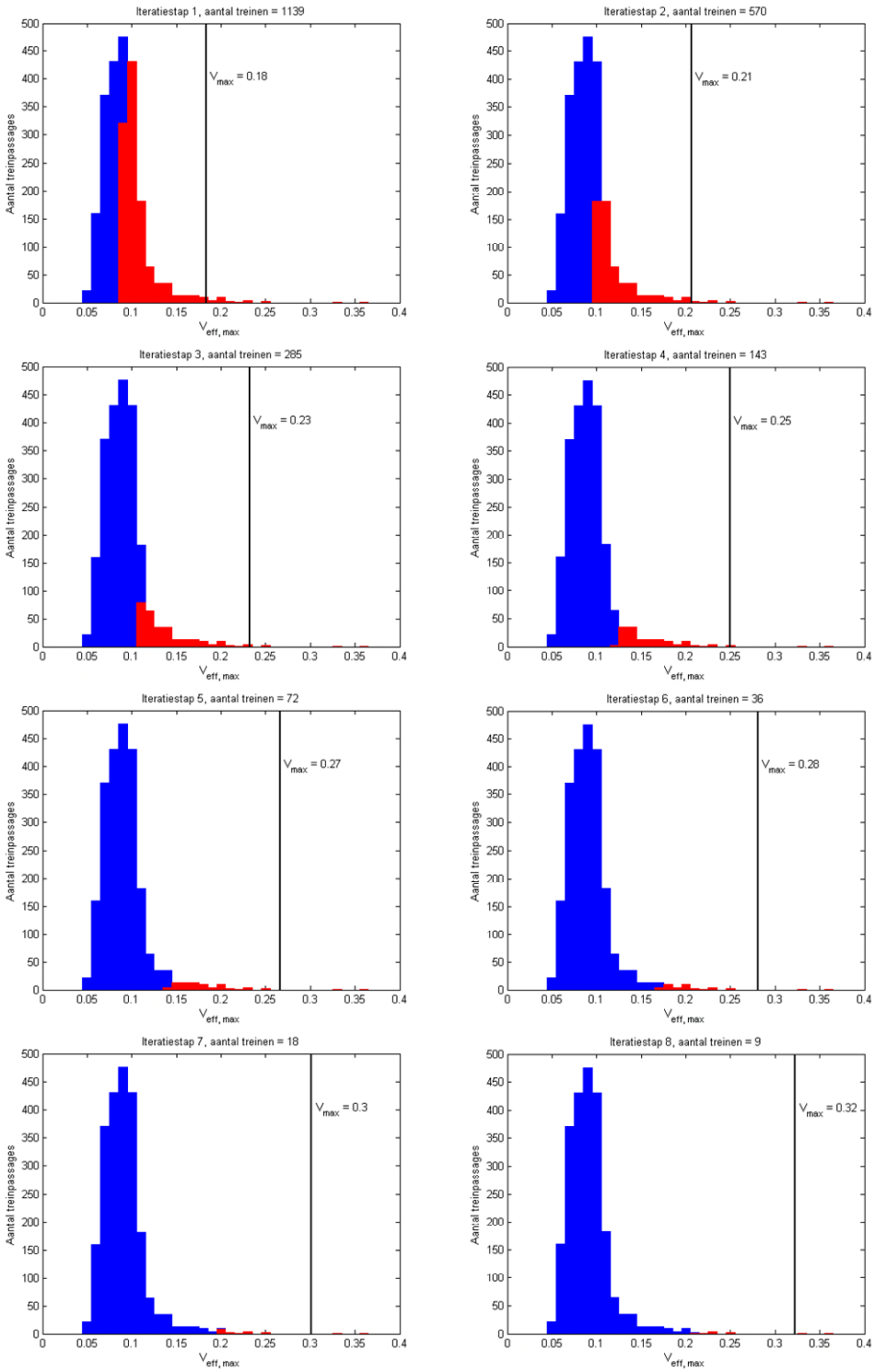
Hierbij wordt de $V_{max,\ Bts}$ zonder eventuele correctiefactor gebruikt. De onzekerheid in de toename Q wordt bepaald volgens de formule:

$$R_Q = \sqrt{R^2_{referentiesituatie} + R^2_{plansituatie}}$$

De waarde van Q wordt dan als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} Q & \text{als } R_Q \leq 14\% \\ Q \cdot \left(1+\dfrac{R}{100\%}\right) & \text{als } R_Q > 14\% \end{array}$$

Deze naverwerkingsprocedure leidt in de voorbeeldsituatie tot het volgende iteratieschema, zie de histogrammen in Figuur 60 per iteratiestap. In blauw zijn alle treinen weergegeven, in rood de in de bepaling van $V_{max,Bts}$ meegenomen treinen. De resultaten per iteratiestap zijn opgenomen in Tabel 16.



Figuur 60: Resultaten voor de acht iteratiestappen voor het fictieve voorbeeld

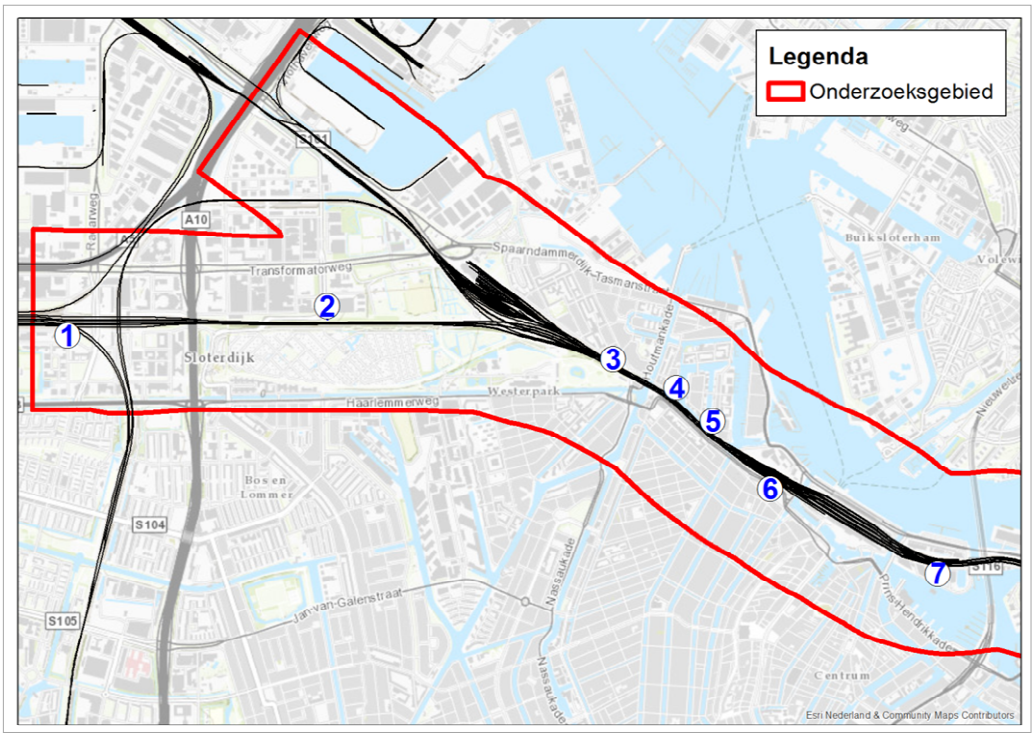
Tabel 16: Resultaten van de acht iteratiestappen voor het fictieve voorbeeld

Iteratiestap	$V_{max, Bts}$	R	topX%	#topX%	σ	μ	β
1	0.18	2.44	50	1139	0.177	-2.25	3.14
2	0.21	3.51	25.0	570	0.191	-2.14	2.93
3	0.23	4.94	12.5	285	0.203	-2.02	2.72
4	0.25	6.09	6.28	143	0.192	-1.87	2.49
5	0.27	7.31	3.16	72	0.178	-1.73	2.25
6	0.28	8.62	1.58	36	0.165	-1.60	1.99
7	0.30	11.2	0.79	18	0.171	-1.49	1.67
8	0.32	14.5	0.40	9	0.185	-1.38	1.33

Bijlage V - Resultaten maaiveldmetingen (t.b.v. stap 1)

Voor het in dit rillingsonderzoek gebruikte nauwkeurige rekenmodel (zie Bijlage I) zijn maaiveldmetingen uitgevoerd aan de bodemopbouw en treinpassages op 22 locaties. De locaties van de uitgevoerde maaiveldmetingen zijn weergegeven in Figuur 61 tot en met Figuur 63, de nummers corresponderen met de paragraafnummers in deze bijlage.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van een aantal sensoren op verschillende afstanden tot de sporen. Door per treinpassage het tertsbandspectrum van de trillingen te registreren, is per locatie een gemiddeld tertsbandspectrum van de passerende treinen vastgesteld.



Figuur 61: Locaties van maaiveldmetingen ten noorden van Amsterdam Centraal, de nummers corresponderen met de paragraafnummers

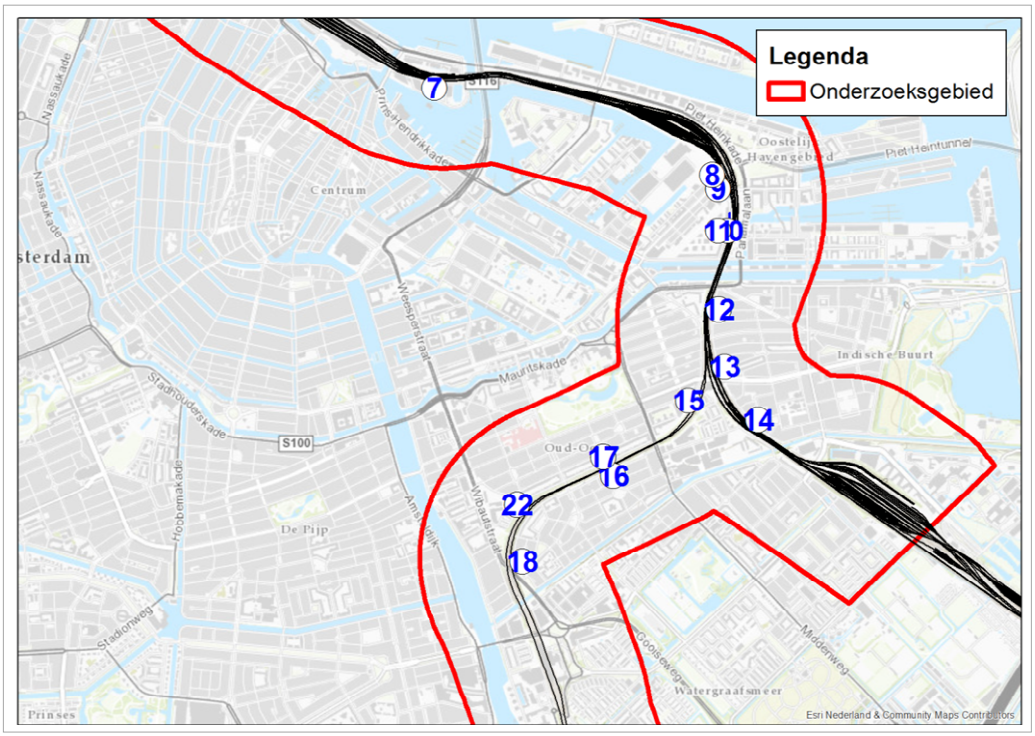
Door de trillingssignalen als functie van de tijd te transformeren naar het frequentie-domein (Fourier-transformatie) kan voor elke afstand tot de trillingsbron een tertsbandspectrum worden gegenereerd. Vervolgens kan met behulp van de zogenaamde Barkanvergelijking de trillingssterkte op een willekeurige afstand tot het spoor worden bepaald. De gebruikte Barkanvergelijking luidt:

$$V(r,f) = V(r_0,f)\frac{r_0}{r}^{n(f)} e^{-\alpha(f)(r-r_0)}$$

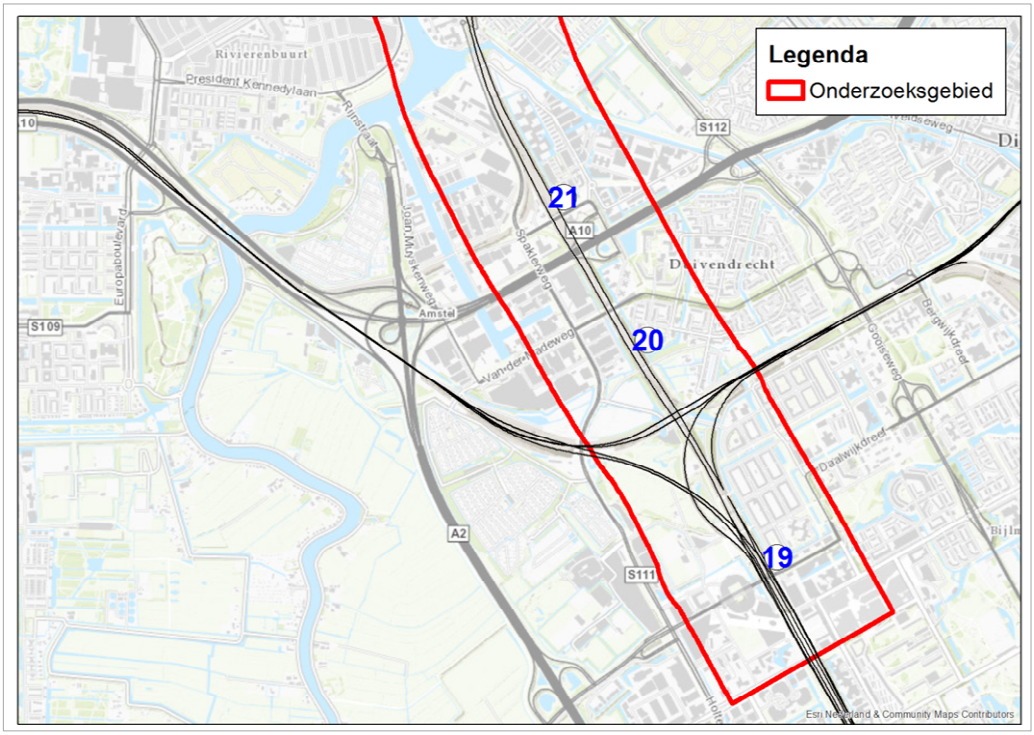
Hierin is $V(r,f)$ de trillingssterkte op een willekeurige afstand r tot de trillingsbron, r_0 een referentieafstand, n een frequentieafhankelijke factor die de geometrische uitbreiding van de trillingen beschrijft en α een frequentieafhankelijke factor die de bodemdemping

beschrijft. Met behulp van de kleinste-kwadratenmethode is deze relatie voor elke frequentie in het tertsbandspectrum te bepalen.

Resultaat van de maaiveldmetingen is per locatie een dempingsconstante, een geometrische uitbreidingsfactor en een trillingsspectrum op verschillende afstanden tot het spoor. De resultaten per meetlocatie zijn weergegeven in de volgende subparagrafen.



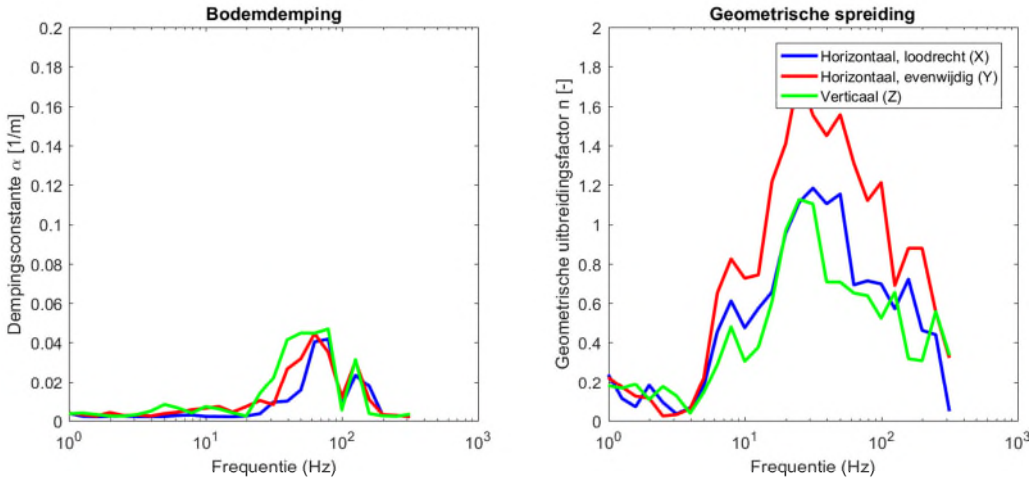
Figuur 62: Locaties van maaiveldmetingen rond Dijksgracht en Amsterdam Muiderpoort, de nummers corresponderen met de paragraafnummers



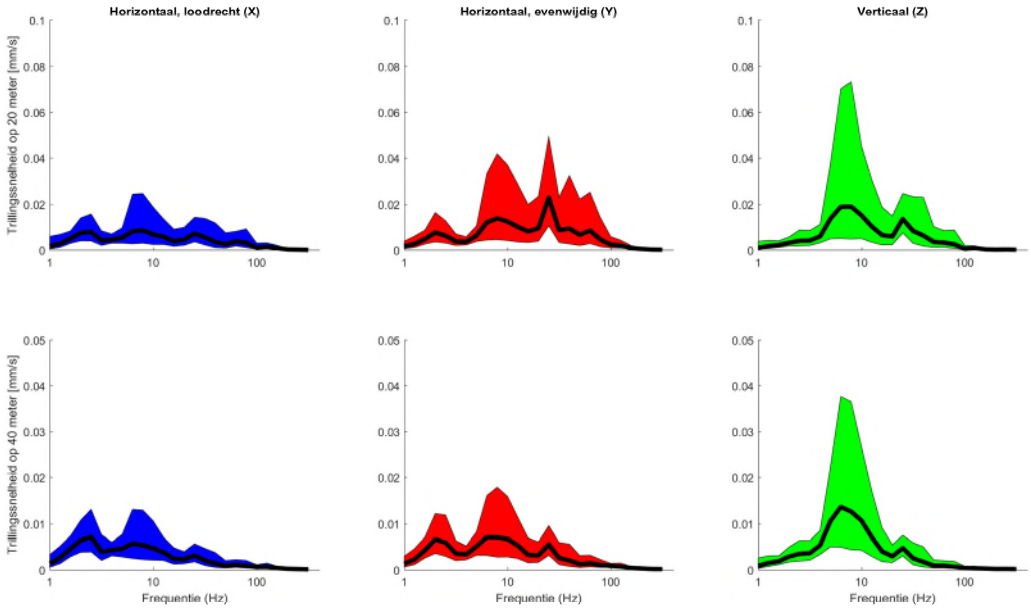
Figuur 63: Locaties van maaiveldmetingen tussen Amsterdam Amstel en Amsterdam Bijlmer ArenA, de nummers corresponderen met de paragraafnummers

V.1 Barajasweg

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 64. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 65.



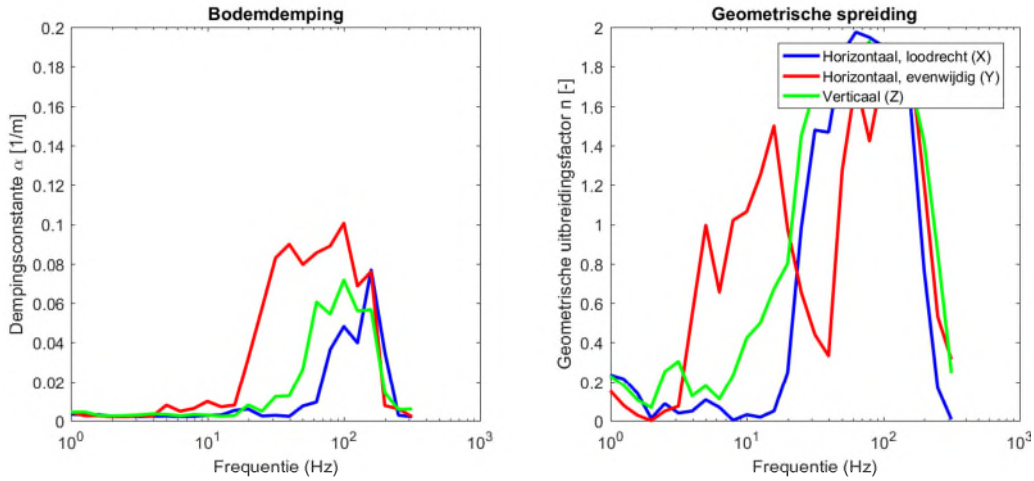
Figuur 64: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



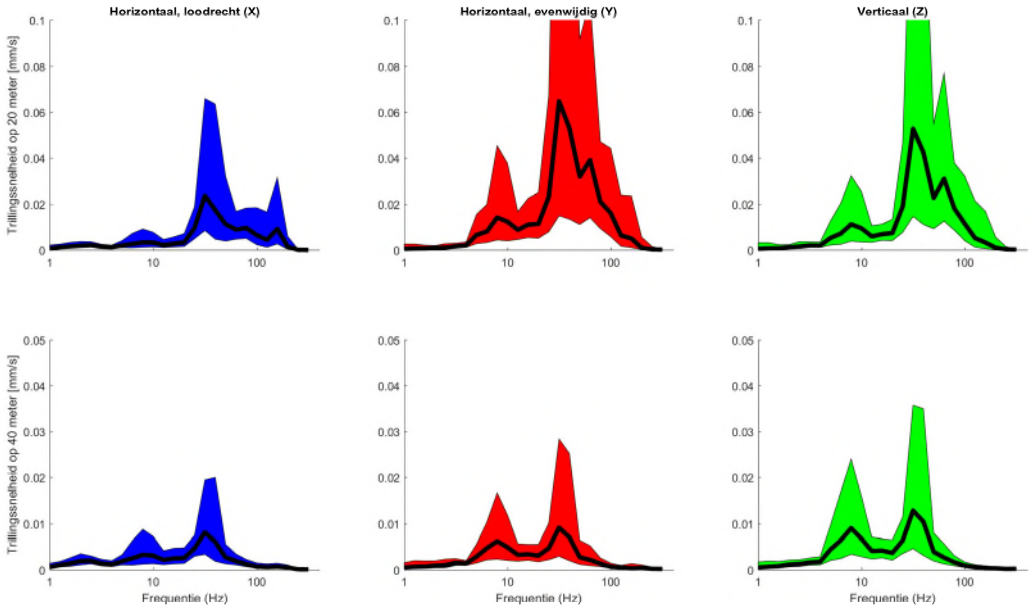
Figuur 65: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.2 Contactweg

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 66. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 67.



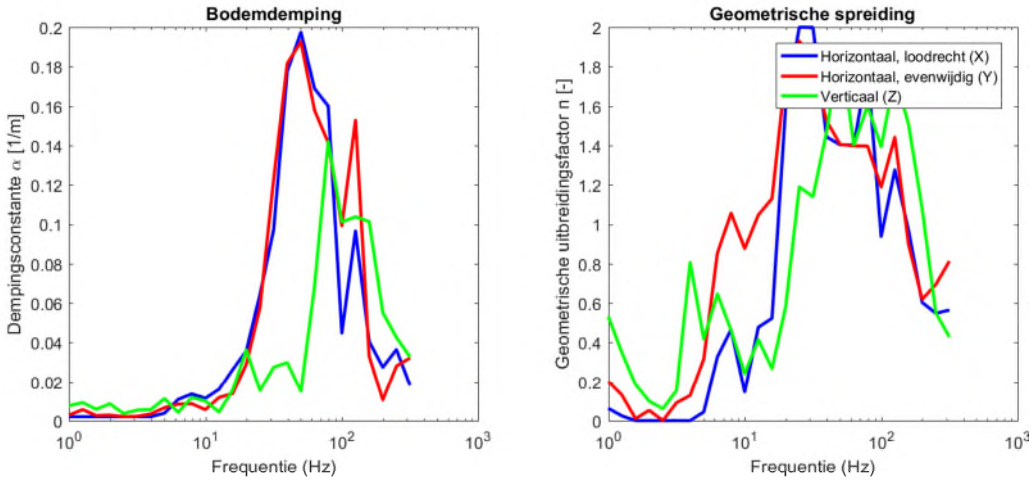
Figuur 66: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



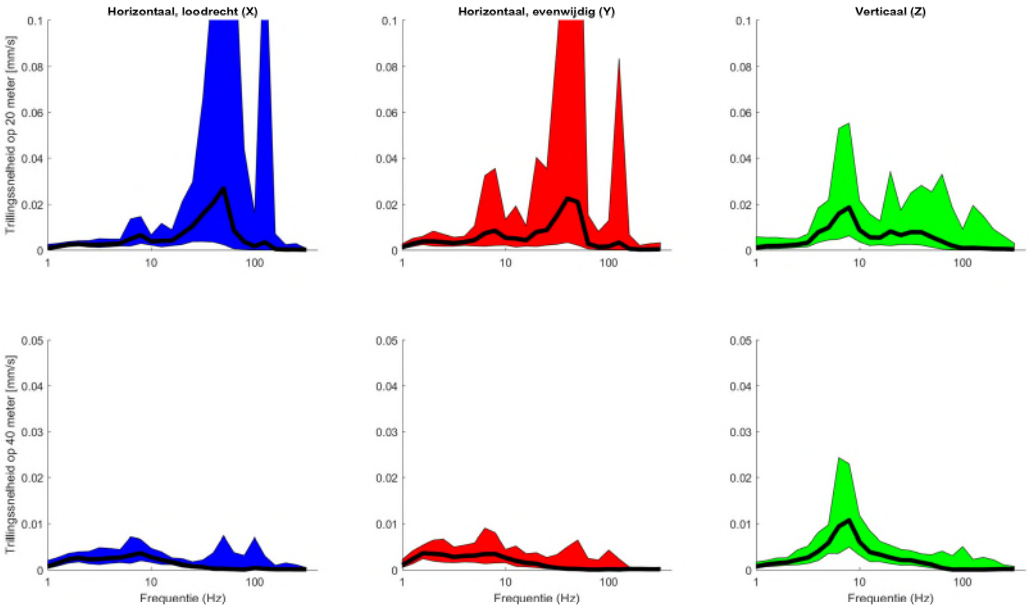
Figuur 67: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.3 Zaanstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 68. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 69.



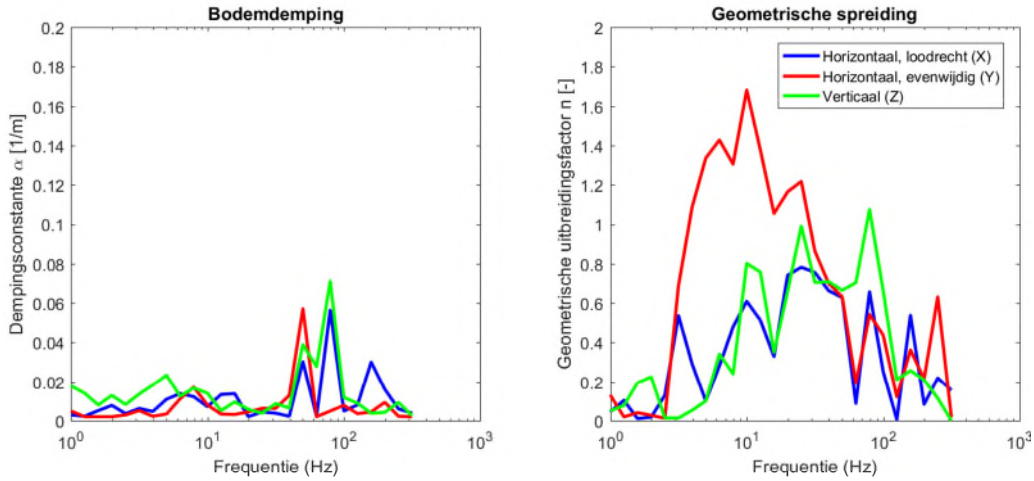
Figuur 68: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



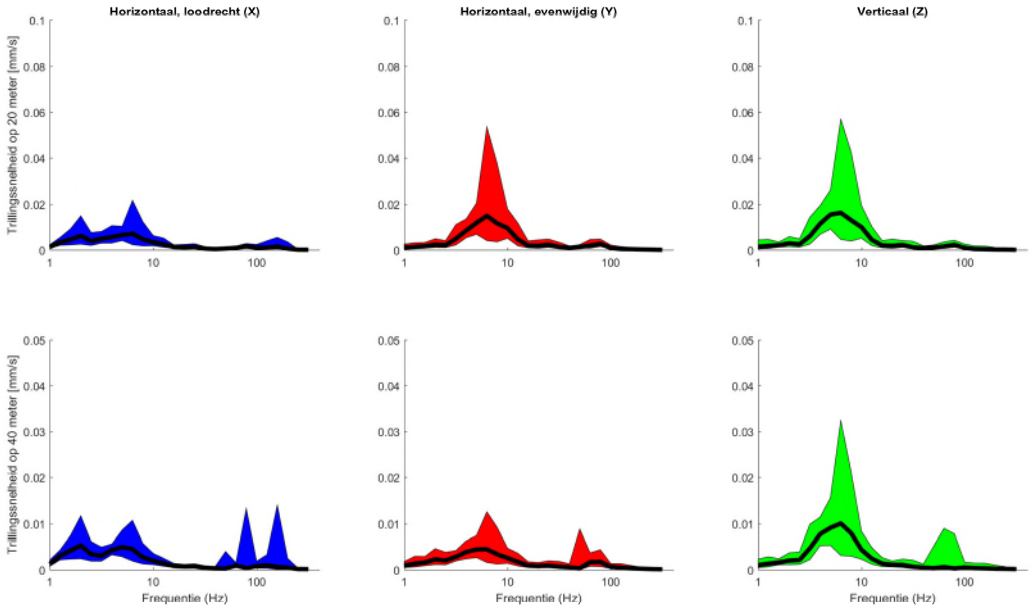
Figuur 69: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.4 Sloterdijkbrug

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 70. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 71.



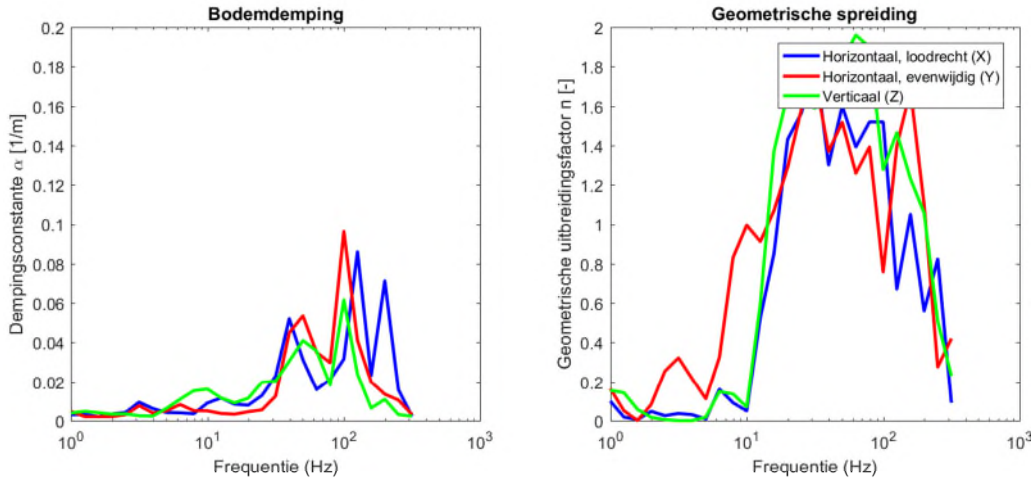
Figuur 70: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



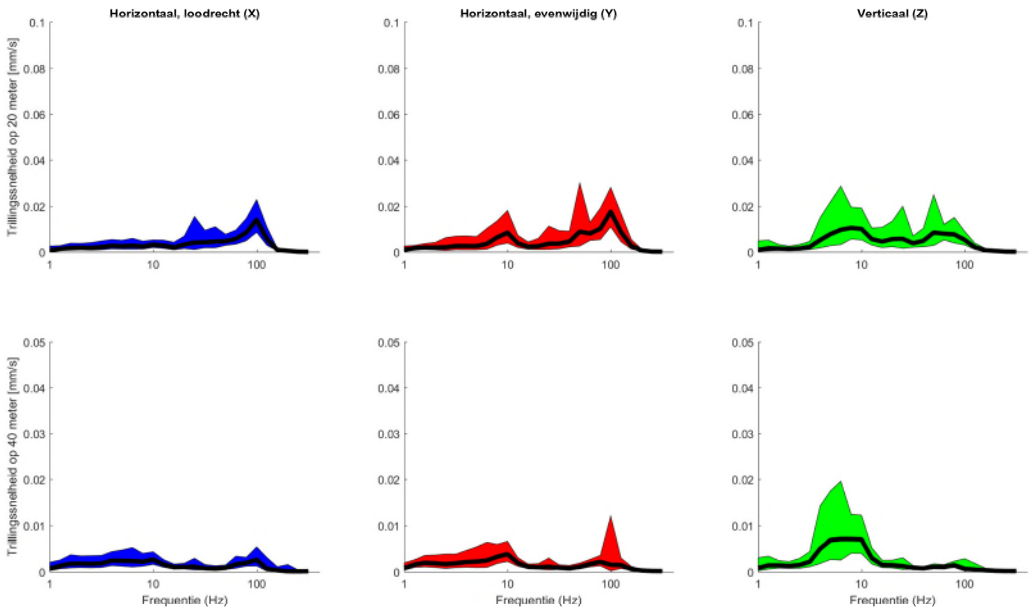
Figuur 71: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.5 Bickersgracht

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 72. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 73.



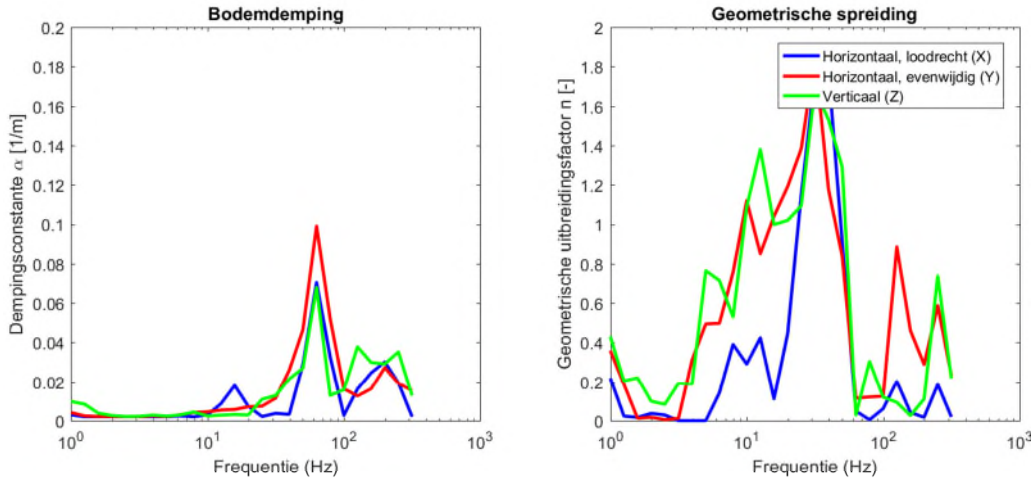
Figuur 72: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



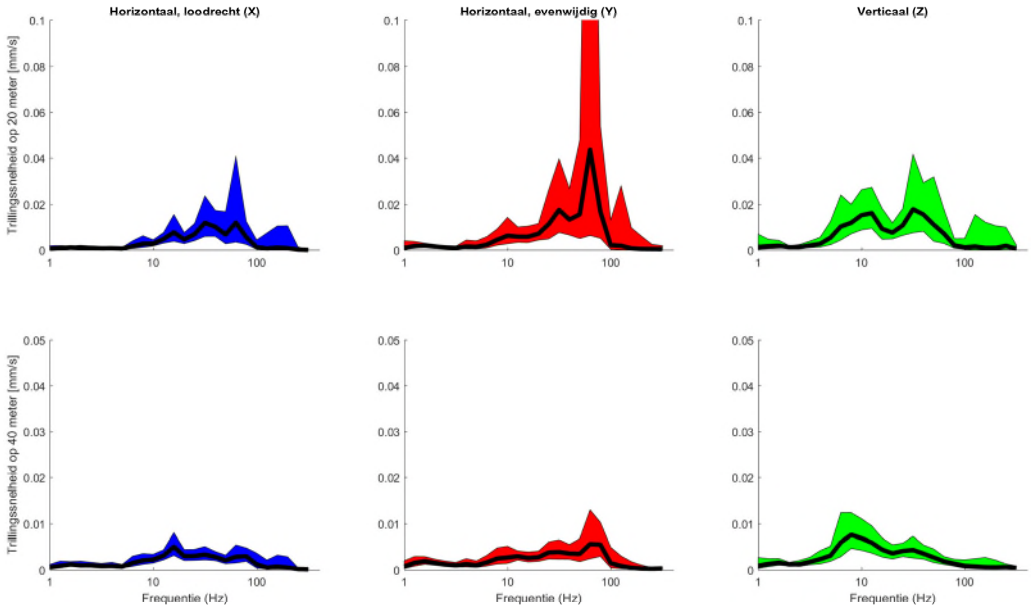
Figuur 73: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.6 Boomklokstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 74. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 75.



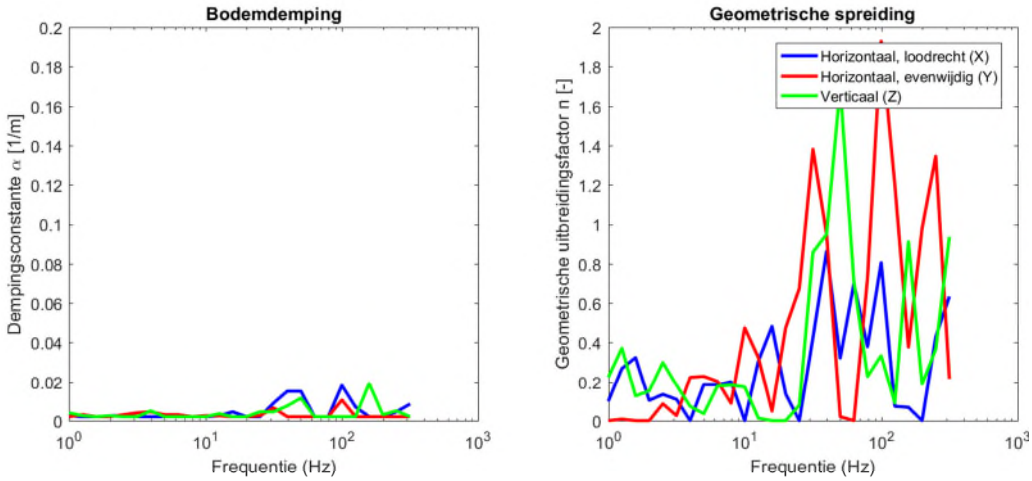
Figuur 74: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



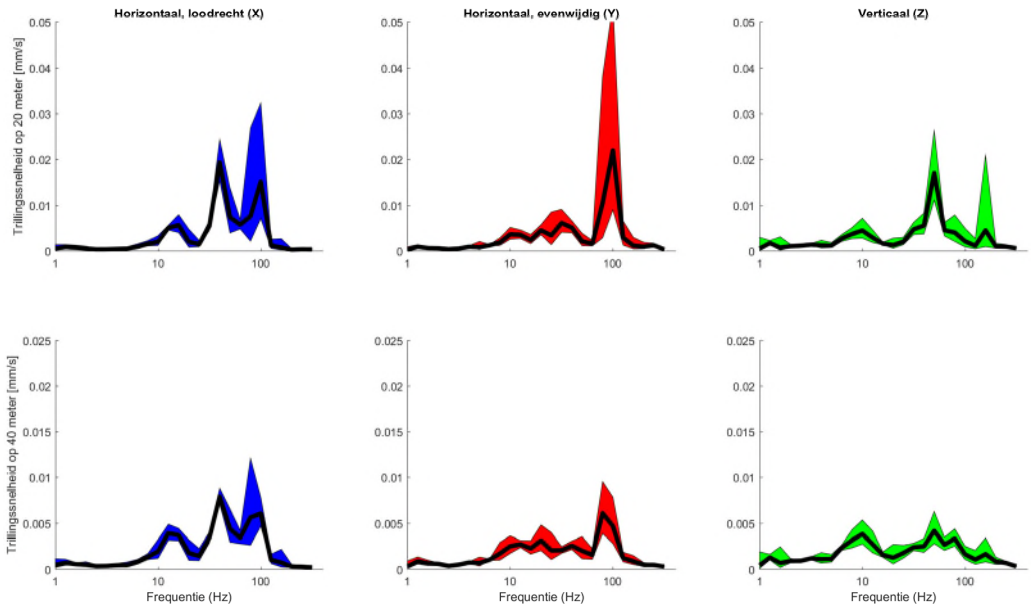
Figuur 75: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.7 Willem Frederik Hermanstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 76. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 77.



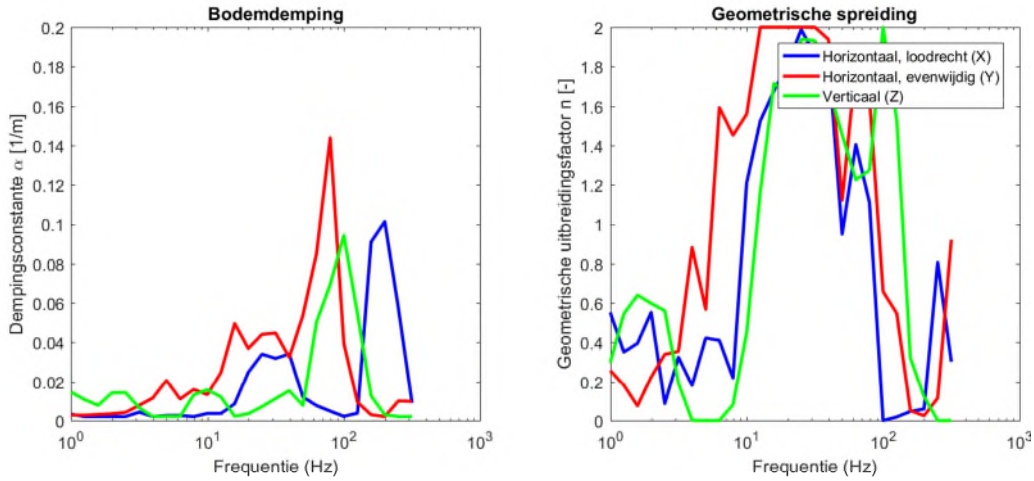
Figuur 76: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



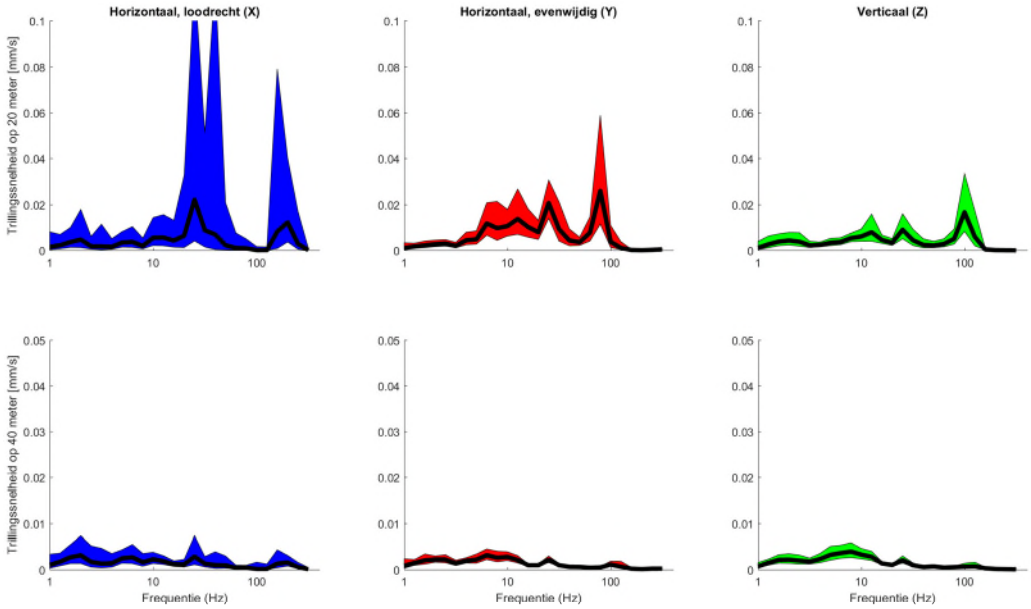
Figuur 77: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.8 Conradstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 78. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 79.



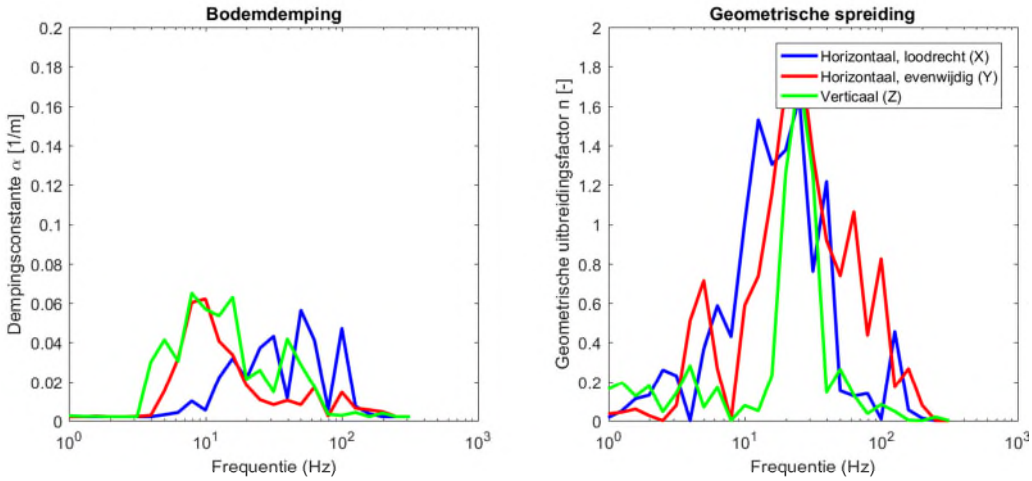
Figuur 78: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



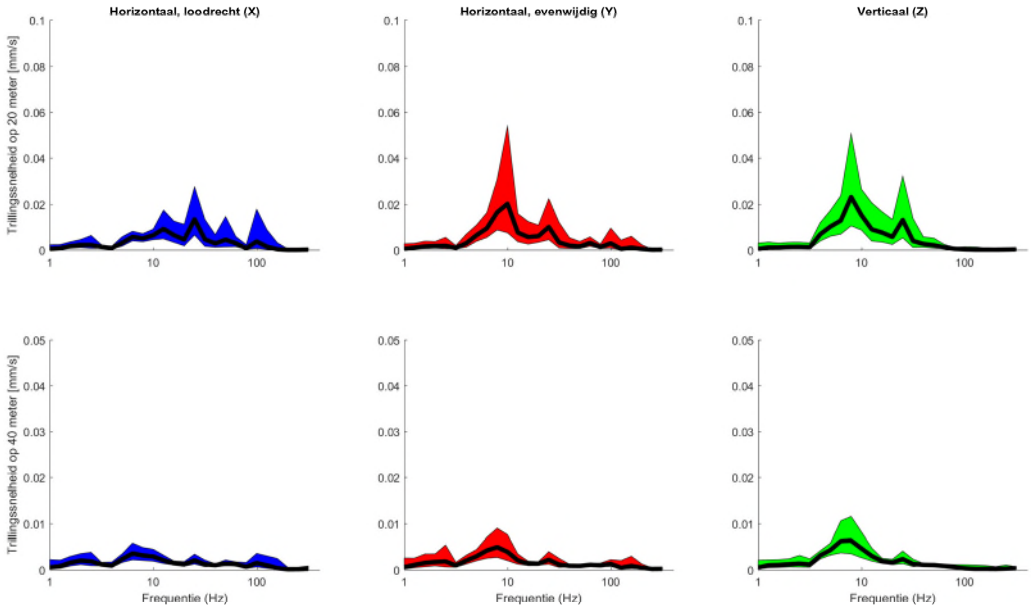
Figuur 79: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.9 Blankenstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 80. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 81.



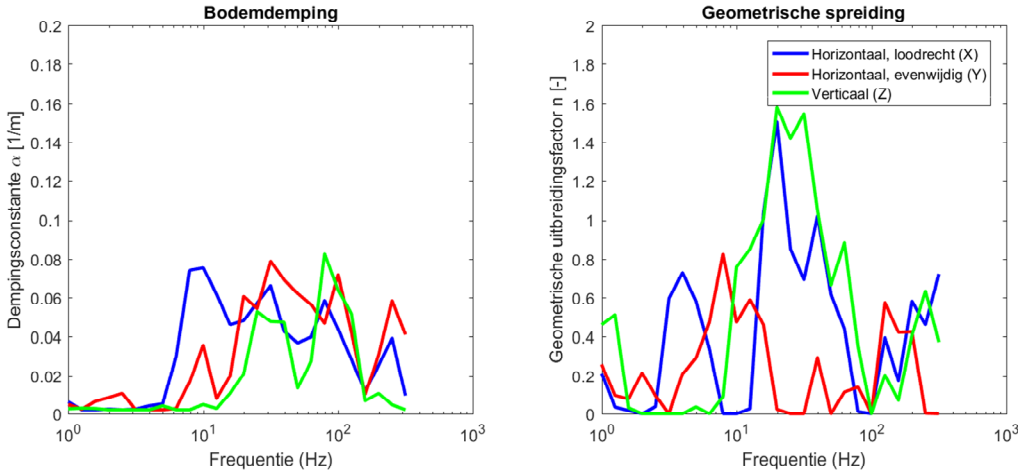
Figuur 80: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



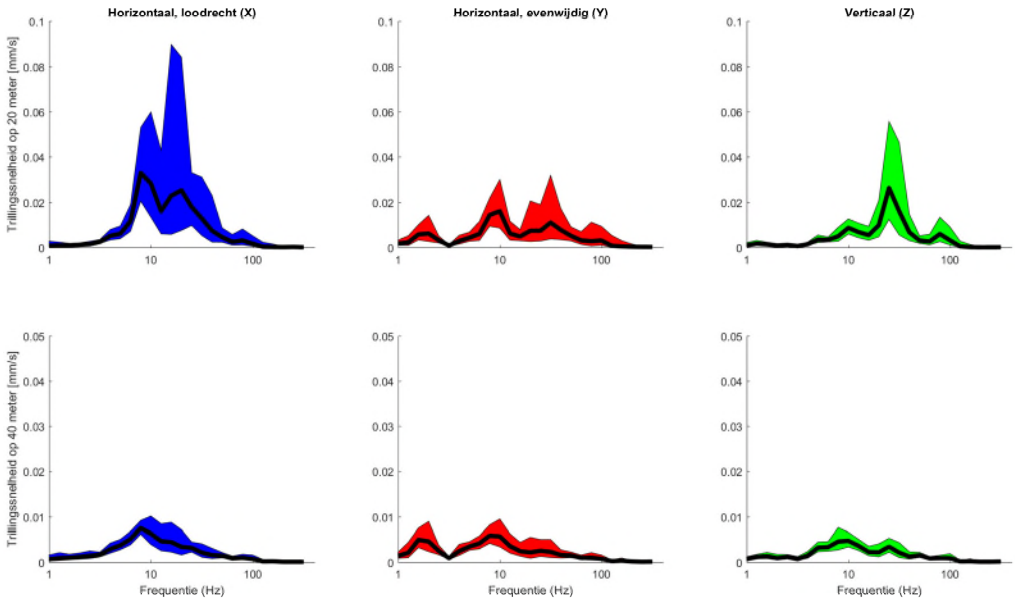
Figuur 81: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.10 Keerwal

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 82. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 83.



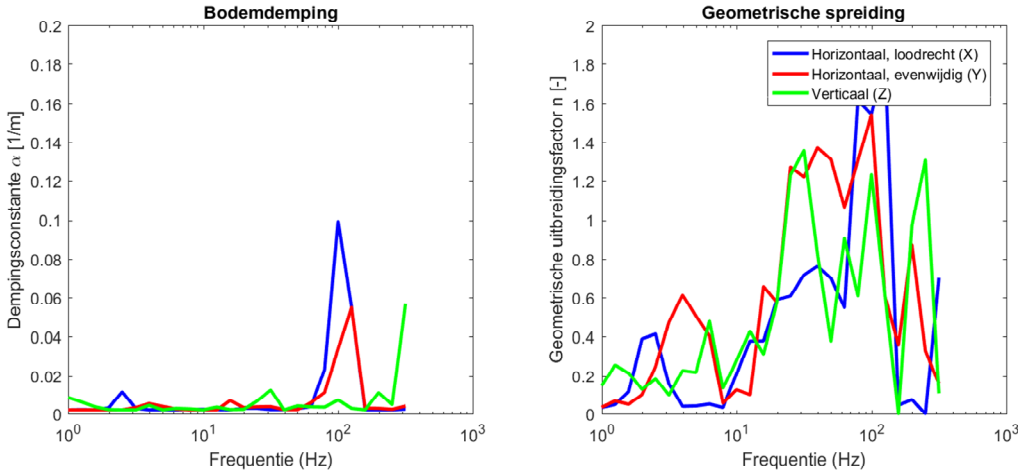
Figuur 82: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



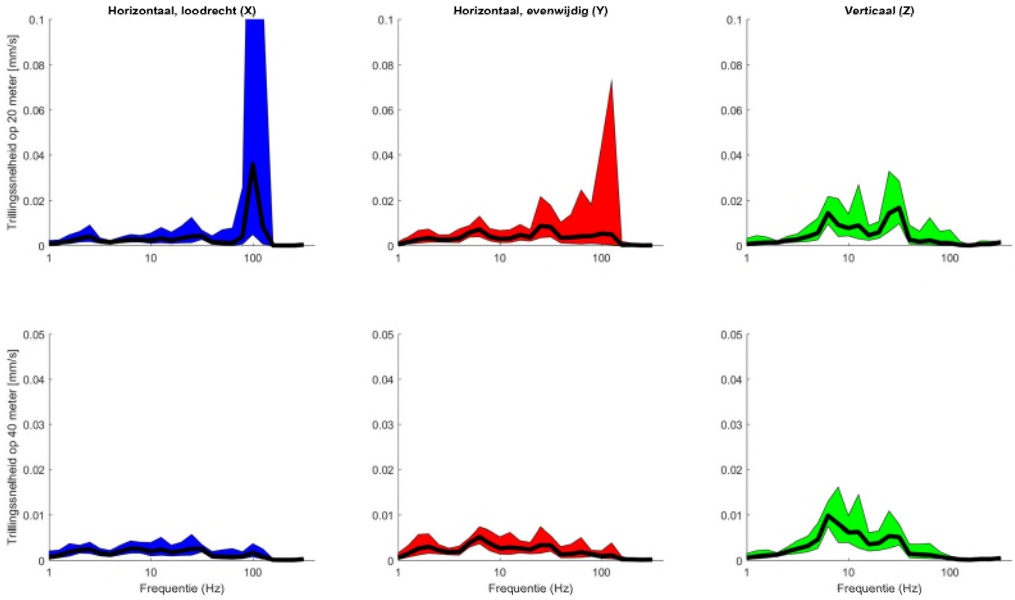
Figuur 83: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.11 Bankastraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 84. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 85.



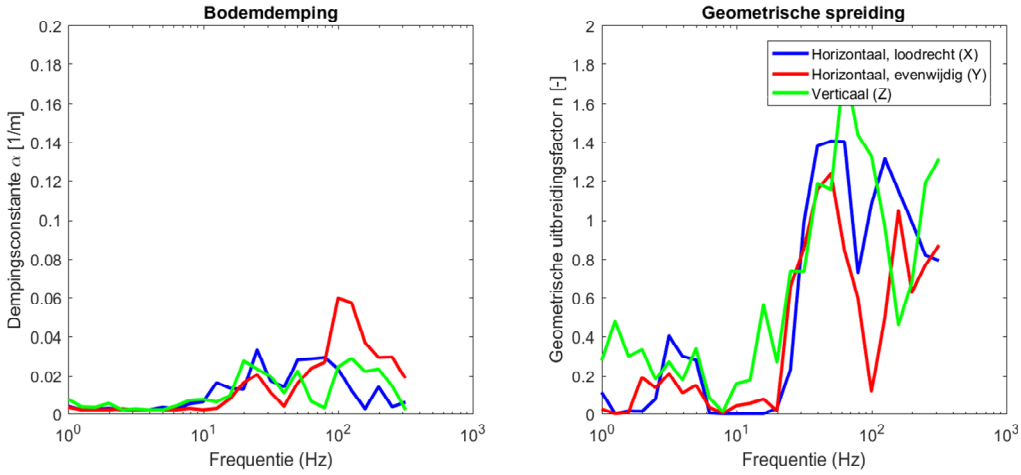
Figuur 84: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



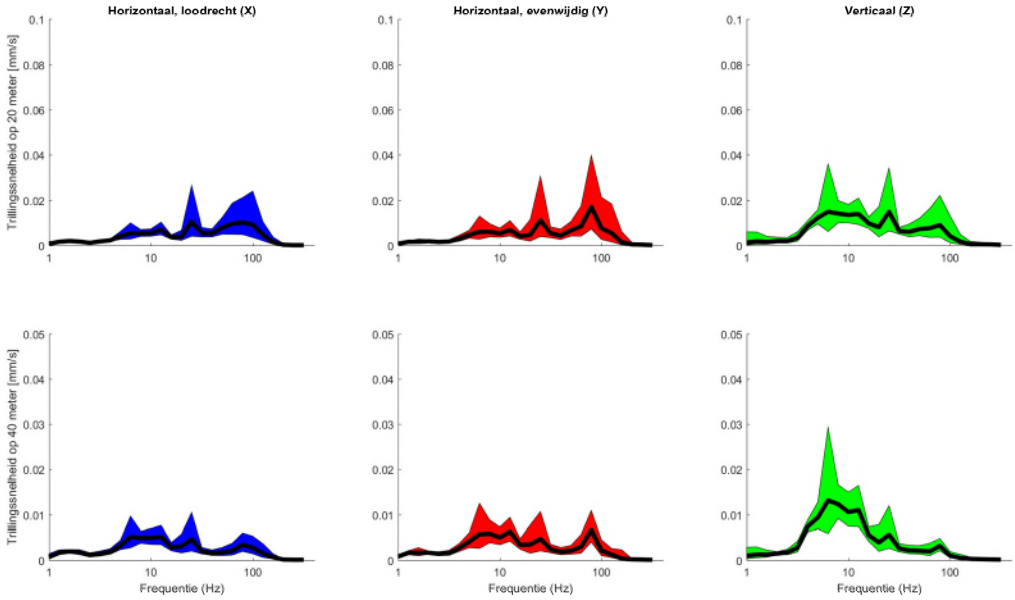
Figuur 85: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.12 Tweede Atjehstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 86. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type ICM zijn weergegeven in Figuur 87.



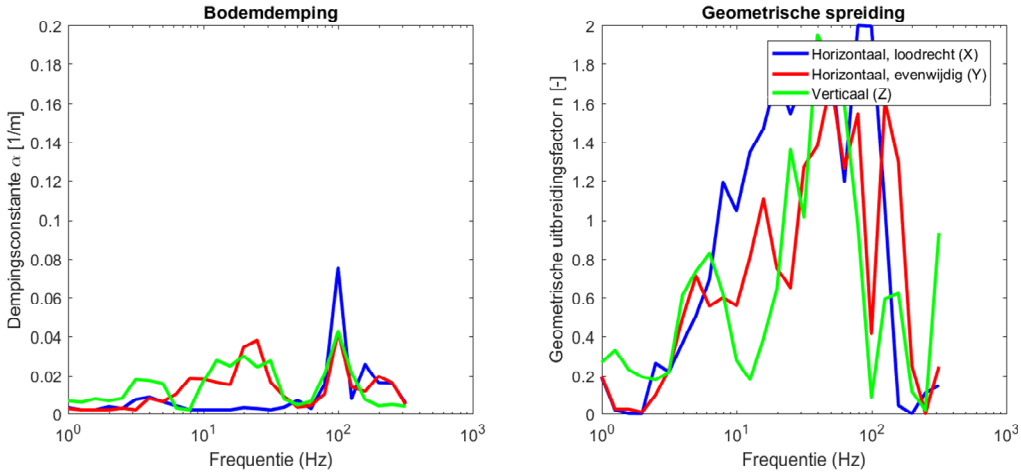
Figuur 86: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



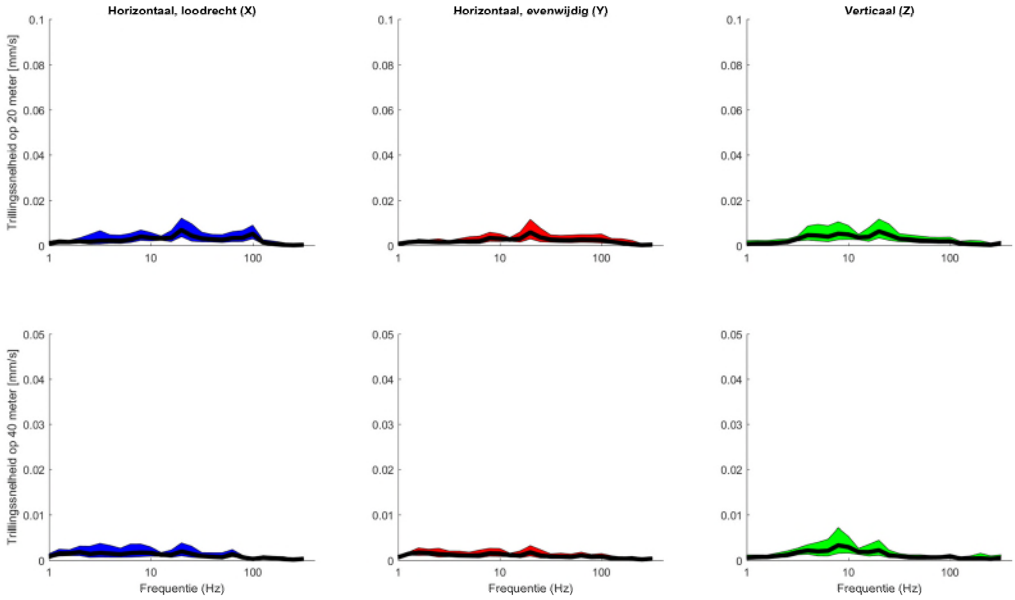
Figuur 87: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.13 Bonistraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 88. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type ICM zijn weergegeven in Figuur 89.



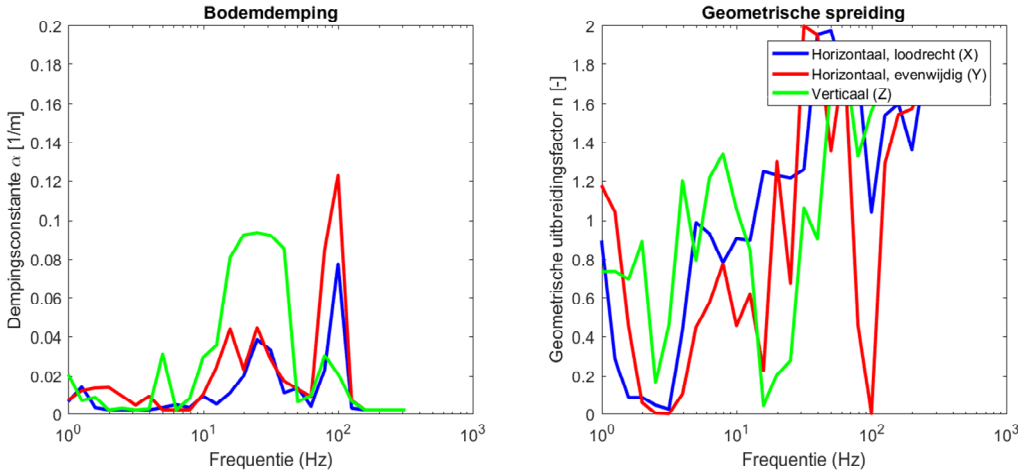
Figuur 88: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



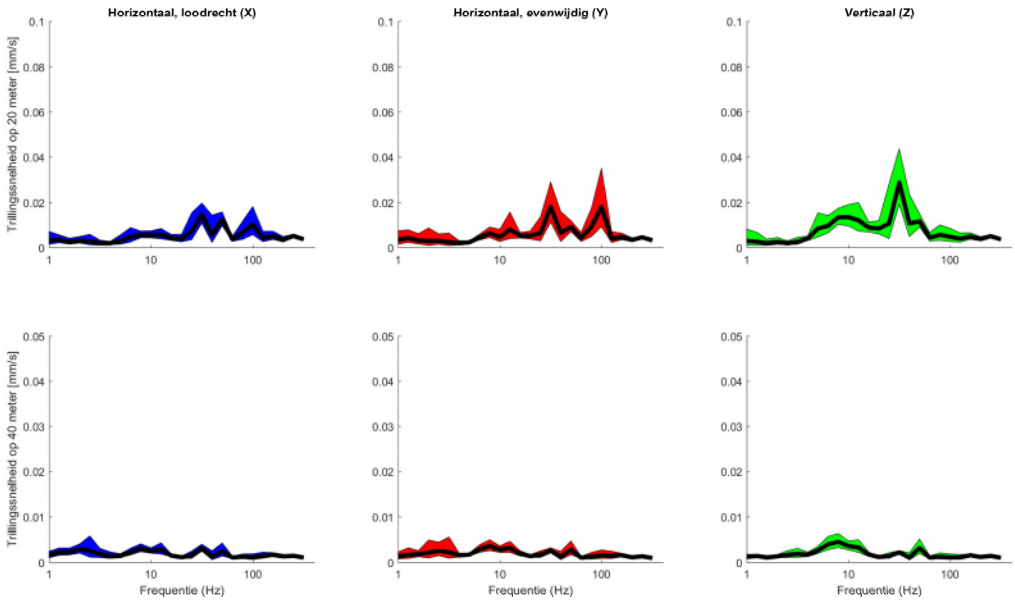
Figuur 89: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.14 Domselaerstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 90. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 91.



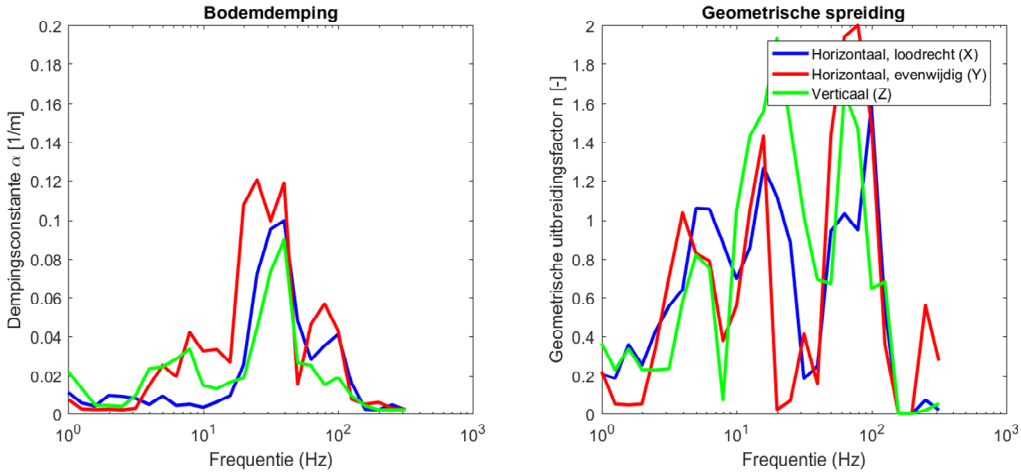
Figuur 90: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



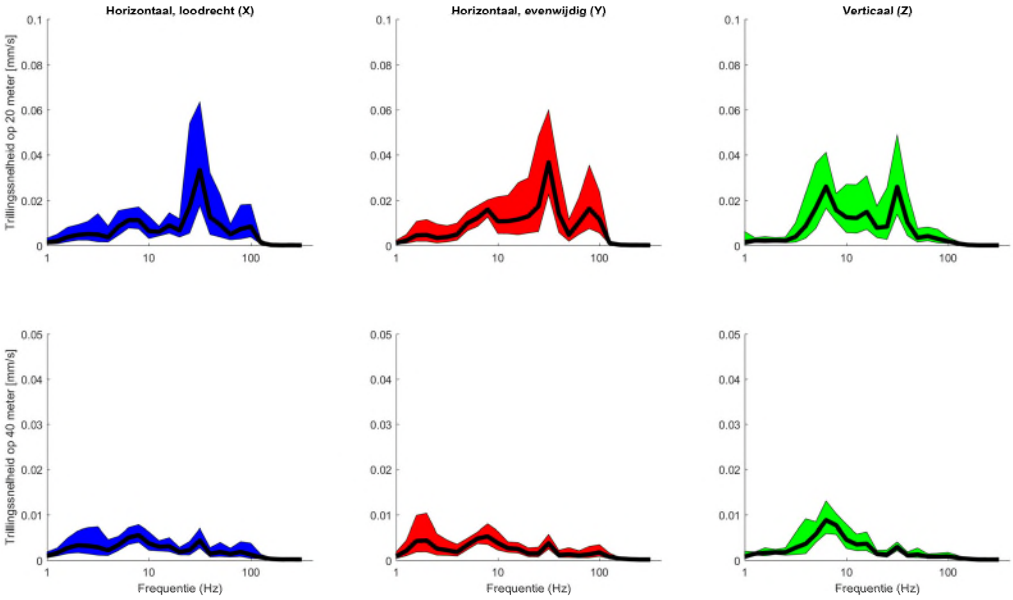
Figuur 91: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.15 Laing's Nekstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 92. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 93.



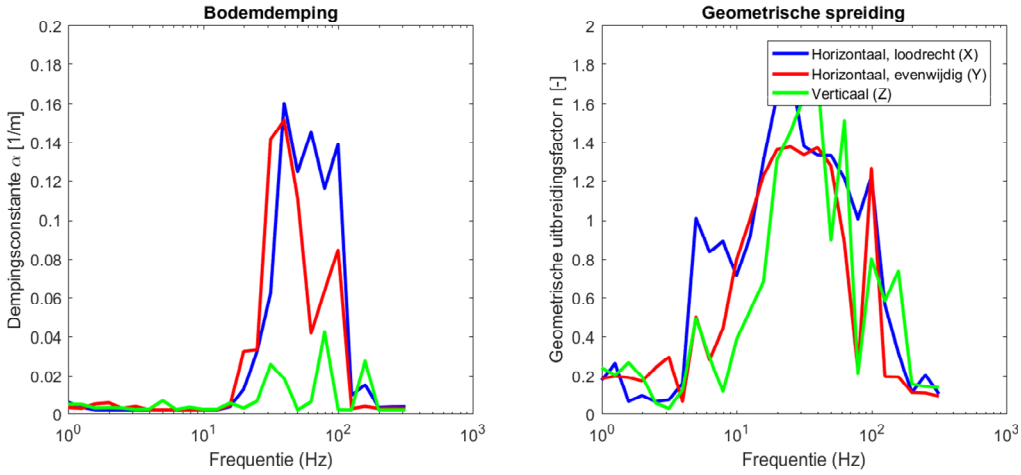
Figuur 92: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



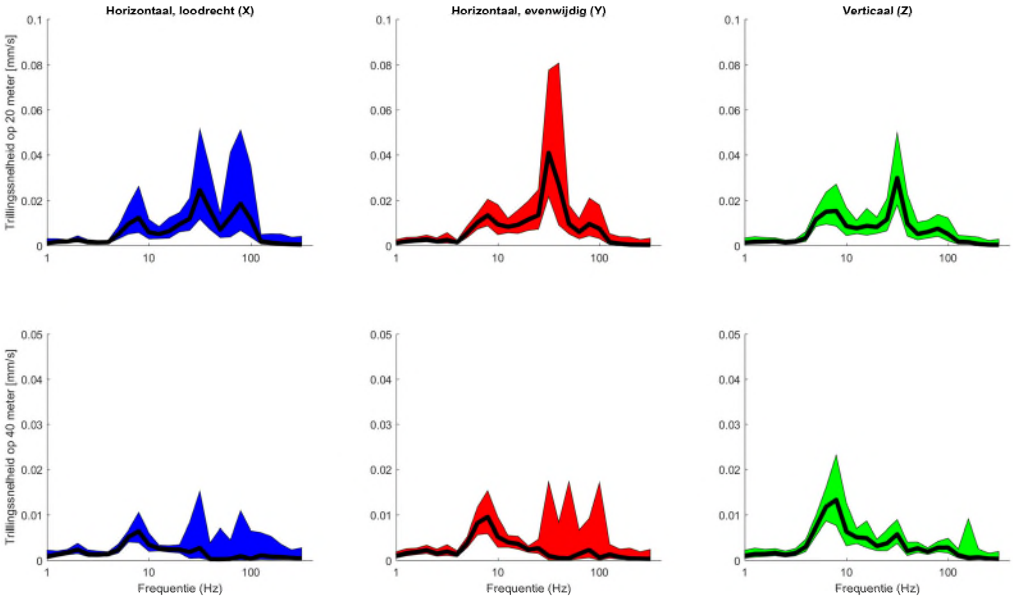
Figuur 93: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.16 Eikenweg

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 94. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 95.



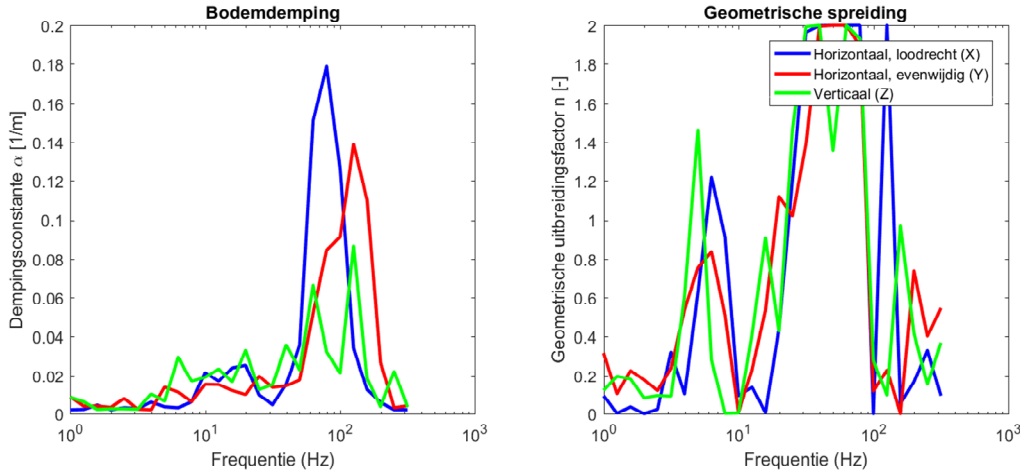
Figuur 94: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



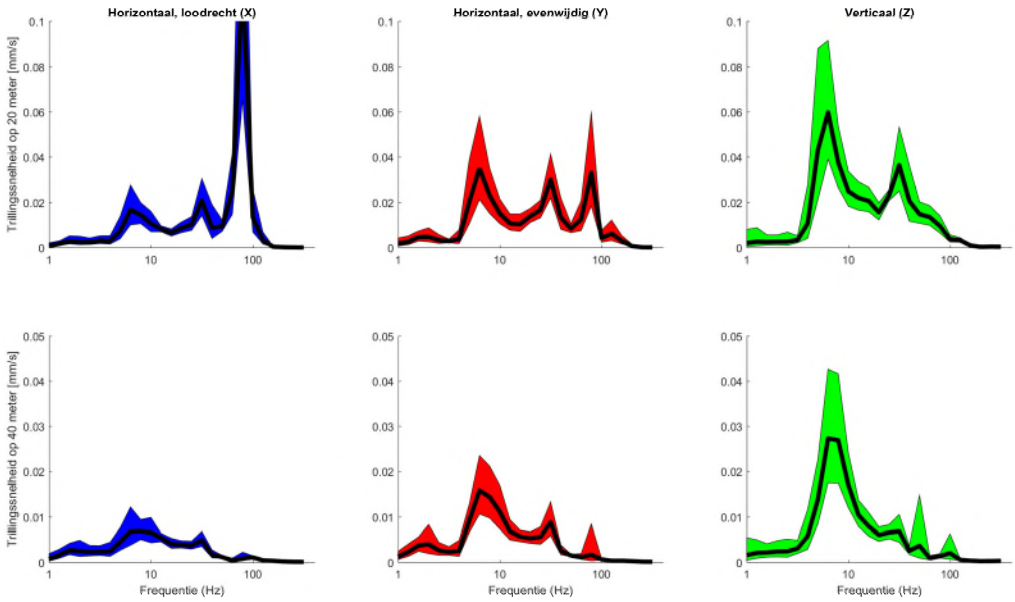
Figuur 95: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.17 Hofmeyerstraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 96. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 97.



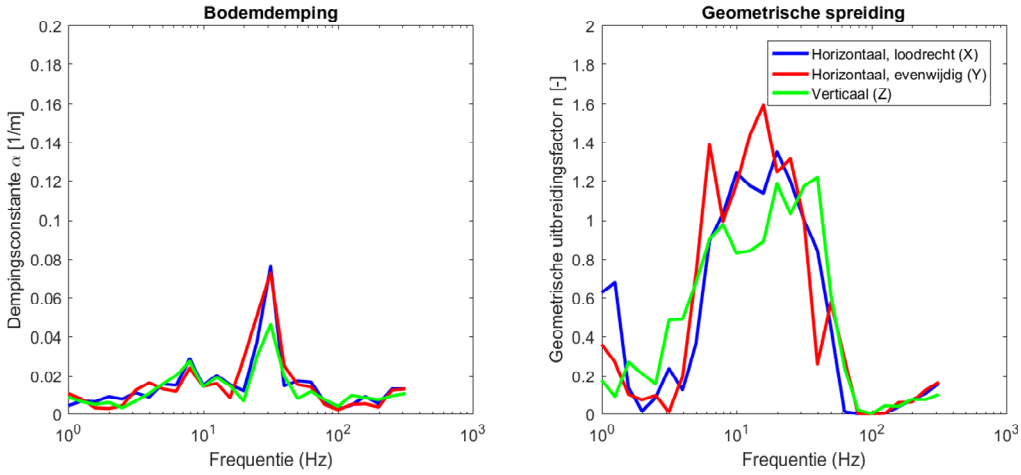
Figuur 96: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



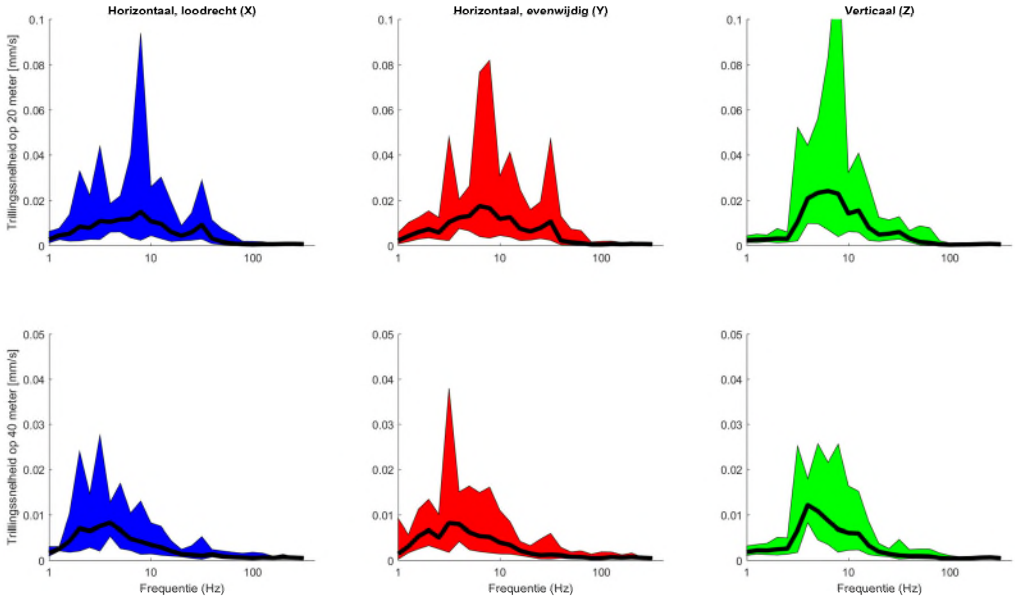
Figuur 97: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.18 Brentanostraat

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 98. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 99.



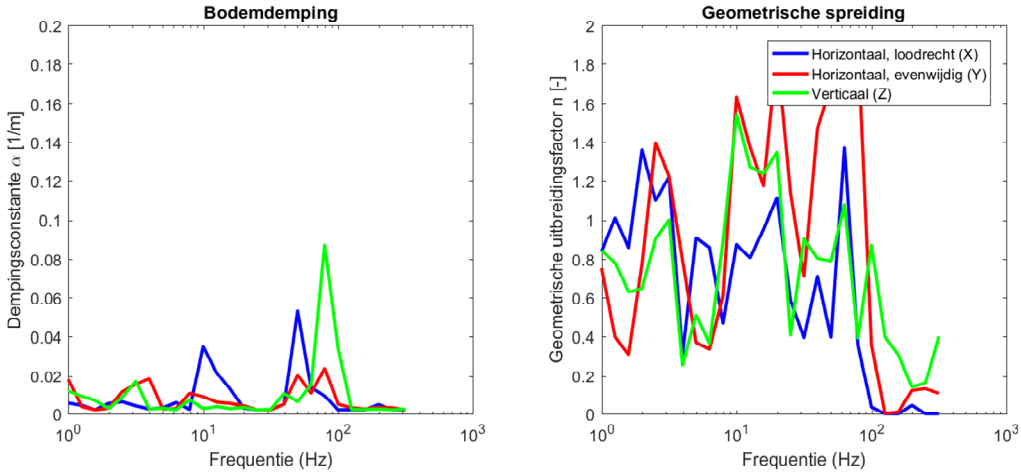
Figuur 98: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



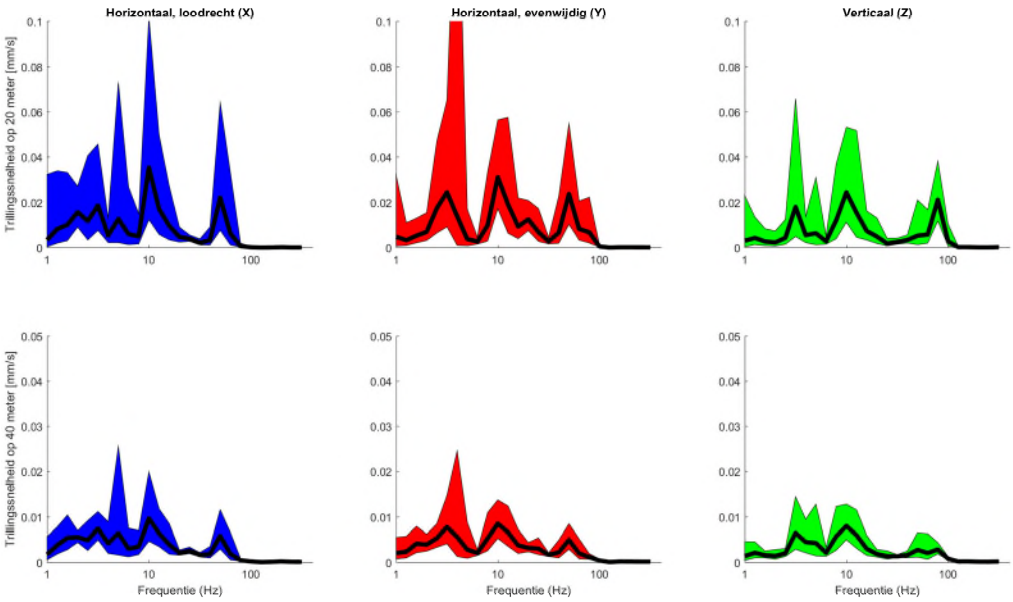
Figuur 99: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.19 Parnassiaveld

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 100. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 101.



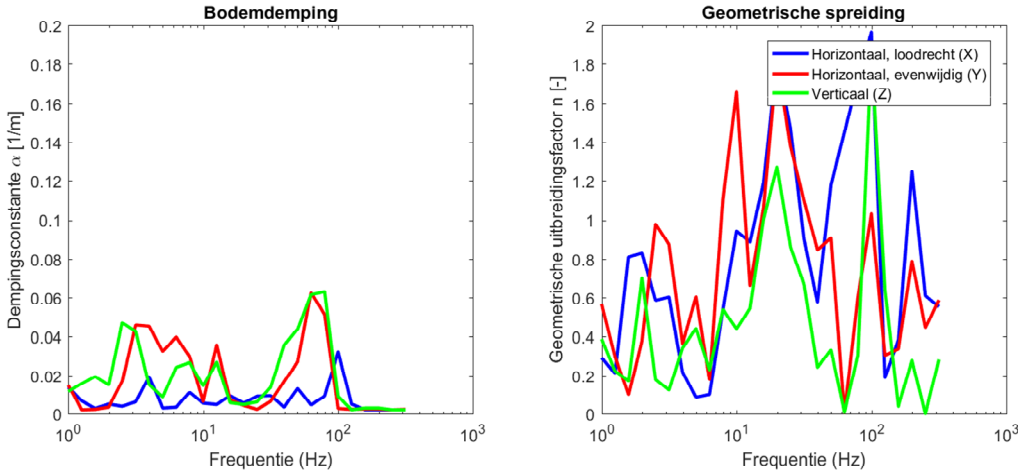
Figuur 100: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



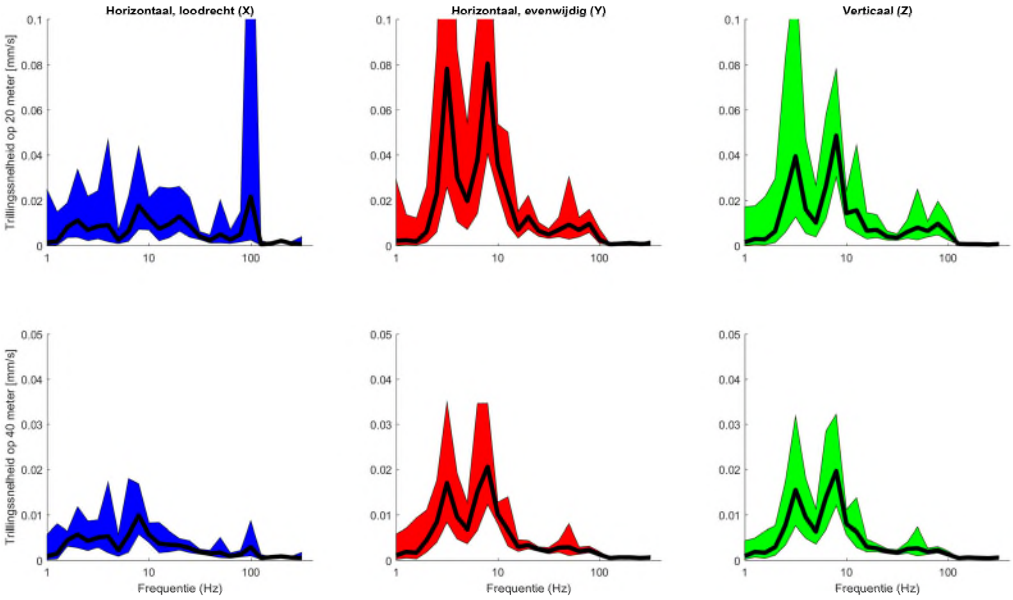
Figuur 101: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.20 H.J.E. Wenckebachweg

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 102. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 103.



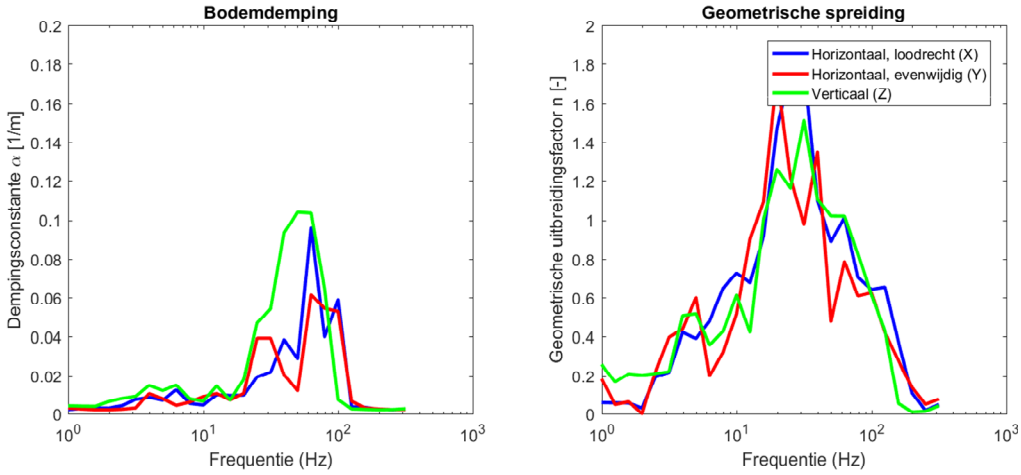
Figuur 102: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



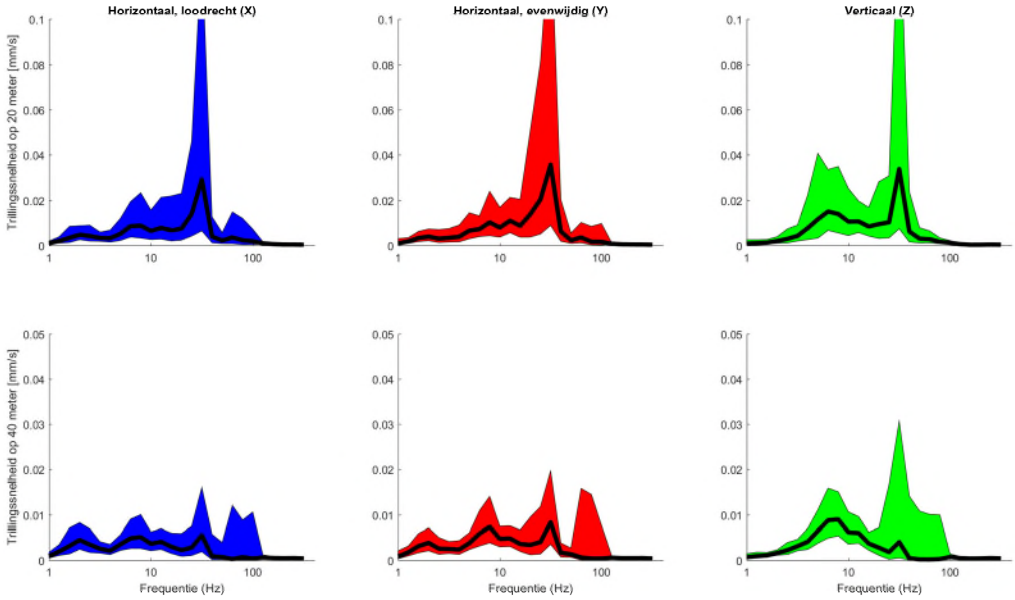
Figuur 103: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.21 Olmenweg

De bodemdemping en geometrische spreiding zijn weergegeven in Figuur 104. De trillingsspectra op 20 en 40 meter, in drie richtingen, voor treinen van het type VIRM zijn weergegeven in Figuur 105.



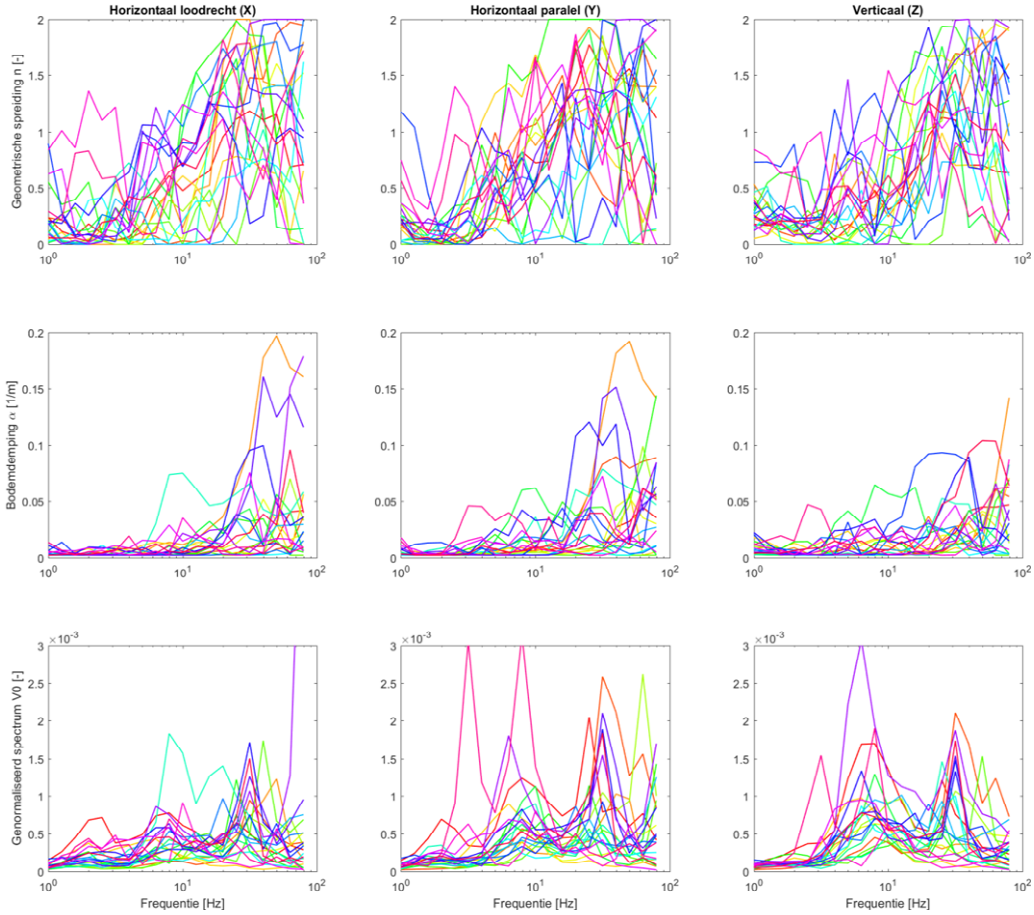
Figuur 104: Dempingsparameter (links) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechts)



Figuur 105: Trillingsspectra (95 procentsinterval) op 20 (boven) en 40 (onder) meter afstand

V.22 Samenvatting en analyse

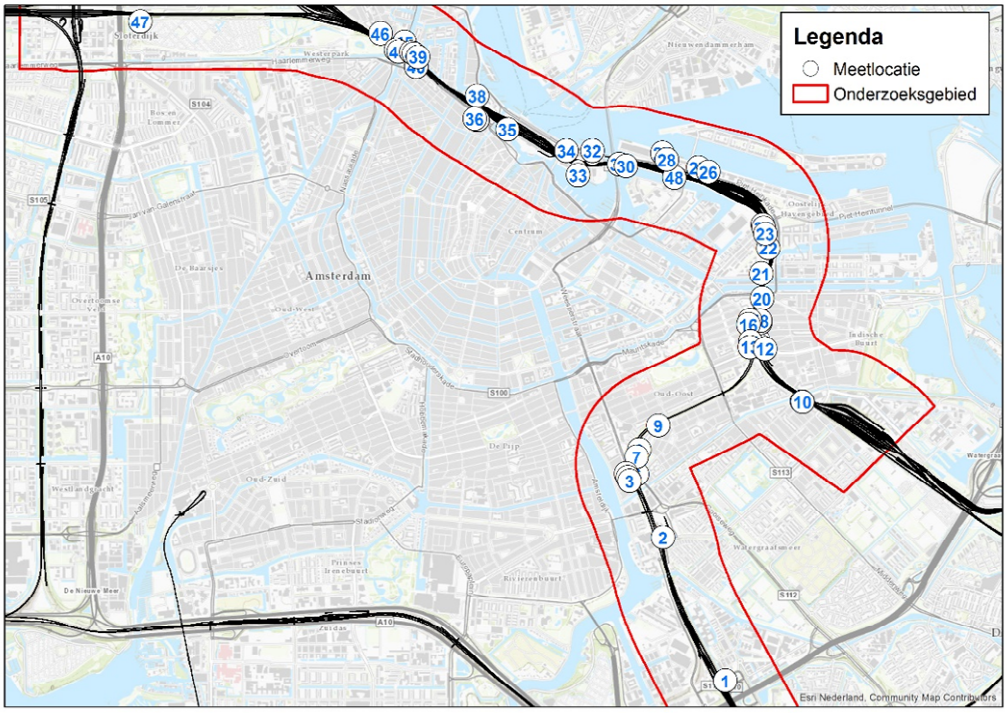
De trillingsspectra (genormaliseerd voor snelheid), geometrische spreiding en bodemdemping voor alle meetlocaties zijn weergegeven in Figuur 106. In deze figuur is zichtbaar dat in het onderzoeksgebied van Amsterdam nog veel variatie optreedt in met name de bodemeigenschappen. Daarnaast zijn er een aantal locaties met een afwijkend trillingsspectrum, mogelijk komt dit doordat op die locaties sprake is van bijvoorbeeld een kwalitatief minder goede spoorligging.



Figuur 106: Geometrische spreiding (boven), bodemdemping (midden) en voor snelheid genormaliseerd trillingsspectrum (onder) voor alle locaties

Bijlage VI - Resultaten metingen in woningen (t.b.v. stap 2)

In de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd in 48 gebouwen waar op basis van Vibra*Dyna*-berekeningen uit stap 1 van het onderzoek niet wordt voldaan aan de Bts. De locaties van de metingen zijn weergegeven in Figuur 107, de nummers correponderen met de paragraafnummers in Bijlage VIII.



Figuur 107: Uitgevoerde metingen in gebouwen, de nummers corresponderen met de paragraafnummers in Bijlage VIII

VI.1 Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek is de volgende onderzoeksaanpak gehanteerd:

1. Er is een trillingsmeting uitgevoerd in gebouwen op representatieve locaties in de omgeving van gebouwen waar op basis van de Vibra*Dyna*-berekening een overschrijding van het beoordelingskader wordt verwacht. De meetlocaties zijn geselecteerd op basis van ligging ten opzichte van het spoor, gebouwkenmerken en de afstand tot wissels en andere trillingsbronnen in de spoorbaan. De metingen hebben een meetduur van bij voorkeur twee weken, om voldoende trillingen van goederentreinen te registreren. Van elke meetlocatie zijn alle meetwaarden (zowel treinen als andere trillingsbronnen) geregistreerd.
2. Voor alle locaties is een berekening voor de plansituatie gemaakt aan de hand van de resultaten van de meting. Per trein is een berekening gemaakt van de trillingssterkte in de plansituatie, aan de hand van de sporenlay-out in de referentiesituatie, de treinsnelheden, de taludgeometrie en de baanopbouw. Alle factoren met frequentieafhankelijkheid worden hierin frequentieafhankelijk verrekend.

3. De resultaten van de prognose worden beoordeeld op de streef- en grenswaarden, die volgen uit de referentiesituatie (conform de Bts).

Het prognosemodel is beschreven in de volgende paragraaf.

VI.2 Prognosemodel

De trillingssterkte op een bepaalde positie wordt bepaald door een groot aantal factoren. In het rekenmodel worden de volgende parameters onderscheiden:

- De treinsnelheid. De trillingssterkte schaalt exponentieel met de treinsnelheid.
- Invloed van wissels. De invloed van wissels neemt af met de afstand tot de wissels.
- Invloed van wijzigingen in taludgeometrie.
- Invloed van wijzigingen in spooropbouw, zoals de aanleg van bijvoorbeeld dive-unders.
- Wijzigingen in spoorligging (sporen komen verder weg of dichterbij te liggen).

Overige factoren, zoals aslast, afvering, wielonrondheid en overdracht in de woning tussen fundering en vloerniveau wijzigen niet bij dit project, doordat de momenteel gebruikte treintypes en de bebouwing na realisatie van het project niet gewijzigd zijn ten opzichte van de bestaande situatie. De invloed hiervan is daarom niet meegenomen.

In het prognosemodel worden alle wijzigingen relatief (d.w.z. ten opzichte van de metingen) beschouwd, hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekeningen groot. Alle wijzigingen worden als toeslagfactor ten opzichte van de gemeten waarde toegepast.

De invloed van de wijzigingen is onderzocht met behulp van metingen en modellen. Toeslagfactoren voor de uitdemping van de bodem, de geometriewijziging en een eventuele wijziging in baanopbouw zijn locatiespecifiek, alle overige factoren zijn universeel toepasbaar. In de volgende subparagrafen wordt de invloed van de factoren nader toegelicht.

VI.2.1 Invloed wissels

De invloed van wissels is in kaart gebracht door op een groot aantal locaties waar wissels in de nabijheid liggen, de gemeten resultaten van sporen zonder wissels te vergelijken met de resultaten van sporen met wissels. Zodoende kan de invloed van wissels worden gemodelleerd als toeslag op het trillingssignaal van een doorgaande trein.

VI.2.2 Invloed spoorafstand

De overdracht van trillingen door de bodem kan worden beschreven met behulp van de Barkanvergelijking. De Barkanvergelijking wordt in het prognosemodel alleen gebruikt om relatieve veranderingen van sporen en wissels te beschrijven. Omdat het op de meeste locaties om kleine veranderingen gaat, heeft de Barkanvergelijking en de nauwkeurigheid van de parameters daarin slechts een beperkte invloed op het eindresultaat. De parameters in de Barkanvergelijking zijn bepaald uit valproeven en metingen aan treinpassages op maaiveldniveau. Meer gedetailleerde informatie over de gebruikte bodemparameters is opgenomen in Bijlage V.

Naast de gewijzigde spoorafstand door de andere spoorligging, verandert voor een deel van de treinen de spoorafstand aanzienlijk doordat deze treinen in de toekomst op

andere sporen gaan rijden. Bij het maken van de prognose voor de plansituatie wordt hierbij gebruik gemaakt van de lijnvoeringsschema's uit hoofdstuk 0.

VI.2.3 Invloed taludwijziging en spooropbouw

Op een aantal locaties wijzigt de vorm van het talud. Dat kan doordat bijvoorbeeld het aantal sporen wordt uitgebreid, waardoor de taludhelling wijzigt, of doordat damwanden worden aangebracht. Door deze wijzigingen kan de trillingssterkte in omliggende gebouwen wijzigen. De invloed van deze wijzigingen is daarom doorgerekend met behulp van het 3D eindige elementen programma Geovib. Hierbij is een model gemaakt van de grondopbouw en de taludvorm in de verschillende situaties. Vervolgens wordt voor alle situaties het tertsbandspectrum van een treinpassage bepaald. De ratio van beide spectra bepaalt de toeslagfactor ten gevolge van de taludwijziging.

Bij de Dijksgracht wordt een vrije kruising aangelegd. Omdat de afstand van dit kunstwerk tot de bebouwing groot is, zal de invloed hiervan naar verwachting nihil zijn. In de rekenmodellen is hier niet voor gecorrigeerd. In het onderzoek is wel rekening gehouden met de zettingsverschillen die kunnen optreden bij de overgang van het kunstwerk naar een aardebaanconstructie.

VI.2.4 Invloed snelheidswijziging

Door wijzigingen in seinplaatsing en posities van wissels veranderen de snelheidsprofielen van de treinen. Om de invloed van de snelheid op de trillingssterkte vast te stellen is gebruik gemaakt van metingen op meerdere locaties in Nederland. De relatie tussen snelheid en trillingssterkte kent een exponentieel verband tot snelheden rond de kritische treinsnelheid. De kritische treinsnelheid is afhankelijk van de bodem. Omdat de invloed van snelheidswijzigingen verschilt per locatie, wordt in dit onderzoek conservatief gerekend.

VI.2.5 Invloed wijziging in treinintensiteit

In het prognosemodel wordt voor elke trein de trillingssterkte in de plansituatie bepaald op basis van het trillingssignaal uit de metingen. Als gevolg van deze aanpak wordt er niet gecorrigeerd voor aanpassingen in het aantal passerende treinen. De berekende waarde van V_{per} uit de prognose dient daarom nog te worden gecorrigeerd voor wijzigingen in treinintensiteit. Een verhoging van de treinintensiteit leidt tot een hogere waarde van de trillingsintensiteit V_{per}. De nieuwe waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{per,nieuw} = V_{per,nieuw,ongecorrigeerd} \cdot \sqrt{\frac{n_{nieuw}}{n_{oud}}}$$

Hierbij is n de treinintensiteit in treinen per periode (dag, avond, nacht). $V_{per,nieuw,ongecorrigeerd}$ is de trillingsintensiteit zoals deze volgt uit de prognoses, deze waarde is nog niet gecorrigeerd voor wijzigingen in aantal treinen.

VI.2.6 Bepaling gewijzigde trillingssterkte

Met behulp van de verschillende toeslagfactoren is de trillingssterkte per trein in de verschillende situaties bepaald vanuit de metingen.

VI.3 Resultaten

De resultaten van de metingen, inclusief berekeningen voor de VKV, zijn weergegeven in Tabel 17. De verwerkingsprocedure van de metingen is opgenomen in Bijlage IV. De berekeningen hebben plaatsgevonden vanuit de metingen die zijn uitgevoerd in 2016 tot en met 2019, zie Bijlage VIII voor meer details. Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de *R*-waarde van de referentiesituatie, plansituatie en de gecombineerde R_Q-waarde. Deze reproduceerbaarheidswaarde (in procenten) geeft aan of de datasets van de metingen en prognoses voor de verschillende situaties voldoende reproduceerbaar zijn. Conform het memo van Level Acoustics[14] wordt gestreefd naar een *R*-waarde die niet groter is dan 10 procent. Bij de grenswaarde *A2* in de Bts van 0.4 is de onzekerheid dan in de orde van de afrondingsfout. Voor het, door middel van een voor- en nameting, toetsen of er sprake is van een toename van meer dan 30 procent, is het ook van belang dat de onzekerheid in beide metingen niet te groot is.
- de berekende of gemeten trillingssterkte in de referentiesituatie (ref), eventueel gecorrigeerd voor de *R*-waarde.
- de berekende trillingssterkte voor de plansituatie conform de VKV (plan), eventueel gecorrigeerd voor de *R*-waarde.
- de verhouding tussen de trillingssterkte $V_{max,\ Bts}$ in de varianten en de referentiesituatie (Q), eventueel gecorrigeerd voor een hoge R_Q-waarde, zie Bijlage IV. De streefwaarde voor deze *Q*-waarde is 1.3.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de referentiesituatie (ref).
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie conform de VKV (plan).

Zowel voor $V_{max,\ Bts}$ als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd, als deze overschrijdingen het gevolg zijn van een hoge *R*-waarde, dan zijn deze geel gearceerd.

Tabel 17: Resultaten metingen in gebouwen voor VKV

		R-waarde		Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
Meetlocatie	**Bestemming**	R_{ref}	R_{plan}	**ref**	**plan**	**Q**	**ref**	**plan**
Verl. van Marwijk Kooystraat 30	Hotel	9	8	0.35	0.35	1.00	0.02	0.03
Julianaplein 6	Wonen	6	6	0.08	0.09	1.10	0.00	0.00
Schollenbrugstraat 30 - 2	Wonen	7	7	0.21	0.24	1.14	0.01	0.02
Overamstelstraat 103	Wonen	5	5	0.09	0.10	1.13	0.00	0.00
Schollenbrugpad 32	Wonen	7	7	0.16	0.18	1.14	0.01	0.01
Tugelaweg 150	Wonen	5	6	0.29	0.33	1.15	0.02	0.03
Tugelaweg 133D	Wonen	8	9	0.32	0.36	1.12	0.02	0.03
Tugelaweg 118C	Wonen	8	8	0.61	0.68	1.12	0.04	0.06
Tugelaweg 84B	Wonen	5	6	0.28	0.32	1.14	0.01	0.02
Archimedesweg 9	Wonen	25	26	0.43	0.43	1.37	0.01	0.01
Archimedesweg 7	Wonen	8	8	0.45	0.45	0.99	0.04	0.04
Tweede Atjehstraat 8k	Wonen	8	8	0.24	0.27	1.13	0.02	0.03
Pontanusstraat 258	Wonen	6	6	0.26	0.29	1.14	0.01	0.02
Pontanusstraat 247-1	Wonen	5	6	0.27	0.31	1.16	0.01	0.02

[14] Koopman, A., LA.131001.M04.2

Celebesstraat 57B	Wonen	7	7	0.06	0.06	1.11	0.00	0.00
Eerste van Swindenstraat 571	Wonen	7	8	0.38	0.44	1.16	0.03	0.04
Pontanusstraat 188	Wonen	21	22	0.37	0.44	1.49	0.01	0.02
Celebesstraat 36-3	Wonen	8	14	0.41	0.54	1.35	0.03	0.03
Celebesstraat 26E	Wonen	8	8	0.19	0.22	1.16	0.01	0.02
Celebesstraat 4	Wonen	8	8	0.25	0.29	1.19	0.01	0.02
Cruquiskade 303	Wonen	9	11	0.33	0.46	1.26	0.02	0.03
Funenpark 1G	Kantoor	3	3	0.17	0.19	1.17	0.02	0.03
Frans de Wollantstraat 72	Kantoor	7	8	0.14	0.18	1.22	0.01	0.01
Czaar Peterstraat 196	Wonen	8	8	0.31	0.37	1.20	0.04	0.06
Czaar Peterstraat 275	Wonen	7	6	0.14	0.17	1.23	0.01	0.01
Veembroederhof 340	Wonen	5	12	0.05	0.15	2.59	0.00	0.00
Veembroederhof 82	Wonen	6	7	0.09	0.15	1.66	0.00	0.01
Piet Heinkade 157	Wonen	7	8	0.09	0.13	1.37	0.00	0.00
Piet Heinkade 133-135	Kantoor	1	6	0.14	0.16	1.12	0.04	0.03
Dijksgracht 6	Kantoor	4	3	0.51	0.59	1.15	0.09	0.13
Dijksgracht 5	Wonen	7	7	0.93	1.21	1.30	0.06	0.10
De Ruijterkade 149	Wonen	7	3	0.42	0.41	1.00	0.05	0.08
Harry Banninkstraat 122	Wonen	6	3	0.09	0.08	0.90	0.00	0.00
De Ruijterkade 105	Wonen	4	3	0.24	0.25	1.06	0.02	0.03
Stationsplein 49	Hotel	10	12	0.30	0.28	1.01	0.03	0.02
Haarlemmer Houttuinen 1F	Wonen	9	8	0.46	0.38	0.83	0.03	0.03
Nieuwe Westerdokstraat 56	Wonen	9	6	0.50	0.41	0.81	0.08	0.07
De Ruijterkade 4	Kantoor	5	5	0.13	0.13	0.98	0.00	0.00
Nieuwe Teertuinen 24-3	Wonen	13	13	0.45	0.49	1.26	0.02	0.03
Nieuwe Teertuinen 25C	Kantoor	8	6	0.37	0.34	0.90	0.07	0.07
Planciusstraat 77	Wonen	8	8	0.66	0.63	0.95	0.11	0.11
Schiemanstraat 1	Wonen	8	9	0.56	0.59	1.05	0.06	0.07
Houtmankade 332	Kantoor	7	6	0.57	0.54	0.95	0.09	0.10
Houtmankade 336	Kantoor	11	11	0.20	0.20	1.14	0.01	0.01
Spaarndammerstraat 12D	Wonen	9	5	0.29	0.28	0.99	0.04	0.05
Zaanstraat 26	Wonen	7	8	0.35	0.33	0.95	0.07	0.07
Spaarndammerdijk 579	Wonen	6	7	0.14	0.14	1.01	0.00	0.01
Dijksgracht 21	Wonen	8	7	0.25	0.26	1.04	0.01	0.02

Om te bepalen of ook in overige gebouwen geen overschrijding van het beoordelingskader optreedt, zijn de modelresultaten van de modelberekening met Vibra*Dyna* gecorrigeerd aan de hand van de meet- en rekenresultaten voor de gebouwen. Hiermee is een nauwkeurige predictie voor alle gebouwen opgesteld, deze is getoetst aan de Bts. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage IX.

Voor de VKV geldt dat in 3 woningen een overschrijding van de streefwaarden niet kan worden uitgesloten doordat er een of enkele treinen met een afwijkende trillingssterkte zijn gepasseerd (geel gearceerde gebouwen). De trillingen nemen hier niet of in ieder geval niet voelbaar toe, maar door een hoge *R*-waarde (onzekerheidsfactor, zie Bijlage IV) zijn overschrijdingen hier theoretisch bezien niet uit te sluiten. Echter, omdat er op deze locaties geen significante wijzigingen in spoorligging, spoorgebruik en rijsnelheid plaatsvinden, is er geen sprake van een significante toename van de trillingen: de trillingssterkte neemt met minder dan 30 procent toe, maar door een hoge R-waarde is

een overschrijding rekenkundig niet uit te sluiten. De kans op een overschrijding is hier dus enkel rekenkundig. Om deze reden is voor deze locaties geen maatregelafweging uitgevoerd. Alle andere locaties voldoen aan het beoordelingskader voor trillingshinder. Op basis van bovenstaande afwegingen is een maatregelafweging niet nodig.

Een deel van de gebouwen is ook al beschouwd in de variantenstudie ten behoeve van de MER. De rekenresultaten per gebouw en per variant (7B, 8B en 9) zijn weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18: Resultaten metingen in gebouwen in de variantenstudie t.b.v. de MER

			R-waarde		Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
Meetlocatie	**Bestemming**	**Var**	**R_{ref}**	**R_{plan}**	**ref**	**plan**	**Q**	**ref**	**plan**
Schollenbrugstraat 30-2	Wonen	7B	7	7	0.21	0.24	1.14	0.01	0.02
		8B	7	7	0.21	0.24	1.14	0.01	0.02
		9	7	7	0.21	0.24	1.14	0.01	0.02
Schollenbrugpad 32	Wonen	7B	7	7	0.16	0.18	1.14	0.01	0.01
		8B	7	7	0.16	0.18	1.14	0.01	0.01
		9	7	7	0.16	0.18	1.14	0.01	0.01
Tugelaweg 150	Wonen	7B	5	6	0.29	0.33	1.15	0.02	0.03
		8B	5	6	0.29	0.33	1.15	0.02	0.03
		9	5	6	0.29	0.33	1.15	0.02	0.03
Tugelaweg 133D	Wonen	7B	8	9	0.32	0.36	1.12	0.02	0.03
		8B	8	9	0.32	0.36	1.12	0.02	0.03
		9	8	9	0.32	0.36	1.12	0.02	0.03
Tugelaweg 118C	Wonen	7B	13	13	0.75	0.82	1.31	0.04	0.06
		8B	13	13	0.75	0.82	1.31	0.04	0.06
		9	13	13	0.75	0.82	1.31	0.04	0.06
Tugelaweg 84B	Wonen	7B	5	6	0.28	0.32	1.14	0.01	0.02
		8B	5	6	0.28	0.32	1.14	0.01	0.02
		9	5	6	0.28	0.32	1.14	0.01	0.02
Pontanusstraat 258	Wonen	7B	6	6	0.26	0.29	1.14	0.01	0.02
		8B	6	6	0.26	0.29	1.14	0.01	0.02
		9	6	6	0.26	0.29	1.14	0.01	0.02
Pontanusstraat 247	Wonen	7B	5	6	0.27	0.32	1.16	0.01	0.02
		8B	5	6	0.27	0.32	1.16	0.01	0.02
		9	5	6	0.27	0.31	1.16	0.01	0.02
Celebesstraat 36-3	Wonen	7B	8	14	0.41	0.54	1.35	0.03	0.03
		8B	8	14	0.41	0.54	1.35	0.03	0.04
		9	8	14	0.41	0.54	1.35	0.03	0.03
Celebesstraat 26E	Wonen	7B	8	8	0.19	0.22	1.16	0.01	0.02
		8B	8	8	0.19	0.22	1.16	0.01	0.02
		9	8	8	0.19	0.22	1.16	0.01	0.02
Celebesstraat 4	Wonen	7B	8	8	0.25	0.29	1.19	0.01	0.02
		8B	8	8	0.25	0.29	1.19	0.01	0.02
		9	8	8	0.25	0.29	1.19	0.01	0.02
Cruquiuskade 303	Wonen	7B	9	11	0.33	0.48	1.50	0.02	0.03
		8B	9	13	0.33	0.52	1.64	0.02	0.03
		9	9	11	0.33	0.46	1.26	0.02	0.03
Funenpark 1G	Kantoor	7B	8	9	0.31	0.36	1.27	0.02	0.03

Meetlocatie	Bestemming	Var	R-waarde		Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
			R_{ref}	R_{plan}	ref	plan	Q	ref	plan
		8B	8	9	0.31	0.39	1.38	0.02	0.03
		9	8	9	0.31	0.35	1.25	0.02	0.03
Czaar Peterstraat 196	Wonen	7B	8	8	0.31	0.37	1.20	0.04	0.06
		8B	8	9	0.31	0.40	1.30	0.04	0.07
		9	8	8	0.31	0.37	1.20	0.04	0.06
Veembroederhof 340	Wonen	7B	5	12	0.05	0.15	2.59	<0.01	<0.01
		8B	5	12	0.05	0.14	2.42	<0.01	<0.01
		9	5	12	0.05	0.15	2.59	<0.01	<0.01
Piet Heinkade 157	Wonen	7B	7	4	0.09	0.13	1.40	<0.01	0.01
		8B	7	3	0.09	0.13	1.42	<0.01	0.01
		9	7	8	0.09	0.13	1.37	<0.01	<0.01
De Ruyterkade 149	Wonen	7B	7	3	0.42	0.45	1.08	0.05	0.09
		8B	7	3	0.42	0.42	1.02	0.05	0.08
		9	7	3	0.42	0.41	1.00	0.05	0.08
De Ruyterkade 105	Wonen	7B	4	3	0.24	0.27	1.13	0.02	0.03
		8B	4	4	0.24	0.26	1.08	0.02	0.03
		9	4	3	0.24	0.25	1.06	0.02	0.03
Stationsplein 49	Logies	7B	10	12	0.30	0.29	1.04	0.03	0.02
		8B	10	12	0.30	0.29	1.03	0.03	0.03
		9	10	12	0.30	0.28	1.01	0.03	0.02
Nieuwe Westerdokstraat 56	Wonen	7B	9	9	0.46	0.41	0.89	0.03	0.03
		8B	9	9	0.46	0.42	0.92	0.03	0.03
		9	9	8	0.46	0.38	0.83	0.03	0.03
Haarlemmer Houttuinen 1F	Wonen	7B	9	6	0.50	0.43	0.85	0.08	0.08
		8B	9	9	0.50	0.47	0.94	0.08	0.08
		9	9	6	0.50	0.41	0.81	0.08	0.08
Nieuwe Teertuinen 25 B-C	Wonen	7B	8	6	0.37	0.34	0.90	0.07	0.07
		8B	8	7	0.37	0.35	0.93	0.07	0.08
		9	8	6	0.37	0.34	0.90	0.07	0.07
Planciusstraat 77	Wonen	7B	8	8	0.66	0.62	0.94	0.11	0.11
		8B	8	8	0.66	0.62	0.94	0.11	0.11
		9	8	8	0.66	0.63	0.95	0.11	0.11
Schiemanstraat 1	Wonen	7B	8	8	0.56	0.57	1.01	0.06	0.07
		8B	8	8	0.56	0.57	1.01	0.06	0.07
		9	8	9	0.56	0.59	1.05	0.06	0.07
Spaarndammerdijk 579	Wonen	7B	6	7	0.14	0.14	1.00	<0.01	0.01
		8B	6	7	0.14	0.14	1.01	<0.01	0.01
		9	6	7	0.14	0.14	1.01	<0.01	0.01

Voor de variantenstudie geldt dat met name in de bocht bij de Dijksgracht (Czaar Peterstraat en Funenpark) en rond het station verschillen zichtbaar zijn tussen de varianten. Rond het station is er geen verschil in aantal overschrijdingen tussen de varianten, maar bij de Dijksgracht wel. Hier leidt variant 8B tot een grotere toename van de trillingen, met name doordat in deze variant de goederentreinen vanuit Haarlem/Beverwijk een hogere rijsnelheid hebben. In de varianten 7B en 9 rijdt deze trein via spoor 2 op Amsterdam Centraal, en kan deze pas bij het Lozingskanaal versnellen naar 80 km/h. In variant 8B rijden deze treinen langs de IJzijde van station

Amsterdam Centraal, en kunnen de treinen eerder optrekken naar 80 km/h. Uit de metingen blijkt dat met name bij de Keerwal de treinen vanuit de Westhaven (geladen met kolen) en de treinen vanuit Beverwijk (Tata Steel) voor hoge trillingen zorgen. In de varianten 7B en 9 rijden deze treinen met vrijwel dezelfde snelheid als in de bestaande situatie, daarom zijn de projecteffecten op de trillingen beperkt voor deze varianten.

VI.4 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de prognoses in dit onderzoek is afhankelijk van een aantal aspecten:

- De betrouwbaarheid van de meting. Alleen bij het meten van voldoende treinpassages is de meting, en daarmee ook de prognose, voldoende betrouwbaar. De betrouwbaarheid van de meting wordt in dit onderzoek aangegeven middels een zogenaamde *R*- of reproduceerbaarheidswaarde. Een *R*-waarde van kleiner dan 10 procent impliceert een goed reproduceerbare meting, de resultaten van een tweede meting zullen maximaal 10 procent afwijken van de gepresenteerde meetresultaten. De betrouwbaarheid van de meting wordt meegenomen in de beoordeling;
- De betrouwbaarheid van de diverse toeslagfactoren voor de wijzigingen ten gevolge van het project. De belangrijkste wijzigingen zijn:
    - Snelheidsverandering. Op basis van metingen op andere locaties in Nederland is een worst-case aanname (bovengrensinschatting) gedaan voor het effect van de snelheid;
    - Invloed afstandswijziging. De invloed van de afstandswijziging is meegenomen met de Barkanvergelijking, op basis van de locatiespecifieke maaiveldmetingen (zie Bijlage V). Verder geldt dat de invloed van deze toeslagfactor doorgaans gering is (in het project vinden vrijwel geen grote afstandswijzigingen plaats). Uit ervaringen met eerdere projecten blijkt dat er slechts een beperkte onzekerheid is op de invloed van de afstandswijziging;
    - Invloed wijziging spoorontwerp (wissels, kunstwerken): Hiervoor wordt, op basis van metingen op andere locaties, een worst-case aanname (bovengrensinschatting) voor de toeslag van wissels en kunstwerken gehanteerd.

  Zoals gebruikelijk wordt de beoordeling van de trillingen uitgevoerd op de verwachtingswaarde van de trillingen, met inachtneming van bovenstaande conservatieve inschattingen. Uit ervaringen met eerdere projecten blijkt dat dit de meest betrouwbare beoordelingsmethodiek is, waarbij factoren met een sterke mate van onzekerheid worst-case worden meegenomen, zodat niet onterecht bepaalde locaties over het hoofd worden gezien bij een maatregelenafweging.

VI.5 Verschillen modelberekeningen en woningmetingen

Verschillen tussen de modelberekeningen en predicties op basis van woningmetingen kunnen worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

1. Het model van stap 2 is nauwkeuriger dan het model van stap 1, omdat in stap 2 alleen gerekend wordt met toeslagfactoren voor de wijzigingen in bijvoorbeeld treinsnelheid, de ligging van sporen en wissels en taludgeometrie. Hoe geringer deze wijzigingen zijn, hoe meer de plansituatie overeenkomt met de gemeten referentiesituatie, en hoe betrouwbaarder de berekeningen dus zijn;

2. Het model van stap 2 rekent met nauwkeurige, modelbepaalde parameters voor de wijzigingen in taludgeometrie. Vooral op locaties met sterke wijzigingen in taludgeometrie is het model van stap 2 aanzienlijk nauwkeuriger dan het model van stap 1;
3. In stap 2 wordt in gebouwen gemeten, hierdoor worden de specifieke gebouweigenschappen nauwkeuriger meegenomen dan in stap 1. Elk gebouw heeft een specifieke overdracht tussen fundering en midden vloerveld. Hierdoor is het ene gebouw gevoeliger voor een toename van de trillingssterkte in het laagfrequente gebied dan een ander gebouw. Verschillen tussen stap 1 en stap 2 worden meestal veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen.

Bijlage VII - Trillingsschade tijdens de bouwfase

VII.1 Inleiding

Tijdens de realisatiefase van *PHS Amsterdam Centraal* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade aan omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door bijvoorbeeld het intrillen van damwanden of heiwerkzaamheden. Daarom is een nadere analyse uitgevoerd met behulp van een rekenmodel, gebaseerd op de CUR166-richtlijn, om te bepalen voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten, en waar daarom een vooropname en eventueel maatregelen dienen te worden getroffen tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De vooropnames zijn bedoeld om de huidige schade van gebouwen vast te stellen, zodat na de werkzaamheden een causaal verband kan worden gelegd tussen de eventueel opgetreden schade en de uitgevoerde werkzaamheden.

Omdat er nog geen gedetailleerd ontwerp beschikbaar is van de diverse kunstwerken, is in het onderzoek naar schade een conservatieve aanname gedaan over de werkzaamheden en afmetingen van de objecten. Bij verdere detaillering kan een nauwkeuriger beschouwing worden gehouden.

In de VKV worden werkzaamheden met kans op schade voorzien op de volgende locaties:

1. Het verwijderen van een damwand bij de niet-gebruikte metrotunnel ten zuiden van station Amsterdam Centraal.
2. Het realiseren van een vrije kruising op het emplacement ter hoogte van de Dijksgracht. Deze vrije kruising bestaat uit een onderdoorgang (dive-under). Werkzaamheden die hierbij plaatsvinden zijn het heien van palen en het intrillen van damwanden.
3. Bouwkuipen naast de bestaande pijlers en achter de huidige landhoofden van de Oostertoegang.
4. Werkplateau in de Oostertoegang ten behoeve van de vervanging van de bruggen over de Oostertoegang.

In de variantenstudie is uitgegaan van de volgende werkzaamheden met kans op schade:

1. Het verwijderen van een damwand bij de niet-gebruikte metrotunnel ten zuiden van station Amsterdam Centraal.
2. Het realiseren van een damwand rond het middensteunpunt van het viaduct Czaar Peterstraat. Bij dit viaduct moet het oostelijke deel worden vervangen, waarbij ook het middensteunpunt wordt aangepast. De palen worden hier door middel van boren aangebracht.
3. Het realiseren van een palenfundering (door middel van heien) onder het te vervangen viaduct Frans de Wollantstraat. Deze werkzaamheden worden alleen in variant 8B uitgevoerd, bij variant 7B en 9 kan dit kunstwerk gehandhaafd blijven.
4. Het realiseren van een vrije kruising op het emplacement ter hoogte van de Dijksgracht. Deze vrije kruising bestaat uit een halfverdiepte onderdoorgang (dive-under) en een fly-over. Werkzaamheden die hierbij plaatsvinden zijn het heien van palen en het intrillen van damwanden.

5. Het realiseren van een damwand als grondkerende constructie bij de Keerwal. De damwand wordt trillend aangebracht en is niet nodig bij de subvarianten met meegebogen wissel.

Bij overige objecten waar funderingen worden aangebracht, is het niet mogelijk om deze heiend in te brengen (vanwege ruimtetechnische beperkingen of omdat de objecten dichtbij het spoor zijn gelegen). Voor deze objecten is een trillingsvrije inbrengmethode aangenomen, deze objecten zijn daarom niet meegenomen in deze beschouwing.

VII.2 Uitgangspunten

In de berekeningen is op basis van een quickscan een aantal uitgangspunten gehanteerd, deze zijn weergegeven in Tabel 19 (VKV) en Tabel 20 (variantenstudie).

Tabel 19 Uitgangspunten modelberekeningen VKV

Model	Omschrijving	Werkzaamheden
VKA.1	Damwand metrotunnel	Uittrillen damwand, AZ37-700N, 17 m lang
VKA.2	Damwand vrije kruising	Intrillen damwand, AZ36-700N, 20 m lang
VKA.3	Fundering vrije kruising	Heien palen, 450x450mm, 25 m lang
VKA.4	Damwand Oostertoegang	Intrillen damwand, AZ36-700N, 20 m lang
VKA.5	Heipalen werkplateau Oostertoegang	Intrillen buispalen, rond 305 mm, 25 m lang

Tabel 20 Uitgangspunten modelberekeningen variantenstudie

Model	Omschrijving	Werkzaamheden
MER.1	Damwand metrotunnel	Uittrillen damwand, AZ37-700N, 17 m lang
MER.2	Damwand middensteunpunt Czaar Peterstraat	Intrillen damwand, AZ26-700N, 6 m lang
MER.3	Fundering Frans de Wollantstraat	Heien palen, 400x400mm, 20 m lang
MER.4	Damwand vrije kruising	Intrillen damwand, AZ36-700N, 20 m lang
MER.5	Fundering vrije kruising	Heien palen, 380x380mm, 25 m lang
MER.6	Damwand Keerwal	Intrillen damwand, AZ36-700N, 20 m lang

In de berekeningen is een veiligheidsfactor van 2.0 toegepast op de trillingssnelheden. Uit eerdere analyse van de trillingssignalen blijkt dat de trillingen tengevolge van heien een grote component in het frequentiegebied van onder de 10 Hz hebben, daarom is de maximaal toegestane amplitude uit dit frequentiegebied in de SBR A-richtlijn toegepast. Voor het intrillen van damwanden is een frequentie van 38 Hz uitgehouden om de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn te bepalen.

VII.3 Modellering

De contourafstanden rond de werkzaamheden zijn berekend met behulp van een op de CUR166-richtlijn gebaseerd prognosemodel, aangevuld met praktijkervaringen uit eerdere projecten. De opbouw van de bodem is gebaseerd op sonderingen uit het projectgebied.

VII.4 Resultaten

De contourafstanden voor categorie 1-, en 2 gebouwen en gevoelige categorie 2 gebouwen voor de verschillende werkzaamheden zijn weergegeven in Tabel 21 voor de VKV.

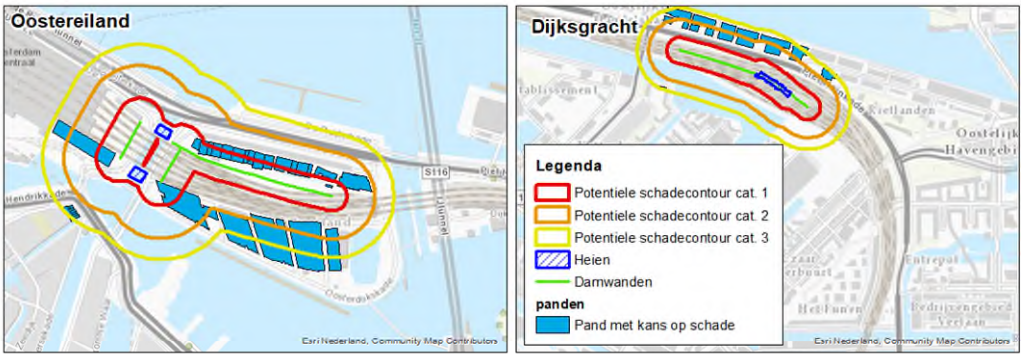
Tabel 21 Contourafstanden mogelijke bouwschade VKV

	Toegestane afstand (m)		
Werkzaamheden	**Categorie 1**	**Categorie 2**	**Categorie 2 (gevoelig/monument)**
Damwand metrotunnel	27	78	112
Damwand vrije kruising	42	101	139
Fundering vrije kruising	22	64	84
Damwand Oostertoegang	42	101	139
Werkplateau Oostertoegang	10	43	61

De contourafstanden voor categorie 1-, en 2 gebouwen en gevoelige categorie 2 gebouwen zijn geprojecteerd rond de werkzaamheden van de verschillende locaties, zie Figuur 108. Binnen de aangegeven afstanden tot de werkzaamheden is trillingsschade ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet uit te sluiten.

Kans op trillingsschade treedt op bij de volgende werkzaamheden:
1. Het verwijderen van de damwand van de metrotunnel op het Oostereiland;
2. Het aanbrengen van de damwanden rond de vrije kruising Dijksg10racht;
3. Het aanbrengen van de damwand bij de Oostertoegang van het Centraal station

.



Figuur 108 Schadecontouren en panden met kans op schade in voorkeursvariant

Voor de variantenstudie zijn de contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen voor de verschillende werkzaamheden weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22 Contourafstanden mogelijke bouwschade variantenstudie

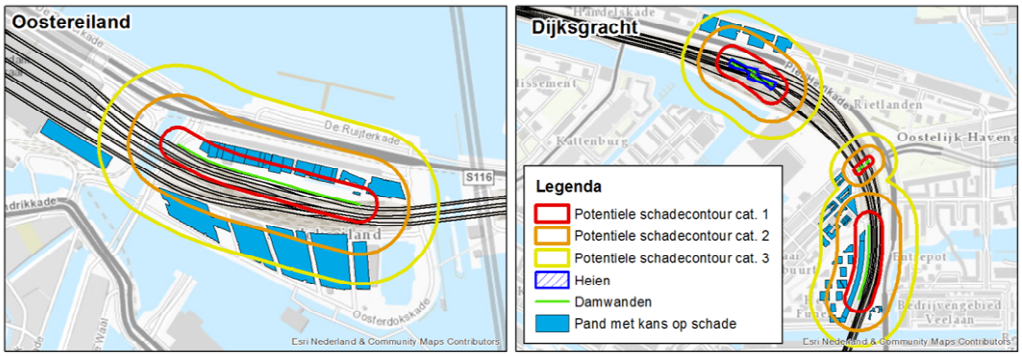
	Toegestane afstand (m)		
Werkzaamheden	**Categorie 1**	**Categorie 2**	**Categorie 3**
Damwand metrotunnel	27	78	125
Damwand middensteunpunt Czaar Peterstraat	12	46	86
Fundering Frans de Wollantstraat	14	50	68
Damwand vrije kruising	42	101	152
Fundering vrije kruising	18	58	77
Damwand Keerwal	42	101	152

De contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen zijn geprojecteerd rond de werkzaamheden van de verschillende locaties, zie Figuur 109 tot en met Figuur 111. Binnen de aangegeven afstanden tot de werkzaamheden is trillingsschade ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet uit te sluiten.

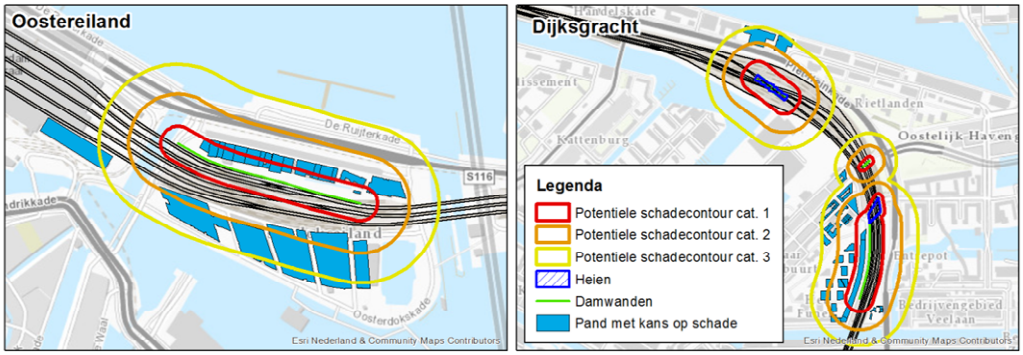
Kans op trillingsschade treedt op bij de volgende werkzaamheden:

1. Het verwijderen van de damwand van de metrotunnel op het Oostereiland;
2. Het aanbrengen van de damwanden rond de vrije kruising Dijksgracht;
3. Het aanbrengen van de damwand rond het middensteunpunt van het viaduct Czaar Peterstraat;
4. Het aanbrengen van het westelijke deel van de fundering van het viaduct Frans de Wollantstraat (alleen bij variant 8B);
5. Het aanbrengen van de damwand bij de Keerwal (niet bij de subvarianten met meegebogen wissel).

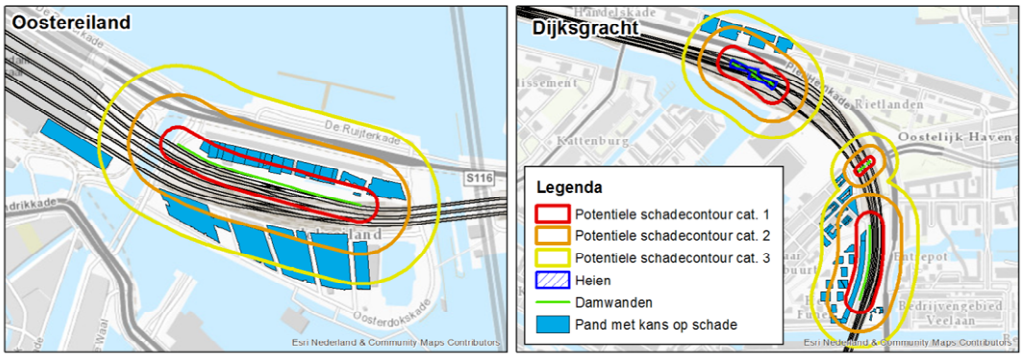
De varianten met meegebogen wissel leiden tot een significant kleiner aantal panden met kans op schade, omdat de grondkerende constructie bij de Keerwal bij deze subvarianten overbodig is.



Figuur 109 Schadecontouren en panden met kans op schade in MER variant 7B



Figuur 110 Schadecontouren en panden met kans op schade in MER variant 8B



Figuur 111 Schadecontouren en panden met kans op schade in MER variant 9

Voor bouwwerkzaamheden met een kans op schade adviseren wij om in het vervolgtraject, bij de detaillering van de werkzaamheden, aandacht te besteden aan het aspect trillingsschade tijdens realisatie. Dat kan op de volgende manieren:

1. Objecten lichter funderen of verder bij bebouwing vandaan realiseren. Zodra de detaillering van de objecten afgerond is, adviseren wij om een gedetailleerde schadeprognose te maken met behulp van 3D eindige elementenmodellen;
2. Als daaruit blijkt dat er nog steeds panden met kans op schade zijn, adviseren wij om te kiezen voor een trillingsarme bouwmethode of, indien dat niet mogelijk is, bouwkundige vooropnames in de omliggende panden uit te voeren en de trillingen te monitoren tijdens de werkzaamheden. Bij overschrijdingen van de grenswaarden van de SBR A-richtlijn dienen de werkzaamheden te worden stilgelegd, zodat gekeken kan worden naar eventuele maatregelen (trillingsarme bouwmethode of afscherming van werkzaamheden of trillingsgevoelige objecten).

Bijlage VIII - Resultaten woningmetingen

Deze bijlage bevat een overzicht en schets van de meetopstelling, de resultaten van de metingen en de berekening voor de referentie- en plansituatie voor alle meetlocaties.

VIII.1 Verlengde van Marwijk Kooystraat 30

De meetlocatie Verlengde van Marwijk Kooystraat 30 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 112.

Figuur 112 *Gevel Verlengde van Marwijk Kooystraat 30*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 24, 29):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (24) op een stijf punt op de 11e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 11e verdieping op betonnen vloer.

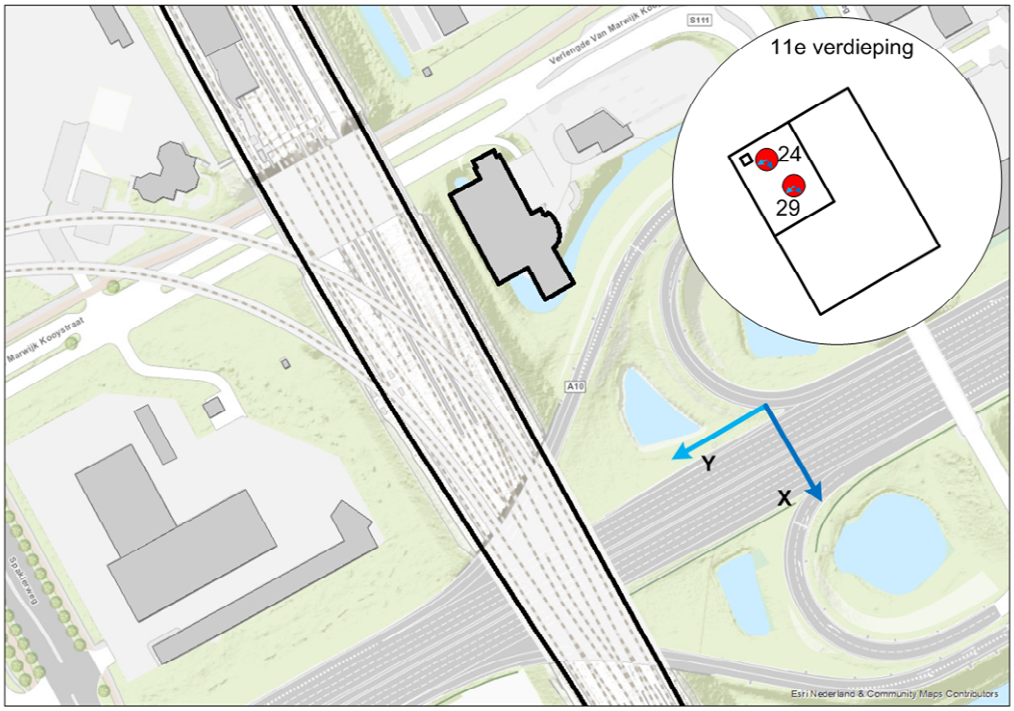
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 21.

Tabel 21 *Gegevens meting Verlengde van Marwijk Kooystraat 30*

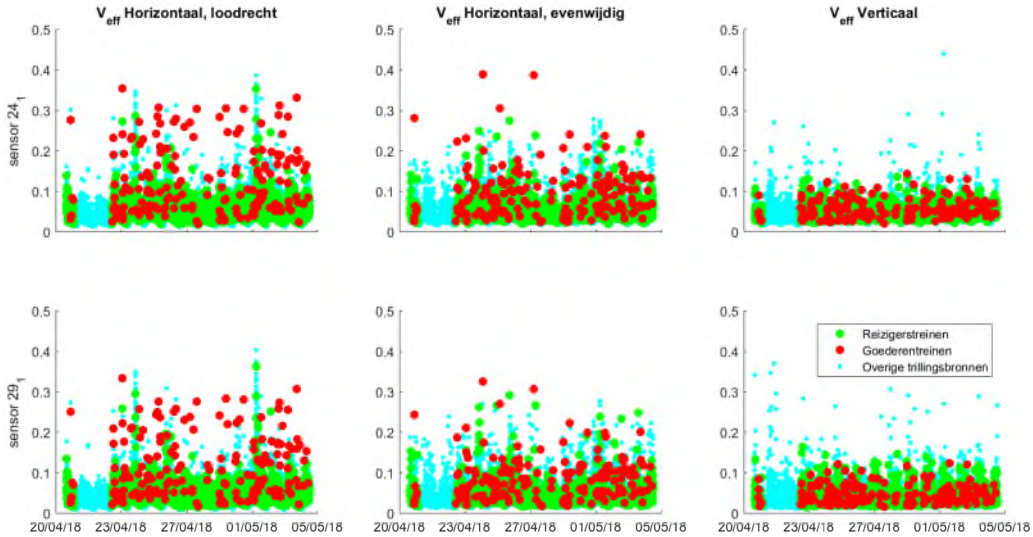
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*20 april 2018 14:43 tot 04 mei 2018 13:46*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Dertienlaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 112*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 112*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 114*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 113*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 113, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 114.



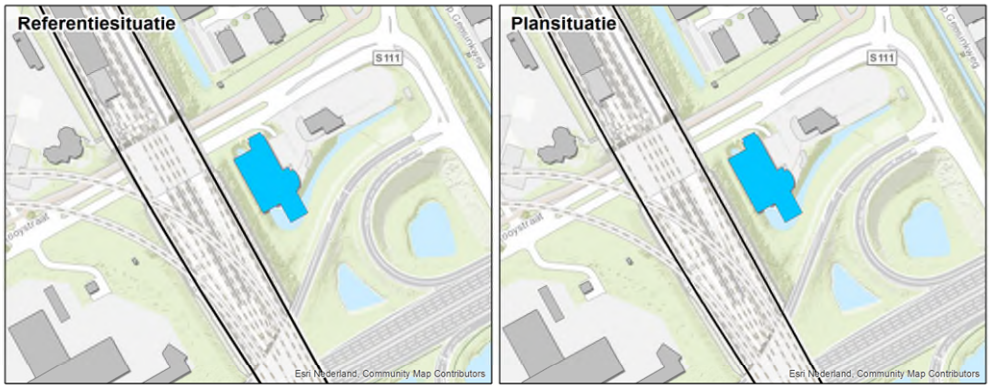
Figuur 113 *Opstelling sensoren bij Verlengde van Marwijk Kooystraat 30*



Figuur 114 *Meetresultaten Verlengde van Marwijk Kooystraat 30*

VIII.1.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 115.



Figuur 115 *Meetlocatie Verlengde van Marwijk Kooystraat 30 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.1.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 22. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 22 *Resultaten referentiesituatie Verlengde van Marwijk Kooystraat 30*

	24, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
Vper, avond	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.35	0.39	0.14	0.36	0.32	0.16
X (%)	12.50	1.63	1.63	1.63	1.63	50.00
#topX%	169	22	22	22	22	676
μ	-1.82	-1.43	-2.13	-1.31	-1.47	-2.85
σ	0.34	0.19	0.09	0.11	0.17	0.31
β	2.30	1.40	1.40	1.40	1.40	2.77
R	9	10	4	5	8	5

Op deze locatie zijn 2355 reizigers- en 174 goederentreinen gemeten.

VIII.1.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 *Resultaten berekening plansituatie*

	24, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, avond	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01
Vper, nacht	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.37	0.38	0.16	0.38	0.32	0.18
X (%)	12.52	1.60	1.60	6.29	1.60	50.00
#topX%	195	25	25	98	25	779
μ	-1.81	-1.43	-2.06	-1.62	-1.46	-2.82
σ	0.33	0.19	0.10	0.25	0.17	0.31
β	2.35	1.47	1.47	2.09	1.47	2.82
R	8	9	5	8	8	4

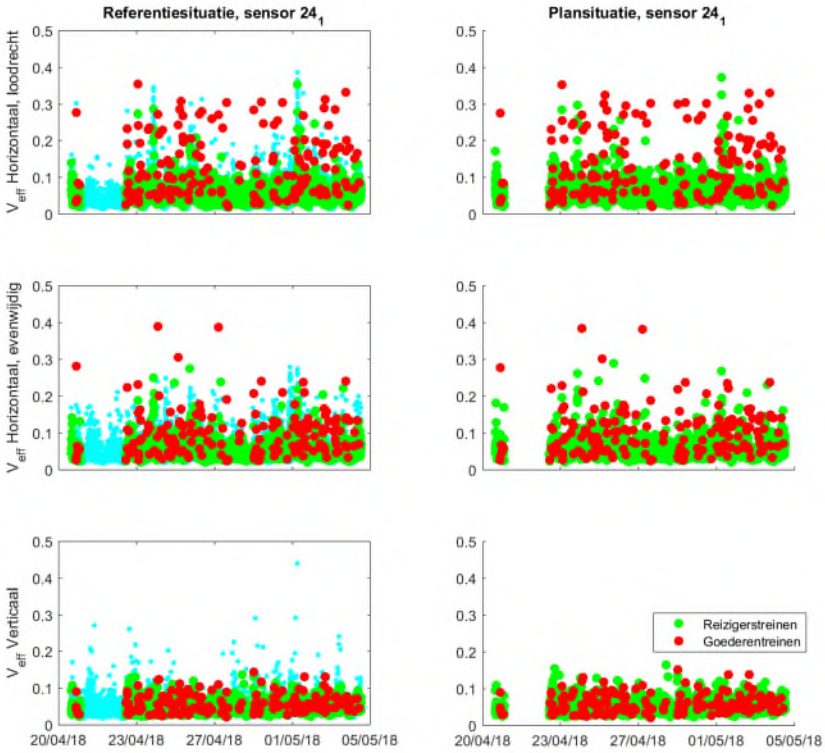
De Q-waarde bedraagt 1.00. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.1.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 116 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, metro's of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 116 *Resultaten sensor 24 van de VKV*

VIII.2 Julianaplein 6

De meetlocatie Julianaplein 6 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 117.

Figuur 117 *Gevel Julianaplein 6*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 31, 17):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (31) op een stijf punt op de 33e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (17) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 33e verdieping op betonnen vloer.

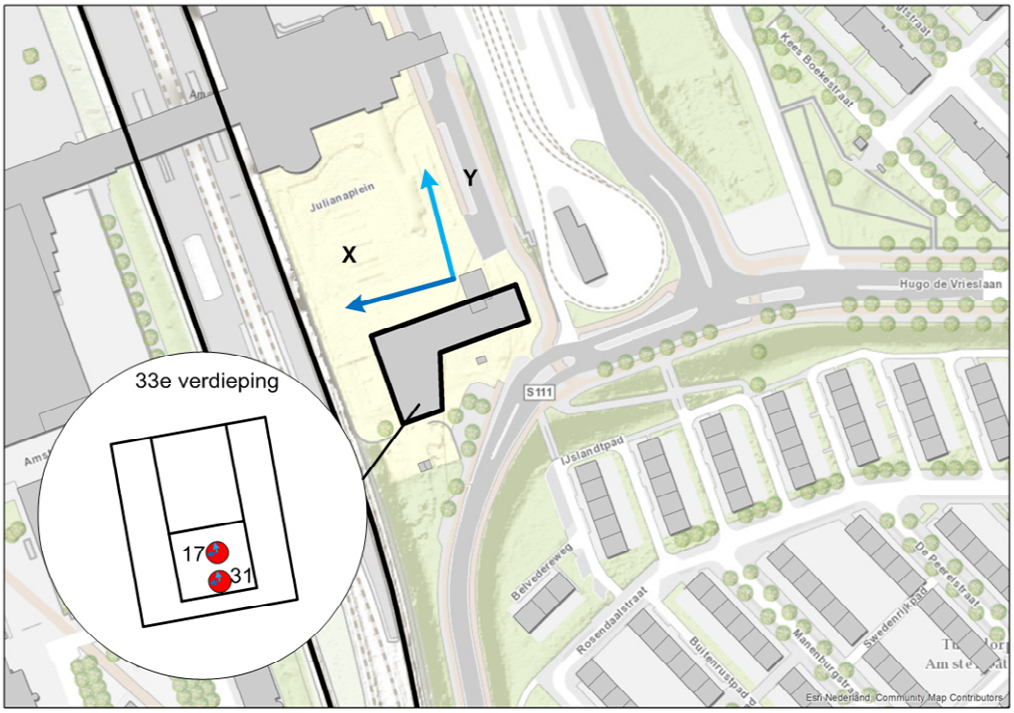
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 24.

Tabel 24 *Gegevens meting Julianaplein 6*

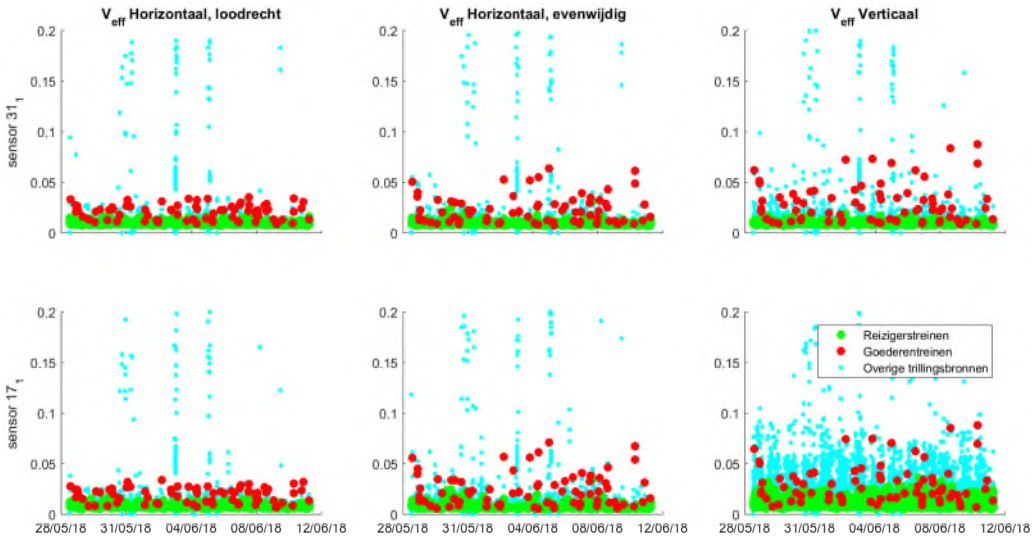
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*28 mei 2018 11:40 tot 11 juni 2018 08:30*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierendertiglaags gebouw, woning bevindt zich op de 33e verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 117*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 117*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 119*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 118*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 118, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 119.



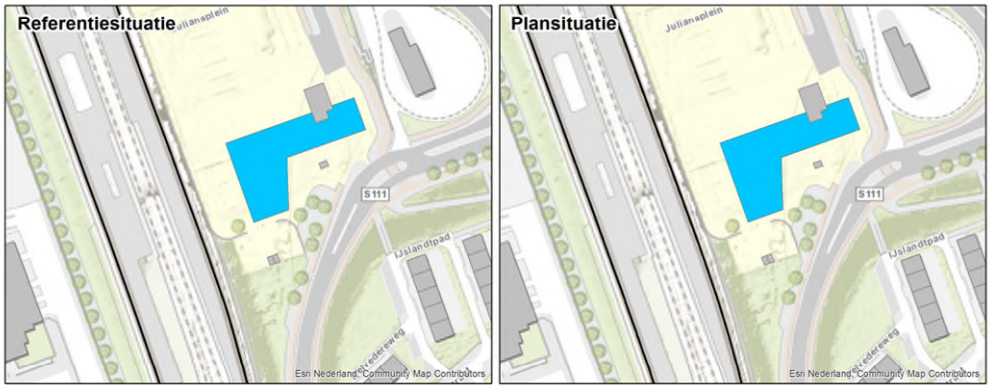
Figuur 118 *Opstelling sensoren bij Julianaplein 6*



Figuur 119 *Meetresultaten Julianaplein 6*

VIII.2.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 120.



Figuur 120 *Meetlocatie Julianaplein 6 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.2.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 25. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 25 *Resultaten referentiesituatie Julianaplein 6*

	31, stijf punt			17, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.04	0.06	0.09	0.03	0.07	0.09
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	5	5	5	5	5	5
μ	-3.41	-2.87	-2.57	-3.53	-2.78	-2.55
σ	0.04	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
β	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
R	2	6	6	5	6	6

Op deze locatie zijn 2003 reizigers- en 76 goederentreinen gemeten.

VIII.2.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 26.

Tabel 26 *Resultaten berekening plansituatie*

	31, stijf punt			17, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.04	0.07	0.10	0.04	0.08	0.10
X (%)	54.55	54.55	54.55	54.55	54.55	54.55
#topX%	6	6	6	6	6	6
μ	-3.34	-2.80	-2.49	-3.45	-2.71	-2.48
σ	0.05	0.10	0.10	0.08	0.10	0.10
β	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
R	3	6	6	5	6	6

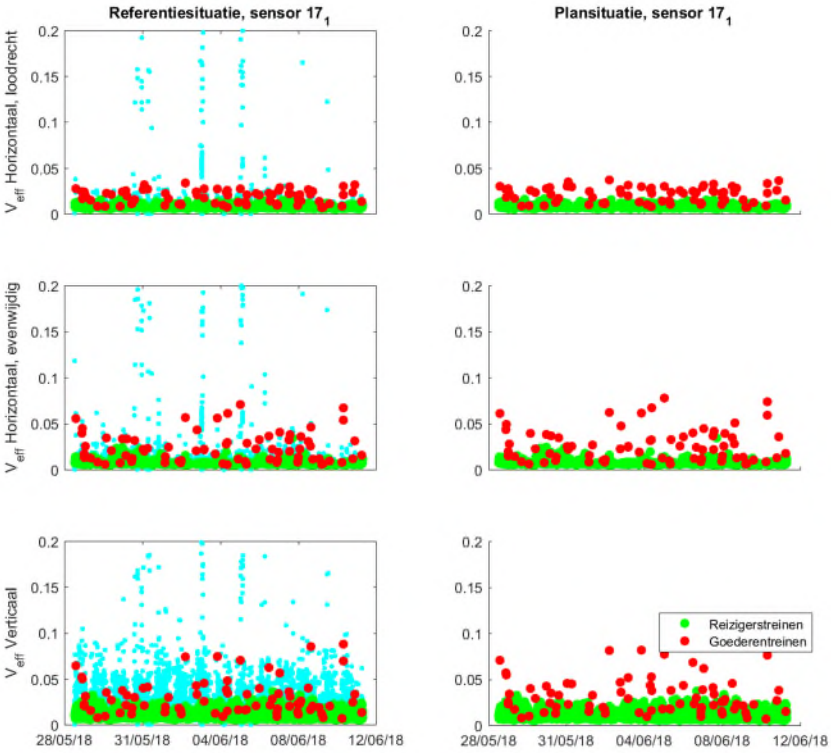
De Q-waarde bedraagt 1.10. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.2.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 121 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, metro's of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 121 *Resultaten sensor 17 van de VKV*

VIII.3 Schollenbrugstraat 30-2

De meetlocatie Schollenbrugstraat 30-2 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 122.

Figuur 122 *Gevel Schollenbrugstraat 30-2*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 8, 12):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (8) op een stijf punt op de 2e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (12) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op houten vloer.

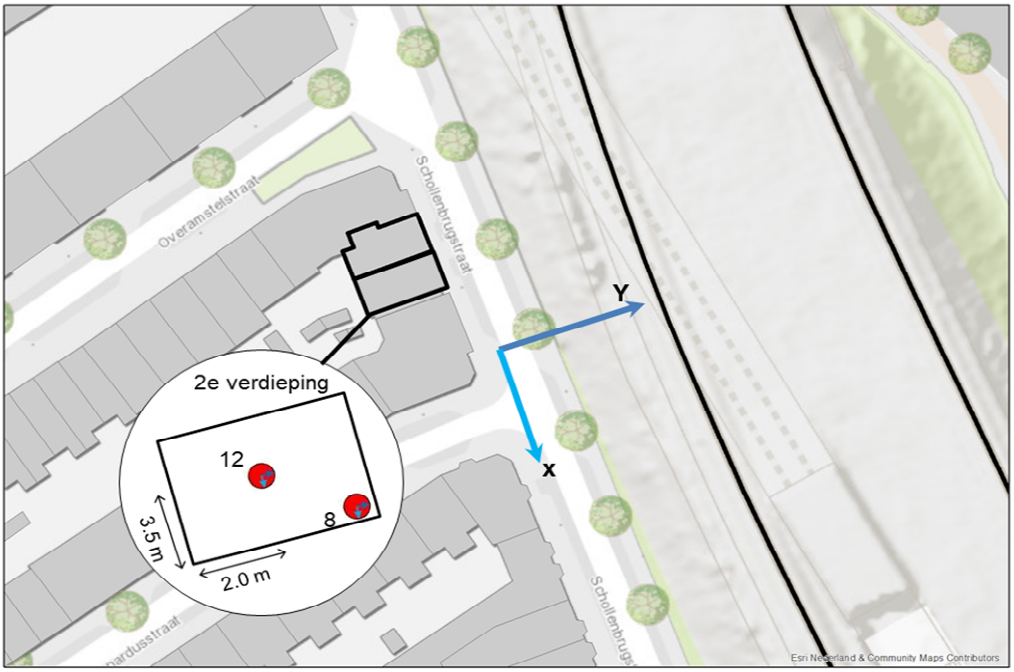
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 27.

Tabel 27 *Gegevens meting Schollenbrugstraat 30-2*

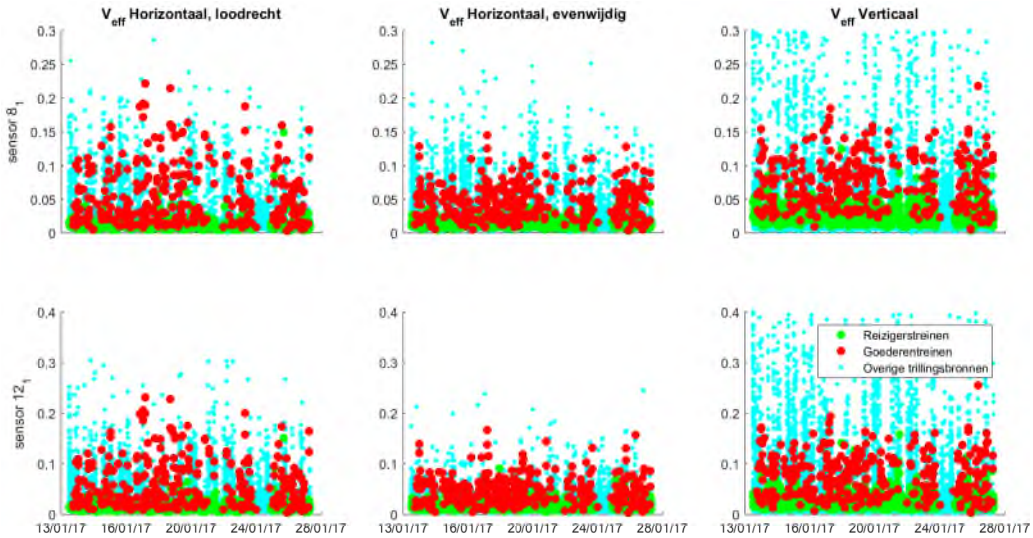
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Olivier Louis*
3	Tijdsperiode meting	*13 januari 2017 11:22 tot 27 januari 2017 08:35*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de tweede verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 122*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 122*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 124*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 123*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 123, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 124.



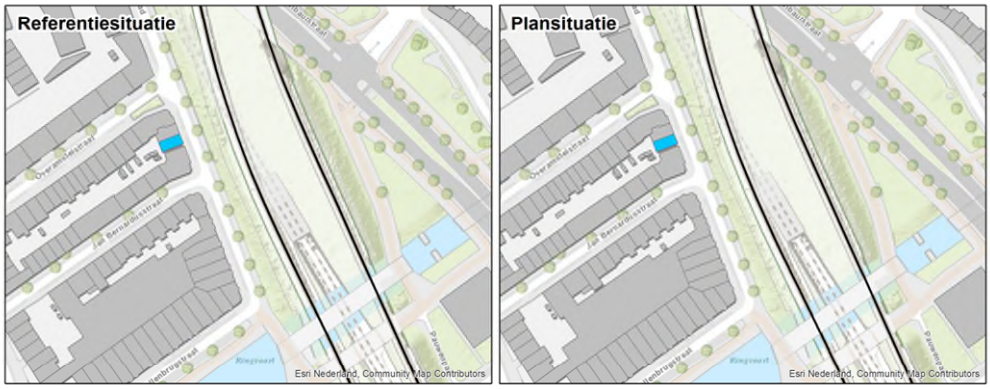
Figuur 123 *Opstelling sensoren bij Schollenbrugstraat 30-2*



Figuur 124 *Meetresultaten Schollenbrugstraat 30-2*

VIII.3.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 125.



Figuur 125 *Meetlocatie Schollenbrugstraat 30-2 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.3.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 28. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 28 *Resultaten referentiesituatie Schollenbrugstraat 30-2*

	8, stijf punt			12, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.22	0.14	0.22	0.23	0.17	0.25
X (%)	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
#topX%	16	16	16	16	16	16
μ	-1.76	-2.20	-1.84	-1.71	-2.09	-1.78
σ	0.13	0.12	0.11	0.13	0.15	0.12
β	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
R	6	6	5	7	8	6

Op deze locatie zijn 1820 reizigers- en 306 goederentreinen gemeten.

VIII.3.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 29.

Tabel 29 *Resultaten berekening plansituatie*

	8, stijf punt			12, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.25	0.17	0.25	0.26	0.19	0.29
X (%)	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38
#topX%	18	18	18	18	18	18
μ	-1.64	-2.08	-1.72	-1.59	-1.98	-1.65
σ	0.13	0.12	0.11	0.13	0.16	0.12
β	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
R	6	6	5	7	8	6

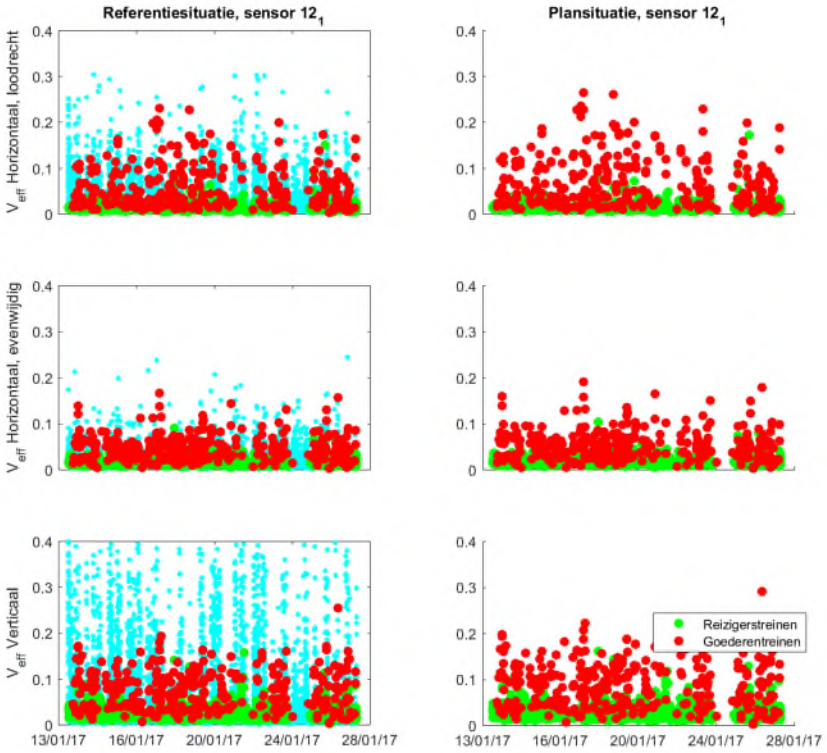
De Q-waarde bedraagt 1.14. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.3.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 126 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, metro's of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 126 *Resultaten sensor 12 van de VKV*

VIII.4 Overamstelstraat 103

De meetlocatie Overamstelstraat 103 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 127.

Figuur 127 *Gevel Overamstelstraat 103*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 32, 10):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (32) op een stijf punt op de 2e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (10) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op houten vloer.

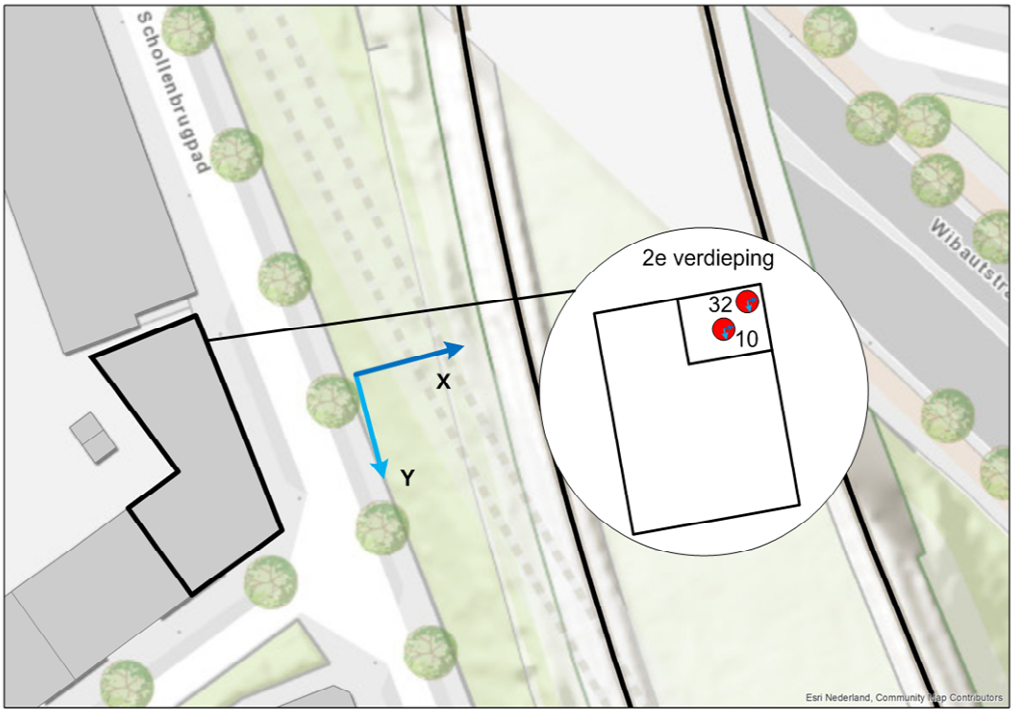
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 30.

Tabel 30 *Gegevens meting Overamstelstraat 103*

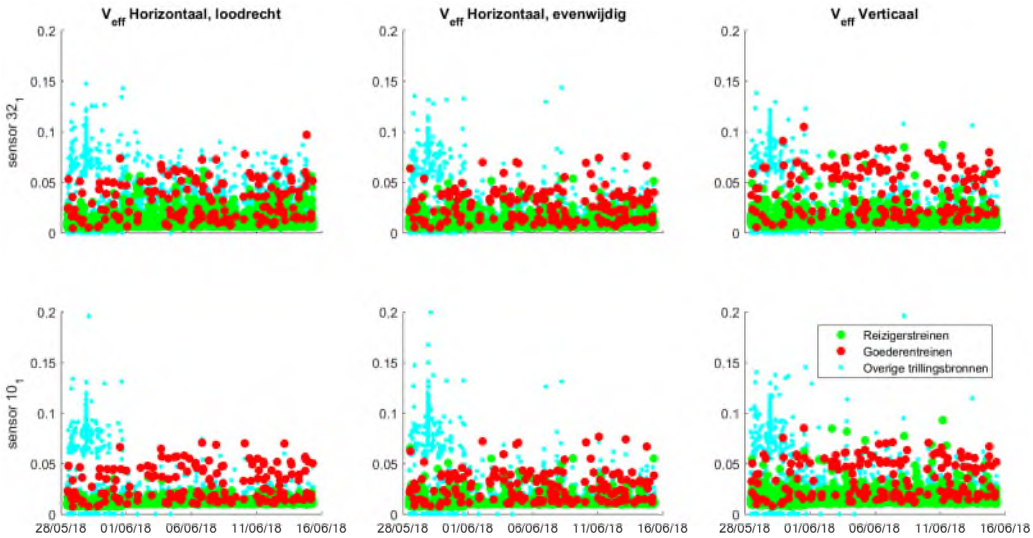
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*28 mei 2018 10:35 tot 15 juni 2018 09:59*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vijflaags gebouw, woning bevindt zich op de tweede verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 127*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 127*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 129*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 128*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 128, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 129.



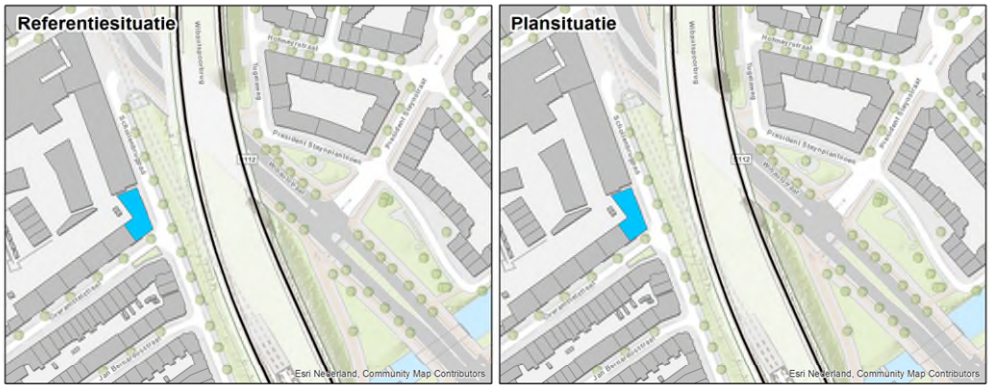
Figuur 128 *Opstelling sensoren bij Overamstelstraat 103*



Figuur 129 *Meetresultaten Overamstelstraat 103*

VIII.4.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 130.



Figuur 130 *Meetlocatie Overamstelstraat 103 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.4.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 31. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 31 *Resultaten referentiesituatie Overamstelstraat 103*

	32, stijf punt			10, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.10	0.08	0.10	0.07	0.08	0.09
X (%)	51.11	51.11	51.11	51.11	51.11	51.11
#topX%	23	23	23	23	23	23
μ	-2.80	-2.90	-2.55	-2.87	-2.93	-2.67
σ	0.12	0.21	0.10	0.13	0.24	0.12
β	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
R	5	10	4	6	11	6

Op deze locatie zijn 3251 reizigers- en 159 goederentreinen gemeten.

VIII.4.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 32.

Tabel 32 *Resultaten berekening plansituatie*

	32, stijf punt			10, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.11	0.09	0.12	0.08	0.09	0.11
X (%)	25.00	50.00	50.00	25.00	25.00	25.00
#topX%	18	36	36	18	18	18
μ	-2.62	-2.84	-2.47	-2.70	-2.67	-2.51
σ	0.10	0.21	0.11	0.11	0.15	0.12
β	1.17	1.55	1.55	1.17	1.17	1.17
R	5	9	4	5	7	5

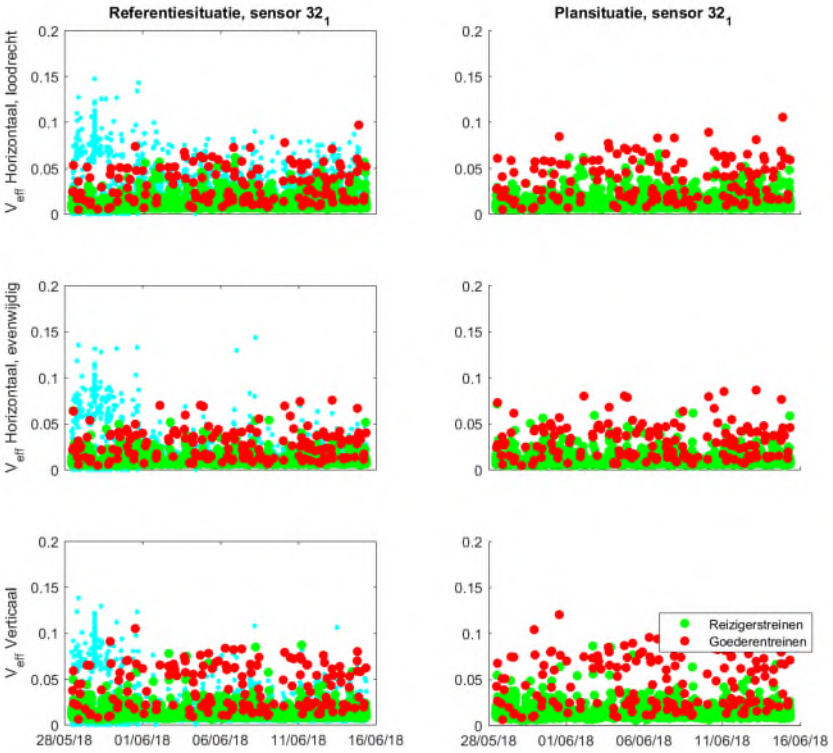
De Q-waarde bedraagt 1.13. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.4.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 131 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, metro's of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 131 *Resultaten sensor 32 van de VKV*

VIII.5 Schollenbrugpad 32

De meetlocatie Schollenbrugpad 32 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 132.

Figuur 132 *Gevel Schollenbrugpad 32*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 31, 16):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (31) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (16) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaatvloer.

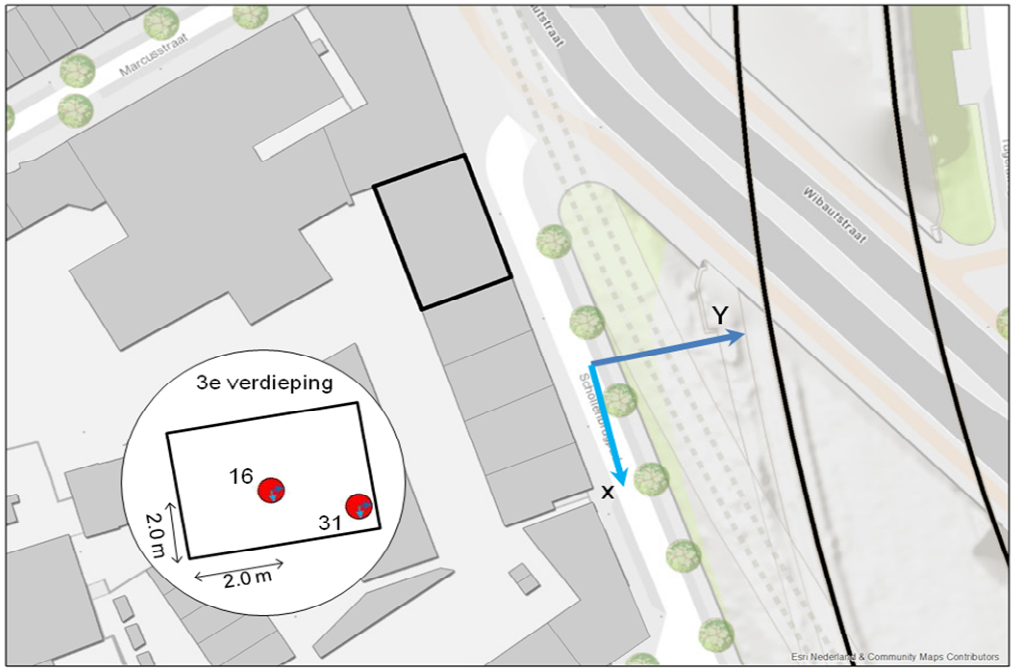
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 33.

Tabel 33 *Gegevens meting Schollenbrugpad 32*

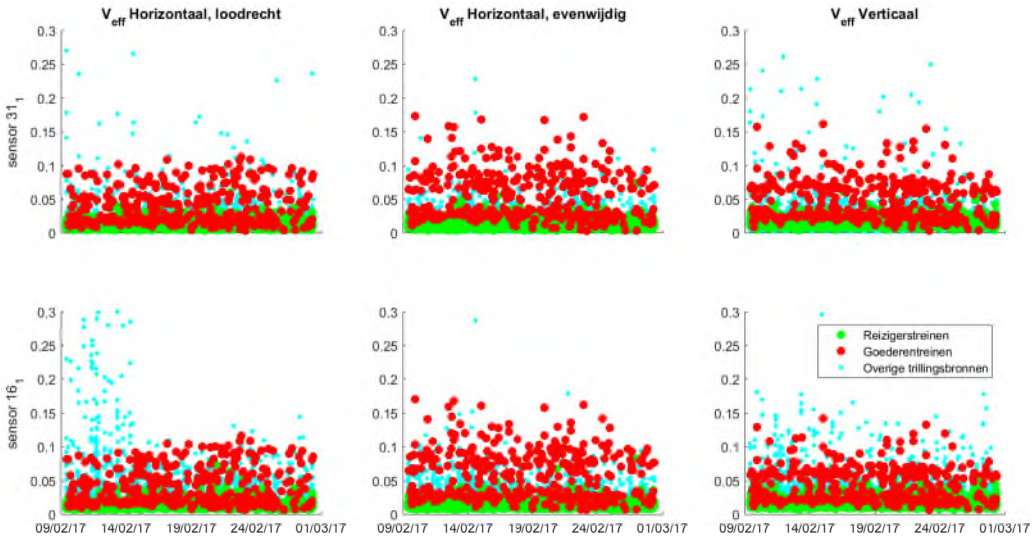
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Charlotte Paiman*
3	Tijdsperiode meting	*09 februari 2017 09:38 tot 28 februari 2017 09:10*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 132*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 132*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 134*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 133*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 133, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 134.



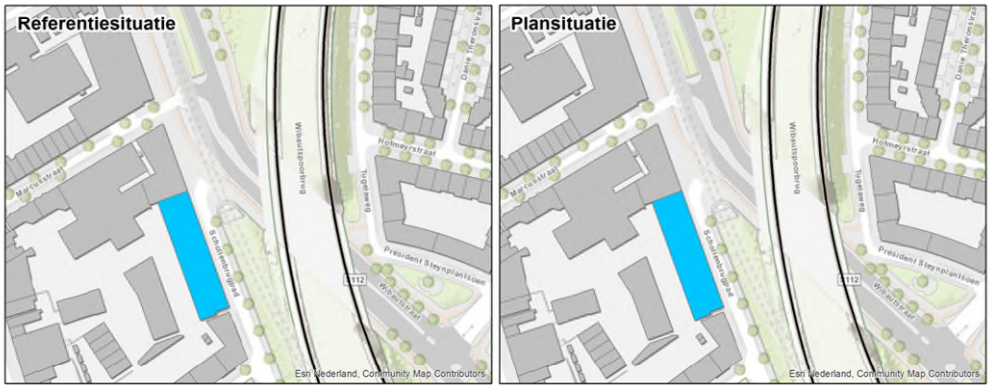
Figuur 133 *Opstelling sensoren bij Schollenbrugpad 32*



Figuur 134 *Meetresultaten Schollenbrugpad 32*

VIII.5.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 135.



Figuur 135 *Meetlocatie Schollenbrugpad 32 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.5.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 34. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 34 *Resultaten referentiesituatie Schollenbrugpad 32*

	31, stijf punt			16, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.11	0.17	0.16	0.12	0.17	0.14
X (%)	50.27	12.83	12.83	50.27	12.83	12.83
#topX%	94	24	24	94	24	24
μ	-2.56	-2.01	-2.12	-2.54	-2.00	-2.27
σ	0.19	0.14	0.15	0.17	0.13	0.15
β	1.92	1.25	1.25	1.92	1.25	1.25
R	5	6	6	5	5	6

Op deze locatie zijn 4000 reizigers- en 364 goederentreinen gemeten.

VIII.5.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35 *Resultaten berekening plansituatie*

	31, stijf punt			16, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.13	0.20	0.18	0.13	0.19	0.16
X (%)	50.00	12.50	12.50	50.00	12.50	12.50
#topX%	100	25	25	100	25	25
μ	-2.45	-1.88	-2.00	-2.43	-1.87	-2.15
σ	0.20	0.14	0.15	0.18	0.13	0.15
β	1.95	1.27	1.27	1.95	1.27	1.27
R	6	6	7	5	5	6

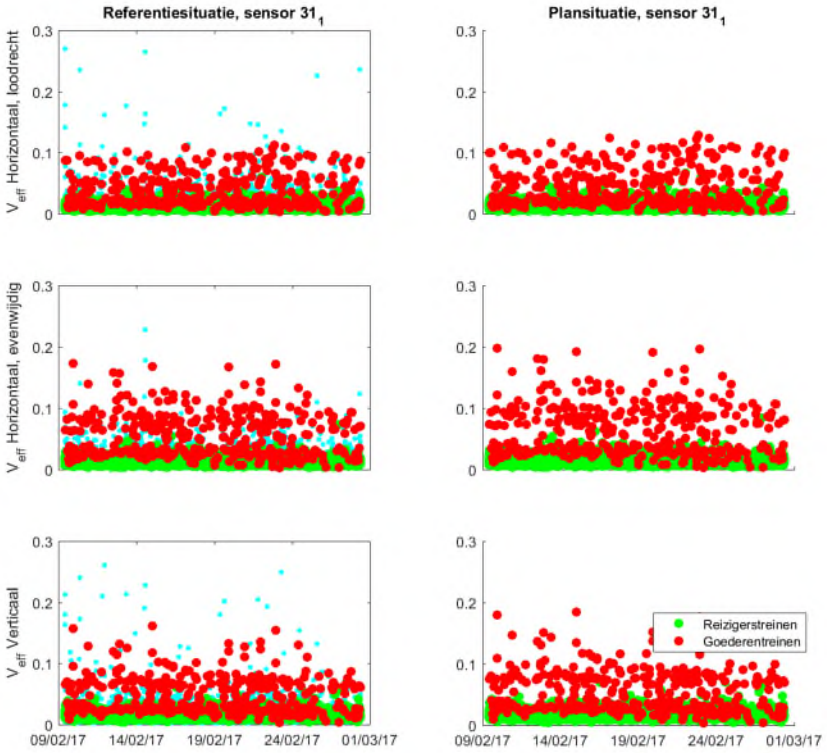
De Q-waarde bedraagt 1.14. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.5.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 136 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, metro's of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 136 *Resultaten sensor 31 van de VKV*

VIII.6 Tugelaweg 150

De meetlocatie Tugelaweg 150 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 137.

Figuur 137 *Gevel Tugelaweg 150*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 39, 24):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (39) op een stijf punt op de 4e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (24) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op laminaatvloer.

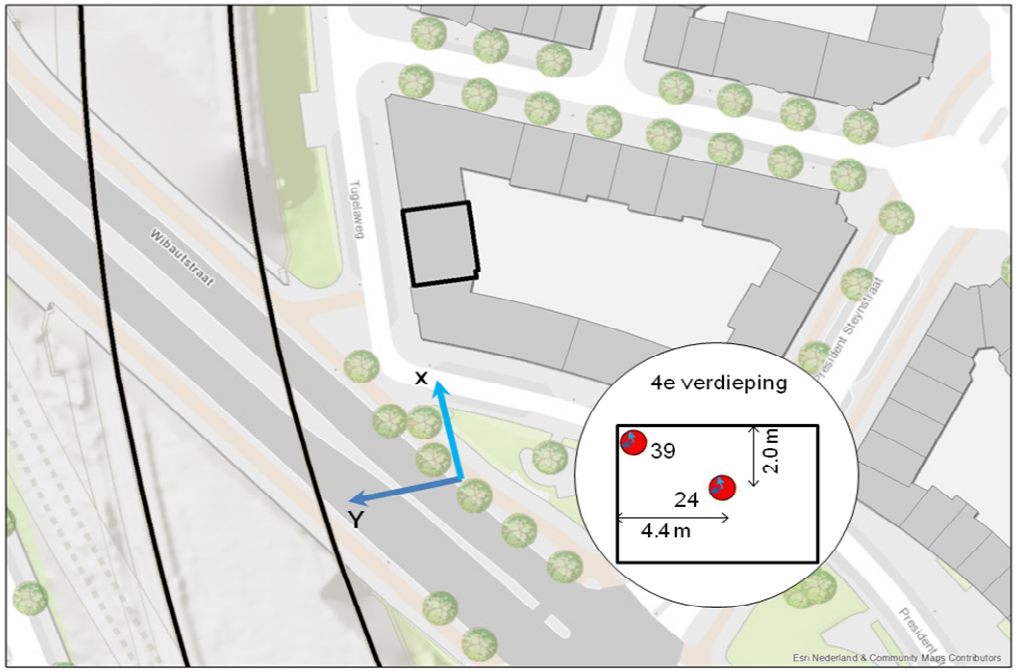
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 36.

Tabel 36 *Gegevens meting Tugelaweg 150*

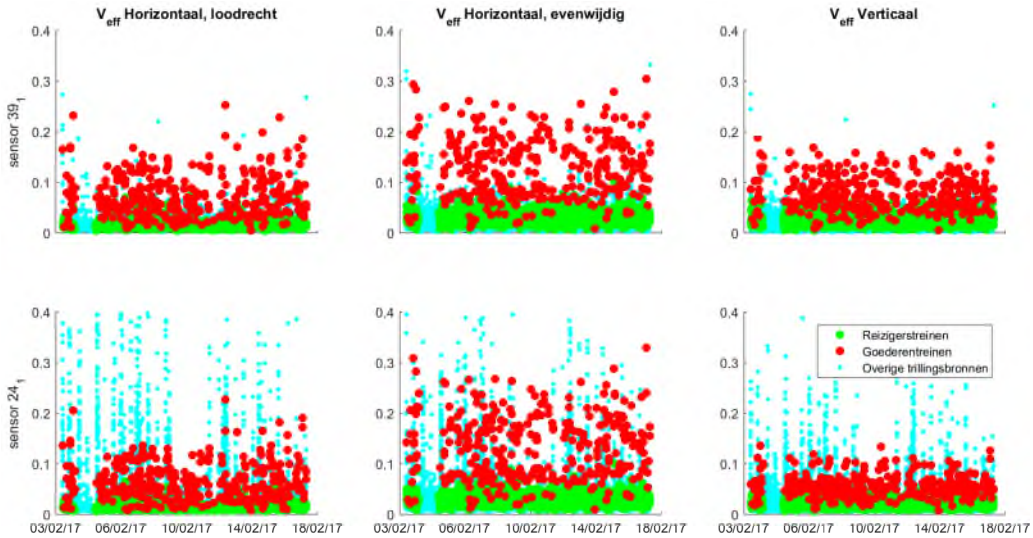
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Koen Geul*
3	Tijdsperiode meting	*03 februari 2017 09:15 tot 17 februari 2017 08:57*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 137*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 137*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 139*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 138*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 138, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 139.



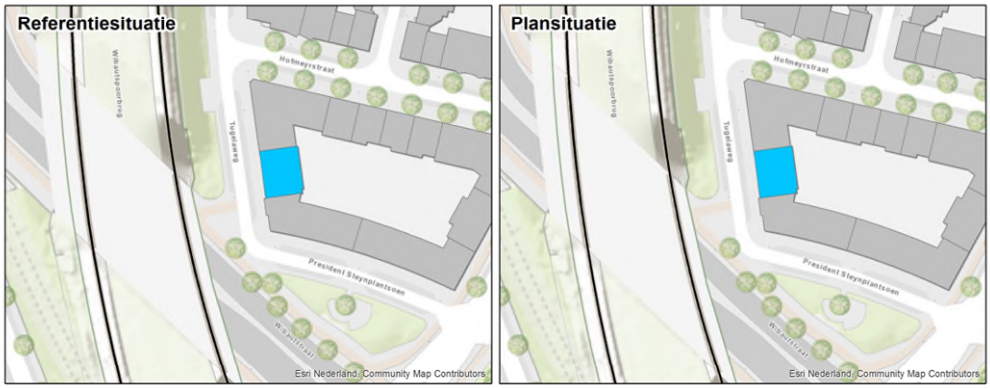
Figuur 138 *Opstelling sensoren bij Tugelaweg 150*



Figuur 139 *Meetresultaten Tugelaweg 150*

VIII.6.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 140.



Figuur 140 *Meetlocatie Tugelaweg 150 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.6.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 37. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 37 *Resultaten referentiesituatie Tugelaweg 150*

	39, stijf punt			24, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	<0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.25	0.30	0.19	0.23	0.33	0.13
X (%)	6.33	6.33	50.00	6.33	6.33	6.33
#topX%	21	21	166	21	21	21
μ	-1.76	-1.40	-2.28	-1.90	-1.36	-2.22
σ	0.16	0.09	0.23	0.18	0.09	0.09
β	1.36	1.36	2.28	1.36	1.36	1.36
R	8	4	6	9	4	4

Op deze locatie zijn 2623 reizigers- en 330 goederentreinen gemeten.

VIII.6.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 38.

Tabel 38 *Resultaten berekening plansituatie*

	39, stijf punt			24, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	<0.01
Vper, avond	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01
Vper, nacht	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Vmax	0.29	0.35	0.21	0.26	0.38	0.15
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	6.25
#topX%	184	184	184	184	184	23
μ	-2.21	-1.66	-2.18	-2.35	-1.63	-2.10
σ	0.32	0.23	0.24	0.32	0.23	0.09
β	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	1.41
R	8	5	6	8	6	4

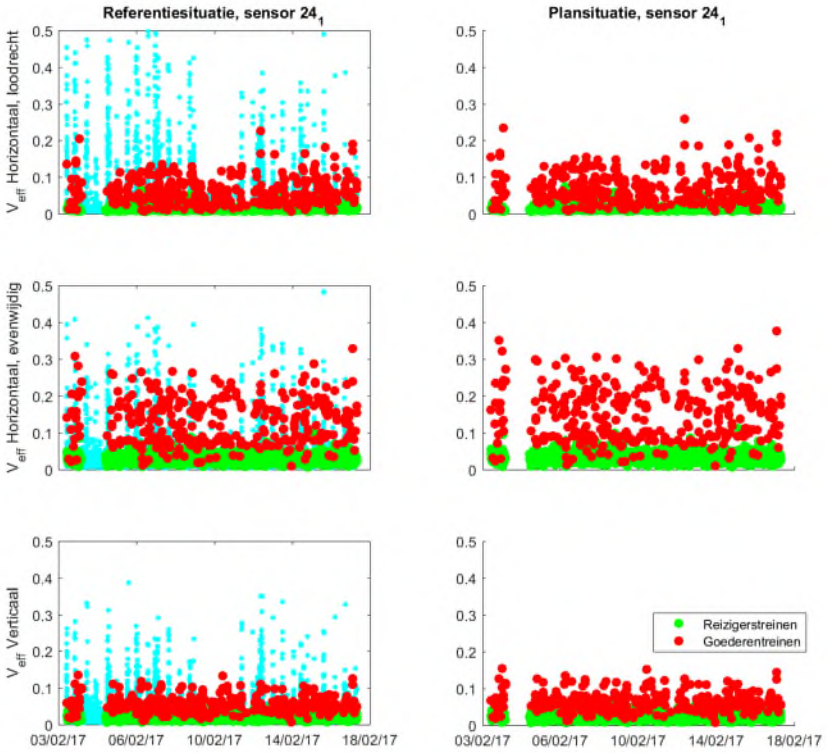
De Q-waarde bedraagt 1.15. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.6.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 141 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 141 *Resultaten sensor 24 van de VKV*

VIII.7 Tugelaweg 133D

De meetlocatie Tugelaweg 133D heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 142.

Figuur 142 *Gevel Tugelaweg 133D*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 19, 35):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (19) op een stijf punt op de 4e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (35) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op laminaat vloer.

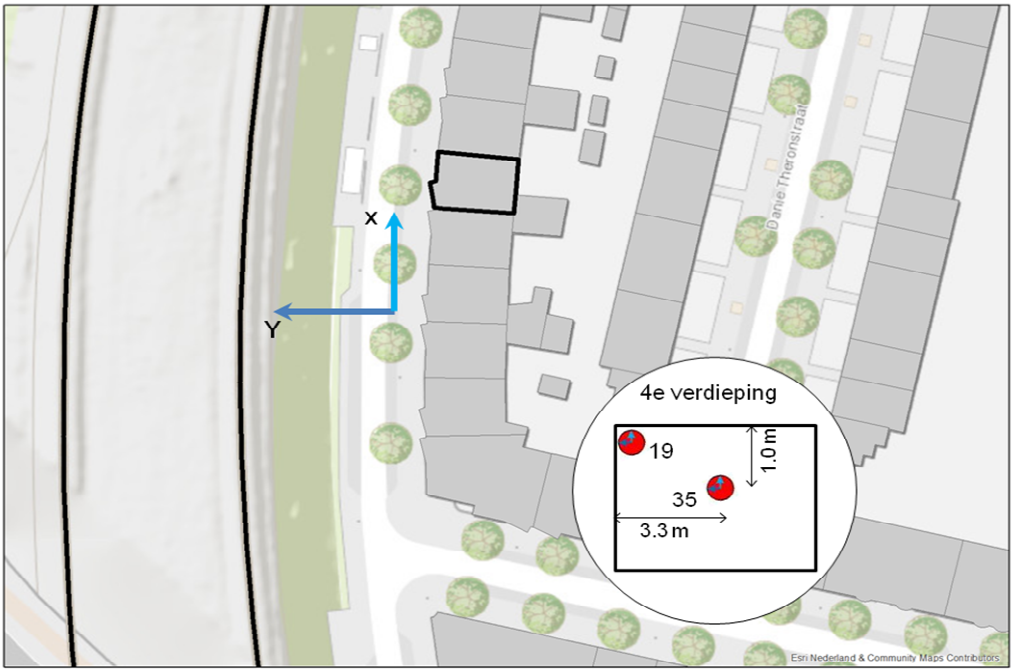
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 39.

Tabel 39 *Gegevens meting Tugelaweg 133D*

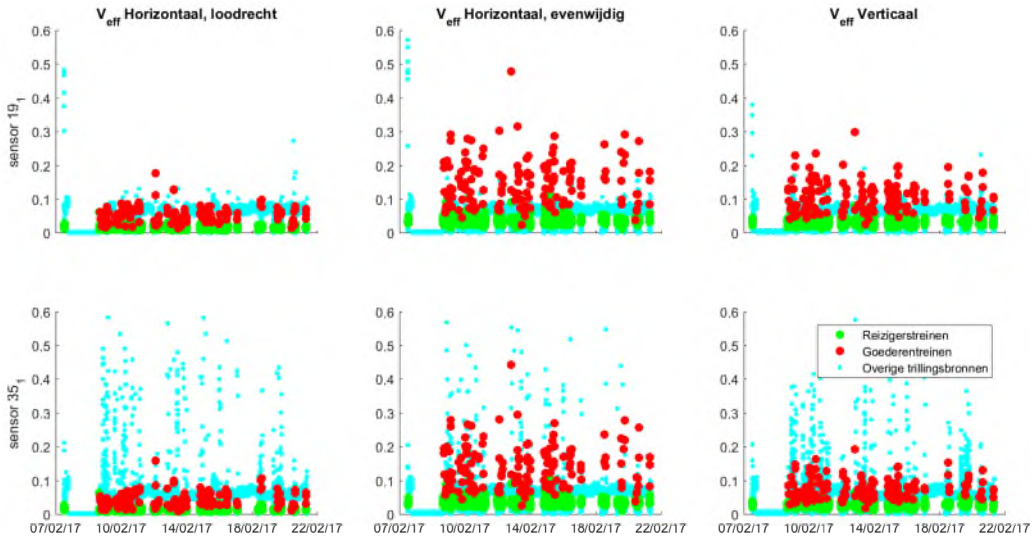
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Koen Geul*
3	Tijdsperiode meting	*07 februari 2017 11:17 tot 21 februari 2017 09:54*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 142*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 142*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 144*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 143*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 143, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 144.



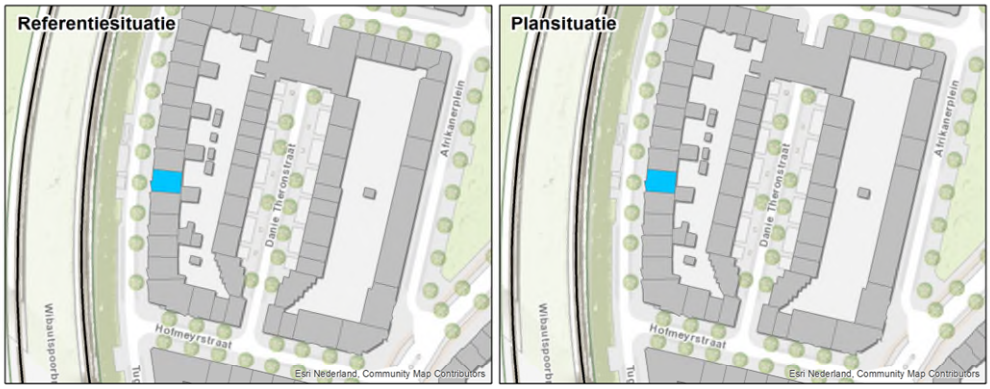
Figuur 143 *Opstelling sensoren bij Tugelaweg 133D*



Figuur 144 *Meetresultaten Tugelaweg 133D*

VIII.7.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 145.



Figuur 145 *Meetlocatie Tugelaweg 133D in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.7.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 40. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 40 *Resultaten referentiesituatie Tugelaweg 133D*

	19, stijf punt			35, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.18	0.48	0.30	0.16	0.44	0.19
X (%)	12.96	25.31	12.96	12.96	25.31	12.96
#topX%	21	41	21	21	41	21
μ	-2.40	-1.46	-1.70	-2.52	-1.53	-2.05
σ	0.22	0.19	0.17	0.21	0.19	0.15
β	1.37	1.71	1.37	1.37	1.71	1.37
R	11	8	8	10	8	7

Op deze locatie zijn 1168 reizigers- en 148 goederentreinen gemeten.

VIII.7.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 41.

Tabel 41 *Resultaten berekening plansituatie*

	19, stijf punt			35, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.03	0.02	<0.01	0.03	0.01
Vper, avond	<0.01	0.03	0.02	<0.01	0.03	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01
Vmax	0.20	0.55	0.34	0.18	0.51	0.22
X (%)	12.63	50.00	12.63	50.00	50.00	12.63
#topX%	24	95	24	95	95	24
μ	-2.29	-1.57	-1.60	-2.84	-1.63	-1.95
σ	0.21	0.26	0.17	0.32	0.26	0.15
β	1.44	2.07	1.44	2.07	2.07	1.44
R	10	8	8	10	8	7

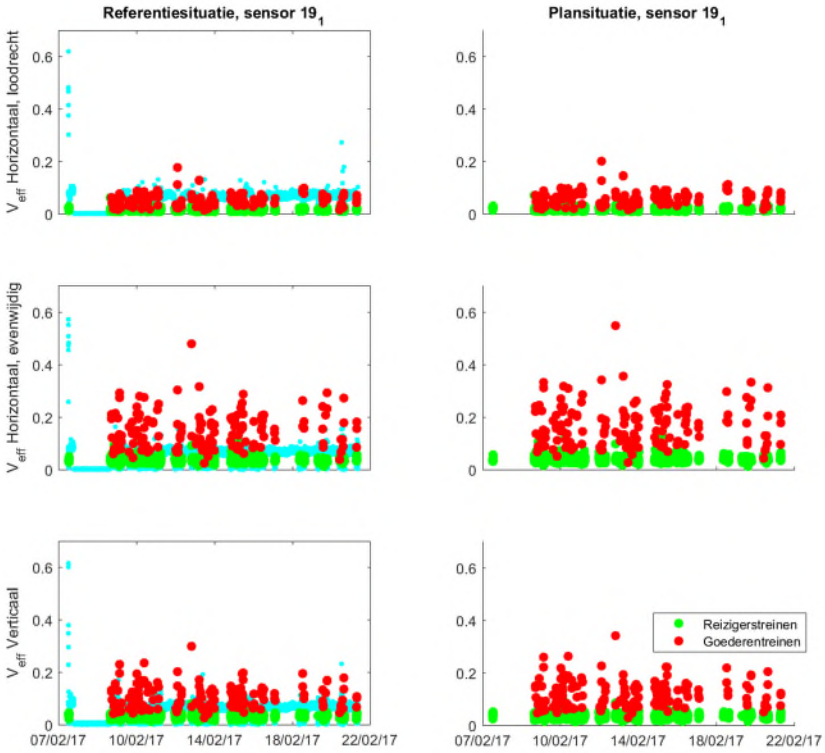
De Q-waarde bedraagt 1.12. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.7.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 146 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 146 *Resultaten sensor 19 van de VKV*

VIII.8 Tugelaweg 118C

De meetlocatie Tugelaweg 118C heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 147.

Figuur 147 *Gevel Tugelaweg 118C*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 3 meetpunten geplaatst, waarvan 1 (sensor 24) gedurende de gehele meetperiode en twee tijdens een deel van de meetperiode (sensor 21, 9):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (24) op een stijf punt aan de fundering.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (9) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaat vloer.
- 3. Een driedimensionale trillingssensor (21) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaat vloer.

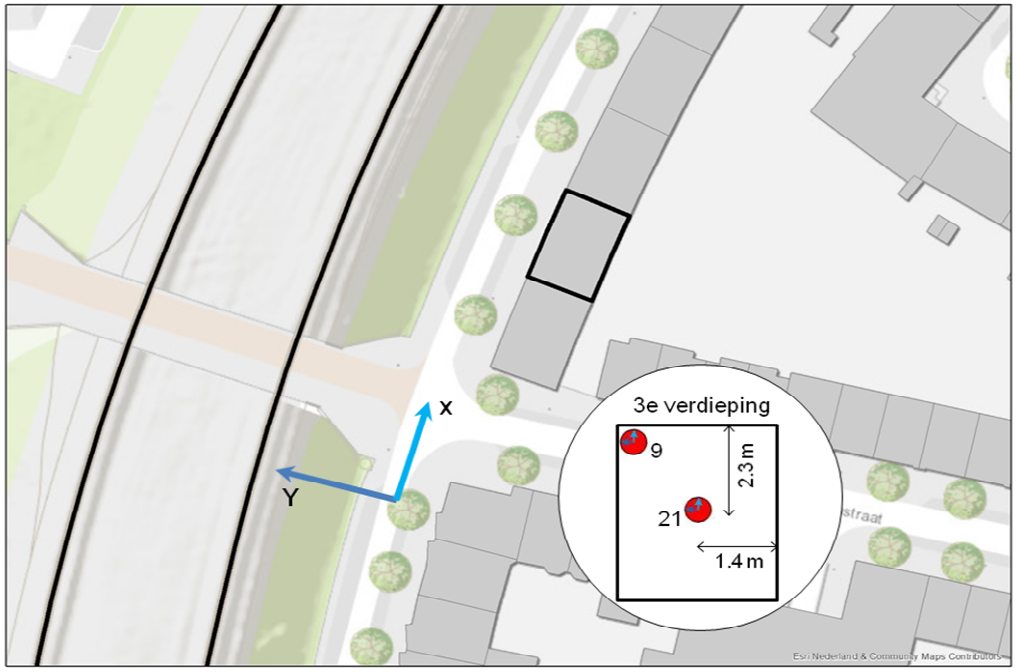
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 42.

Tabel 42 *Gegevens meting Tugelaweg 118C*

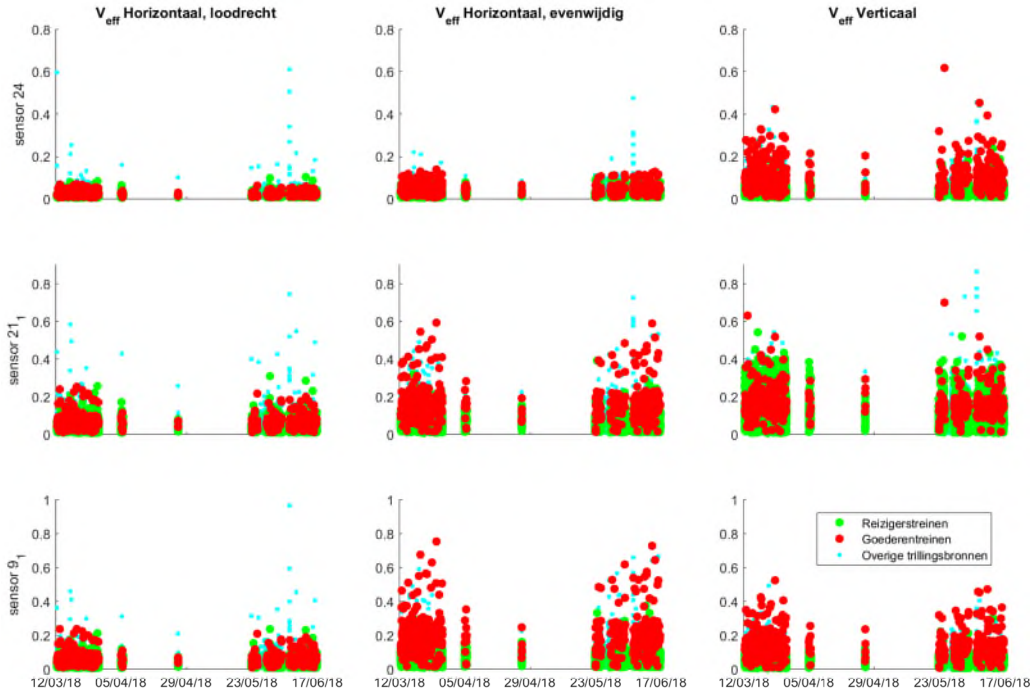
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*12 maart 2018 10:54 tot 16 juni 2018 22:13*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 147*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 147*

9	Gebruikte meetopnemers	*3 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 149*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 148*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 148, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 149.



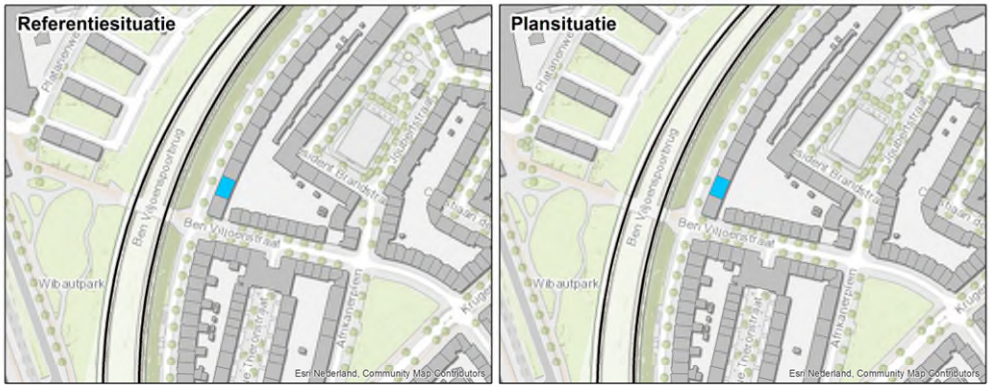
Figuur 148 *Opstelling sensoren bij Tugelaweg 118C*



Figuur 149 *Meetresultaten Tugelaweg 118C*

VIII.8.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 150.



Figuur 150 *Meetlocatie Tugelaweg 118C in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.8.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 43. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 43 *Resultaten referentiesituatie Tugelaweg 118C*

	24, stijf punt			21, stijf punt			9, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.02	0.01
Vmax	0.10	0.14	0.62	0.31	0.59	0.70	0.24	0.75	0.71
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	60	60	60	60	60	60	60	60	60
μ	-2.89	-2.30	-1.40	-1.75	-1.05	-0.94	-1.87	-0.85	-1.17
σ	0.19	0.12	0.23	0.20	0.25	0.15	0.21	0.26	0.22
β	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
R	5	3	7	6	7	4	6	8	6

Op deze locatie zijn 9706 reizigers- en 432 goederentreinen gemeten.

VIII.8.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 44.

Tabel 44 *Resultaten berekening plansituatie*

	24, stijf punt			21, stijf punt			9, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.06	0.01	0.05	0.03
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.04	0.05	0.01	0.05	0.03
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02
Vmax	0.11	0.16	0.70	0.32	0.67	0.79	0.27	0.85	0.81
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	67	67	67	67	67	67	67	67	67
μ	-2.82	-2.22	-1.31	-1.69	-0.97	-0.85	-1.80	-0.77	-1.08
σ	0.17	0.14	0.24	0.21	0.27	0.15	0.22	0.27	0.23
β	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
R	5	4	7	6	8	4	6	8	6

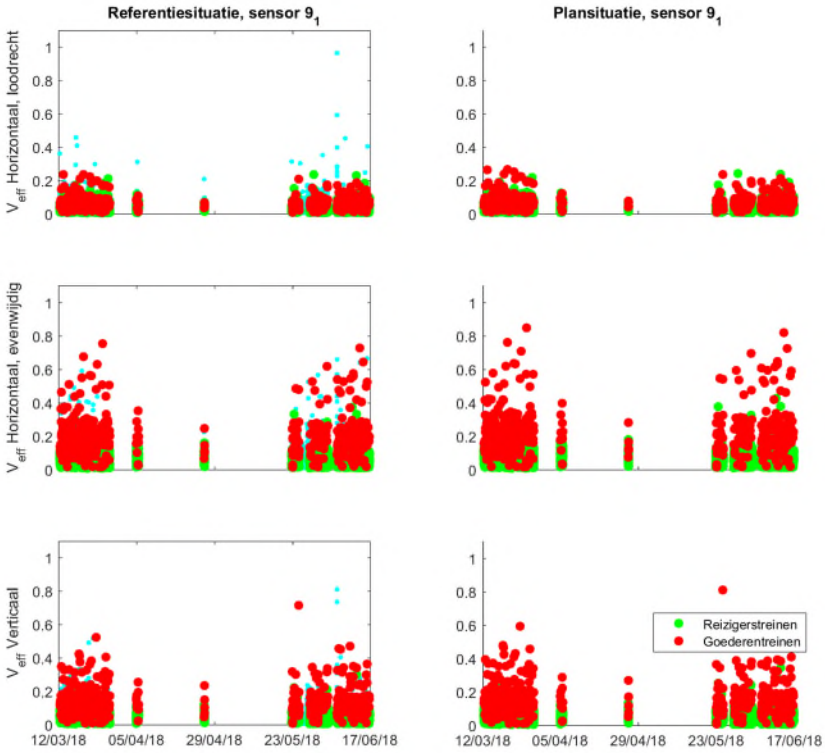
De Q-waarde bedraagt 1.12. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.8.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 151 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 151 *Resultaten sensor 9 van de VKV*

VIII.9 Tugelaweg 84B

De meetlocatie Tugelaweg 84B heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 152.

Figuur 152 *Gevel Tugelaweg 84B*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 28, 25):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (25) op een stijf punt op de 5e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (28) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 5e verdieping op laminaatvloer.

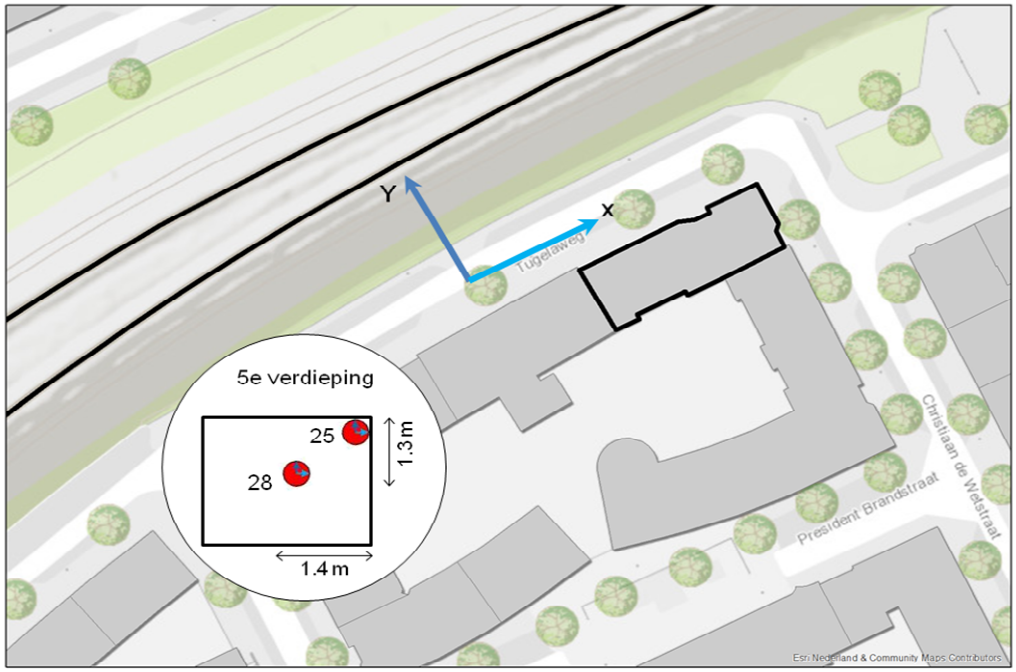
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 45.

Tabel 45 *Gegevens meting Tugelaweg 84B*

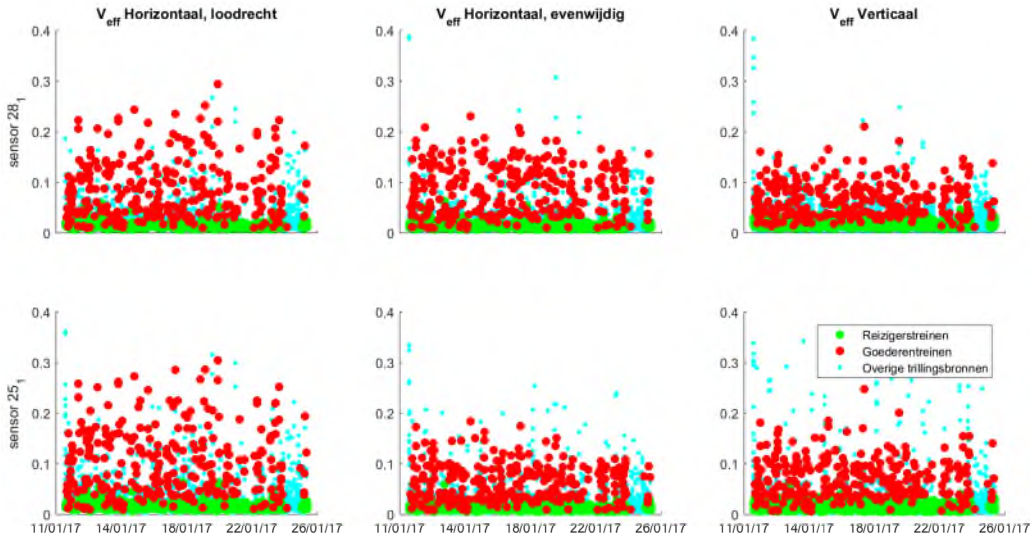
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*11 januari 2017 13:11 tot 25 januari 2017 10:32*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vijflaags gebouw, woning bevindt zich op de vijfde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 152*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 152*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 154*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 153*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 153, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 154.



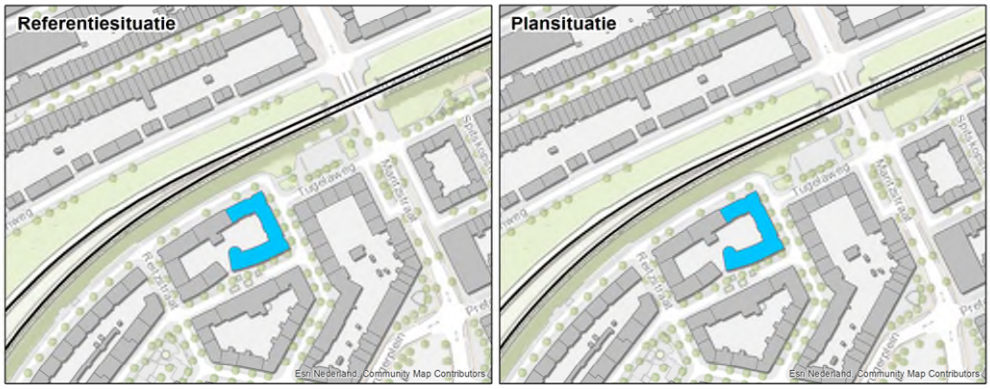
Figuur 153 *Opstelling sensoren bij Tugelaweg 84B*



Figuur 154 *Meetresultaten Tugelaweg 84B*

VIII.9.1 Wijzigingen

Op deze locatie vindt alleen een wijziging in rijsnelheid van de treinen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 155.



Figuur 155 *Meetlocatie Tugelaweg 84B in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.9.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 46. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 46 *Resultaten referentiesituatie Tugelaweg 84B*

	28, midden vloer			25, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.29	0.23	0.21	0.30	0.18	0.25
X (%)	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63
#topX%	25	25	25	25	25	25
μ	-1.56	-1.75	-1.97	-1.43	-1.99	-1.88
σ	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.16
β	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
R	5	5	7	5	6	8

Op deze locatie zijn 2152 reizigers- en 282 goederentreinen gemeten.

VIII.9.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 47.

Tabel 47 *Resultaten berekening plansituatie*

	28, midden vloer			25, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
Vper, avond	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.34	0.26	0.24	0.35	0.21	0.28
X (%)	50.00	12.62	12.62	12.62	12.62	12.62
#topX%	107	27	27	27	27	27
μ	-1.82	-1.63	-1.85	-1.30	-1.87	-1.76
σ	0.27	0.11	0.15	0.11	0.14	0.16
β	2.12	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
R	8	5	7	5	6	8

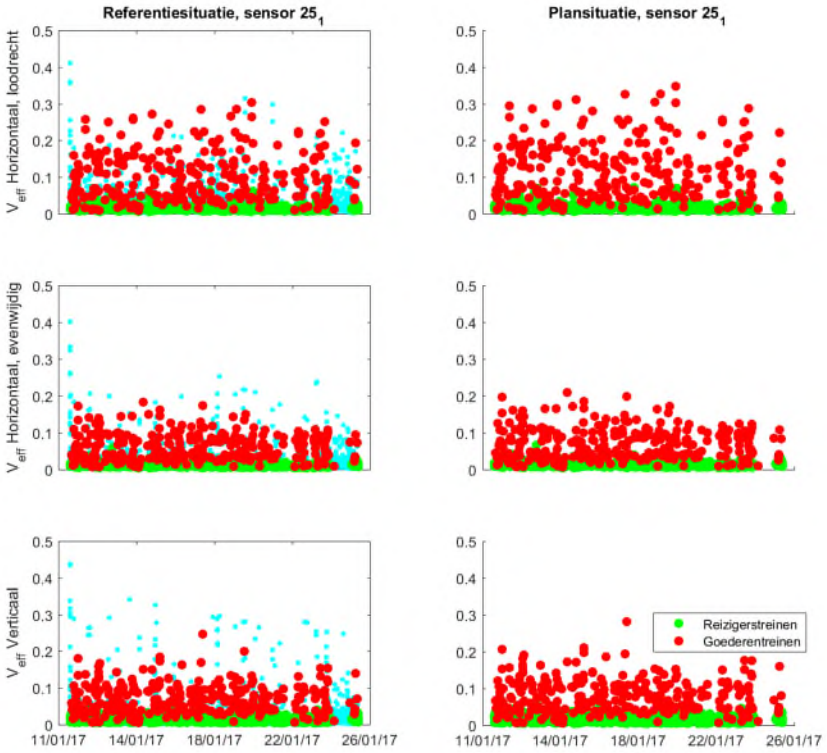
De Q-waarde bedraagt 1.14. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.9.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 156 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 156 *Resultaten sensor 25 van de VKV*

VIII.10 Archimedesweg 9

De meetlocatie Archimedesweg 9 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 157.

Figuur 157 *Gevel Archimedesweg 9*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 38, 37):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de 2e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (38) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op laminaatvloer.

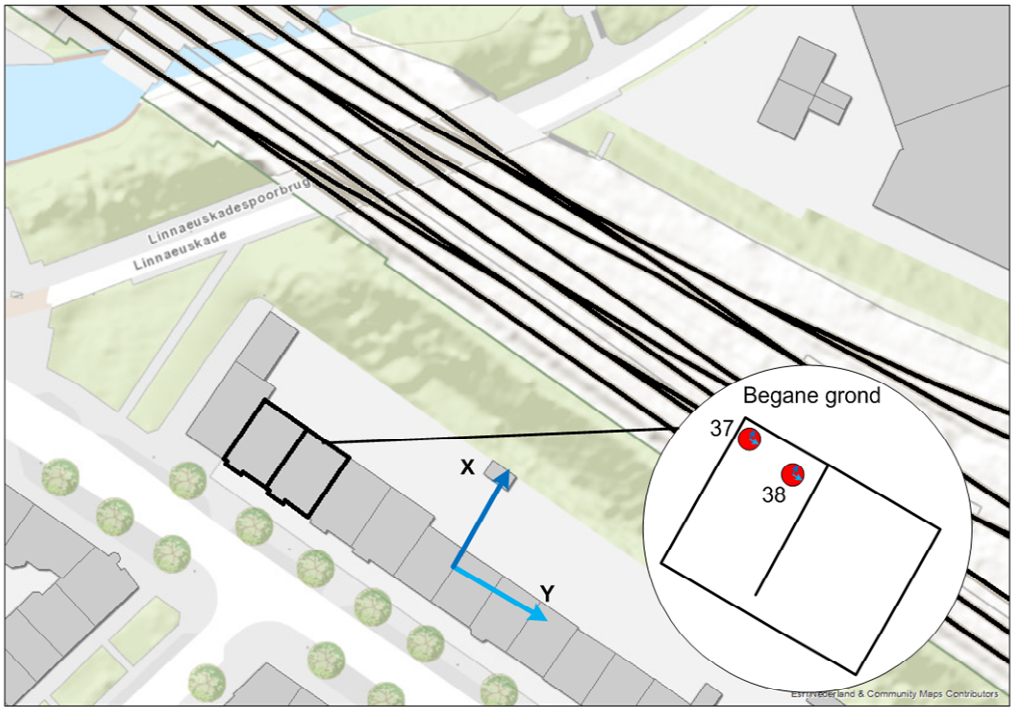
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 48.

Tabel 48 *Gegevens meting Archimedesweg 9*

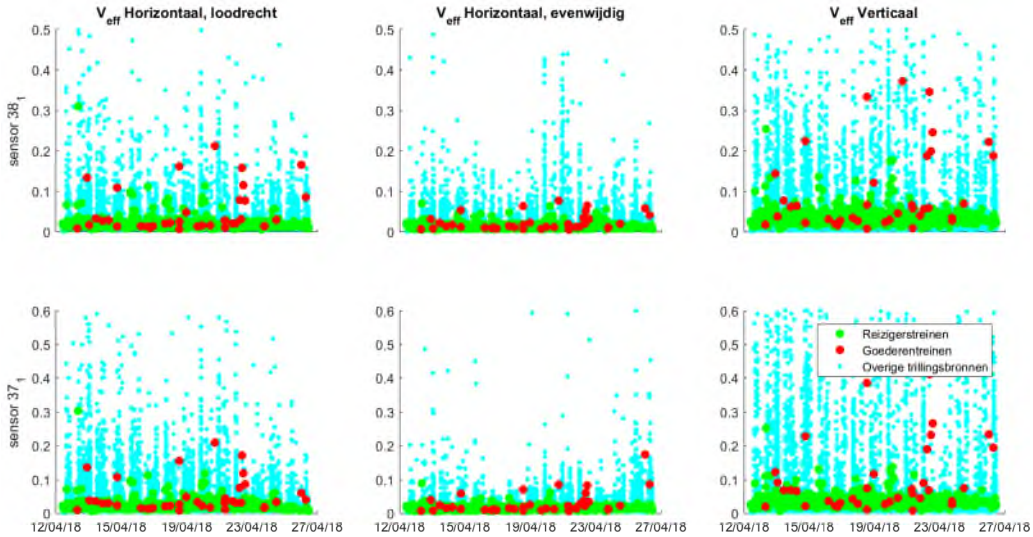
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*12 april 2018 09:35 tot 26 april 2018 12:48*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 157*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 157*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 159*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 158*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 158, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 159.



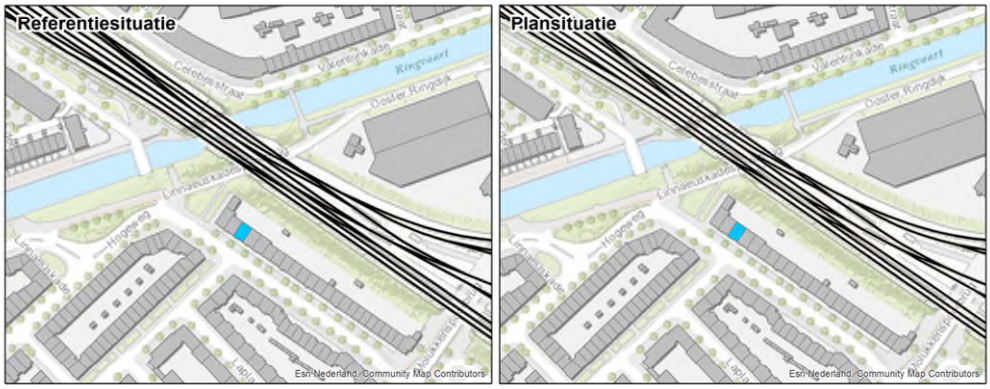
Figuur 158 *Opstelling sensoren bij Archimedesweg 9*



Figuur 159 *Meetresultaten Archimedesweg 9*

VIII.10.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 160.



Figuur 160 *Meetlocatie Archimedesweg 9 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.10.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 49. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 49 *Resultaten referentiesituatie Archimedesweg 9*

	38, stijf punt			37, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.31	0.08	0.37	0.30	0.17	0.42
X (%)	50.00	25.00	25.00	25.00	50.00	25.00
#topX%	34	17	17	17	34	17
μ	-2.45	-3.07	-1.61	-2.15	-3.25	-1.64
σ	0.45	0.31	0.35	0.36	0.50	0.46
β	1.61	1.23	1.23	1.23	1.61	1.23
R	20	16	18	19	22	25

Op deze locatie zijn 1093 reizigers- en 37 goederentreinen gemeten.

VIII.10.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 50.

Tabel 50 *Resultaten berekening plansituatie*

	38, stijf punt			37, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.31	0.08	0.37	0.30	0.17	0.42
X (%)	50.00	50.00	25.00	25.00	50.00	25.00
#topX%	32	32	16	16	32	16
μ	-2.42	-3.38	-1.59	-2.13	-3.24	-1.61
σ	0.43	0.41	0.34	0.37	0.51	0.46
β	1.58	1.58	1.20	1.20	1.58	1.20
R	20	19	18	20	23	25

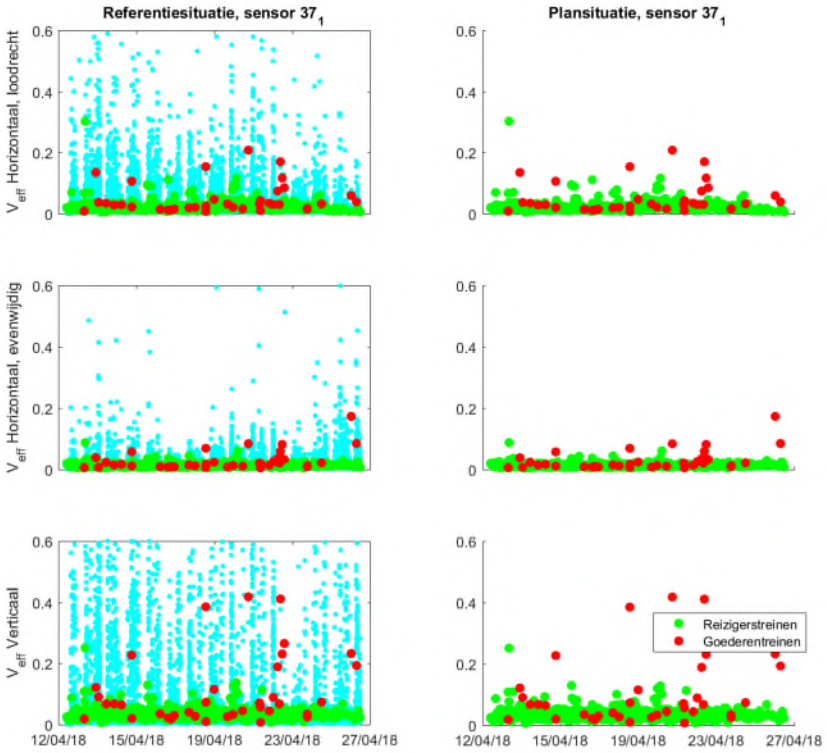
De Q-waarde bedraagt 1.37. De trillingssterkte neemt niet voelbaar toe, maar door de passage van enkele treinen met een afwijkend trillingsniveau ontstaat een hoge R-waarde, waardoor een overschrijding van de streefwaarde theoretisch niet valt uit te sluiten. Gezien de minimale wijzigingen op deze locatie en de beperkte toename van de trillingssterkte, is deze toename echter vooral rekenkundig.

VIII.10.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. Door een hoge R-waarde zijn overschrijdingen hier theoretisch bezien niet uit te sluiten. Echter, omdat er op deze locaties geen significante wijzigingen in spoorligging, spoorgebruik en rijsnelheid plaatsvinden, zal er geen sprake zijn van een significante toename van de trillingen. De kans op een overschrijding is hier dus puur rekenkundig. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 161 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 161 *Resultaten sensor 37 van de VKV*

VIII.11 Archimedesweg 7

De meetlocatie Archimedesweg 7 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 162.

Figuur 162 *Gevel Archimedesweg 7*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 37, 38):

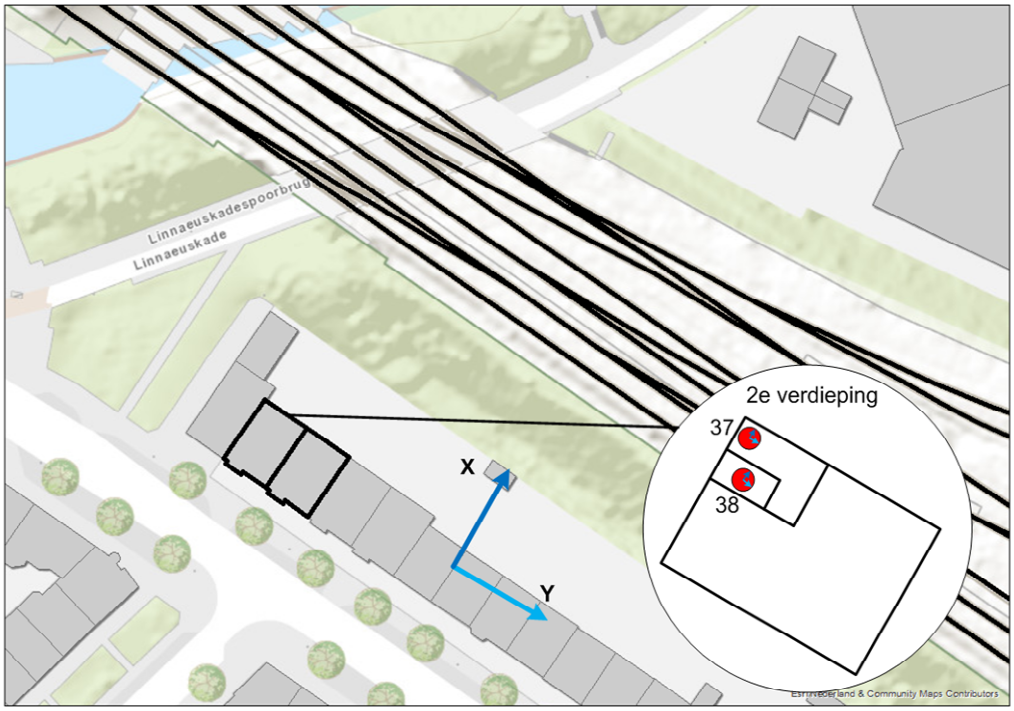
- 1. Een driedimensionale trillingssensor (38) op een stijf punt op de begane grond op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de begane grond op laminaatvloer.

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 51.

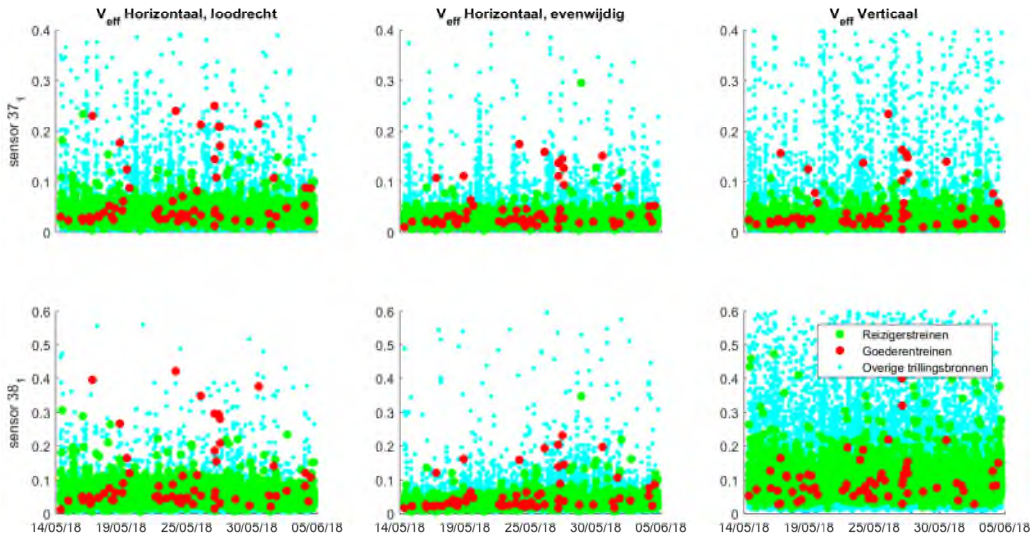
Tabel 51 *Gegevens meting Archimedesweg 7*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*14 mei 2018 10:10 tot 04 juni 2018 18:03*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 162*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 162*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 164*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 163*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 163, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 164.



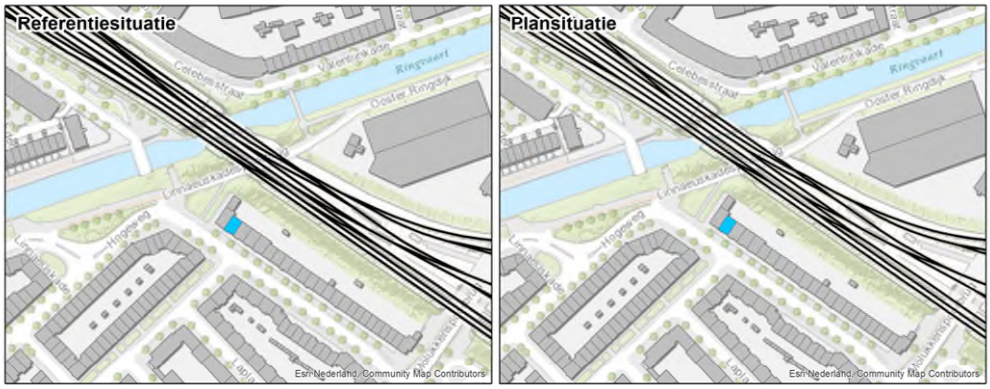
Figuur 163 *Opstelling sensoren bij Archimedesweg 7*



Figuur 164 *Meetresultaten Archimedesweg 7*

VIII.11.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 165.



Figuur 165 *Meetlocatie Archimedesweg 7 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.11.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 52. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 52 *Resultaten referentiesituatie Archimedesweg 7*

	37, stijf punt			38, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.03
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.25	0.30	0.23	0.42	0.35	0.49
X (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
#topX%	33	33	33	33	33	33
μ	-1.92	-2.36	-2.31	-1.48	-1.95	-1.06
σ	0.29	0.37	0.29	0.27	0.27	0.19
β	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
R	12	15	12	11	11	8

Op deze locatie zijn 5181 reizigers- en 62 goederentreinen gemeten.

VIII.11.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 53.

Tabel 53 *Resultaten berekening plansituatie*

	37, stijf punt			38, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.03
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.25	0.30	0.23	0.42	0.35	0.49
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	32	32	32	32	32	32
μ	-1.92	-2.36	-2.30	-1.49	-1.95	-1.07
σ	0.30	0.38	0.30	0.28	0.28	0.20
β	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
R	12	15	12	11	11	8

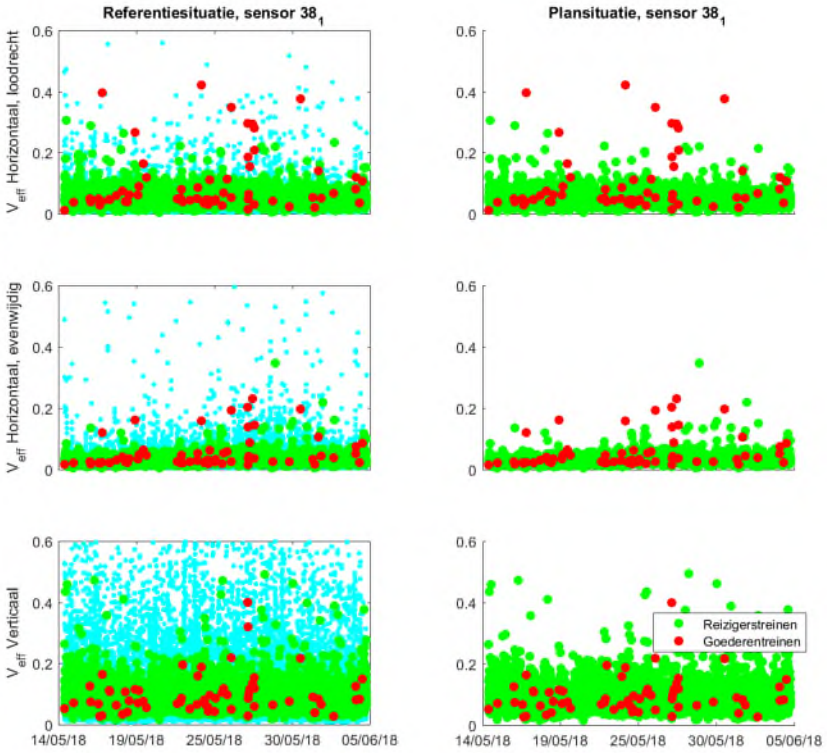
De Q-waarde bedraagt 0.99. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.11.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 166 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 166 *Resultaten sensor 38 van de VKV*

VIII.12 Tweede Atjehstraat 8k

De meetlocatie Tweede Atjehstraat 8k heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 167.

Figuur 167 *Gevel Tweede Atjehstraat 8k*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 35, 38):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (35) op een stijf punt op de 7e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (38) in het midden van het vloerveld op de 7e verdieping.

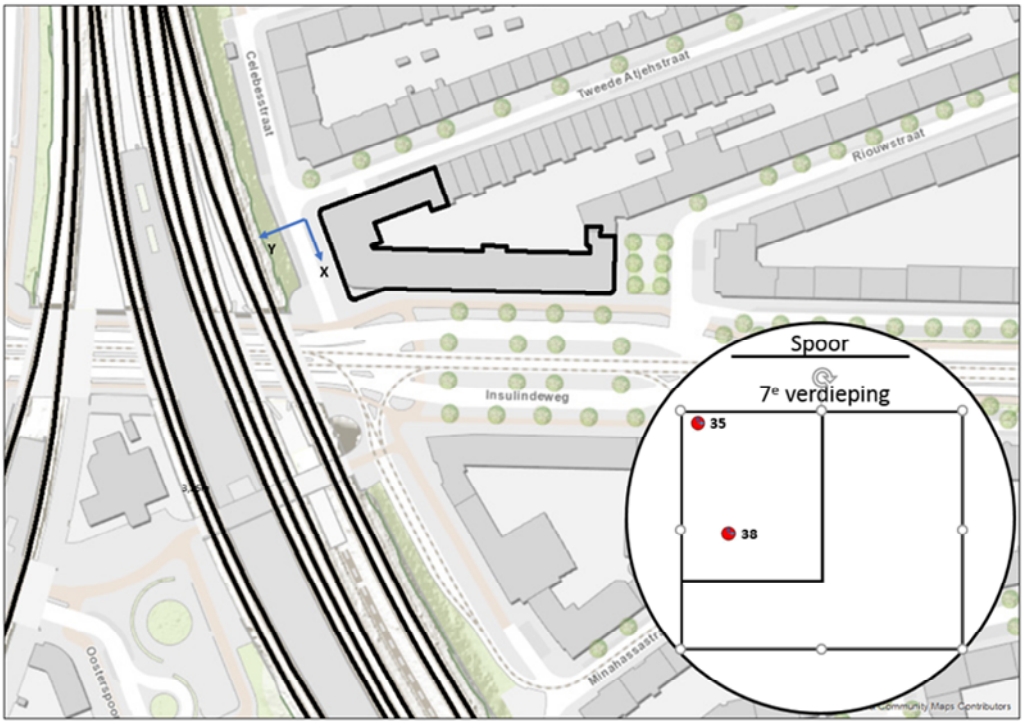
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 54.

Tabel 54 *Gegevens meting Tweede Atjehstraat 8k*

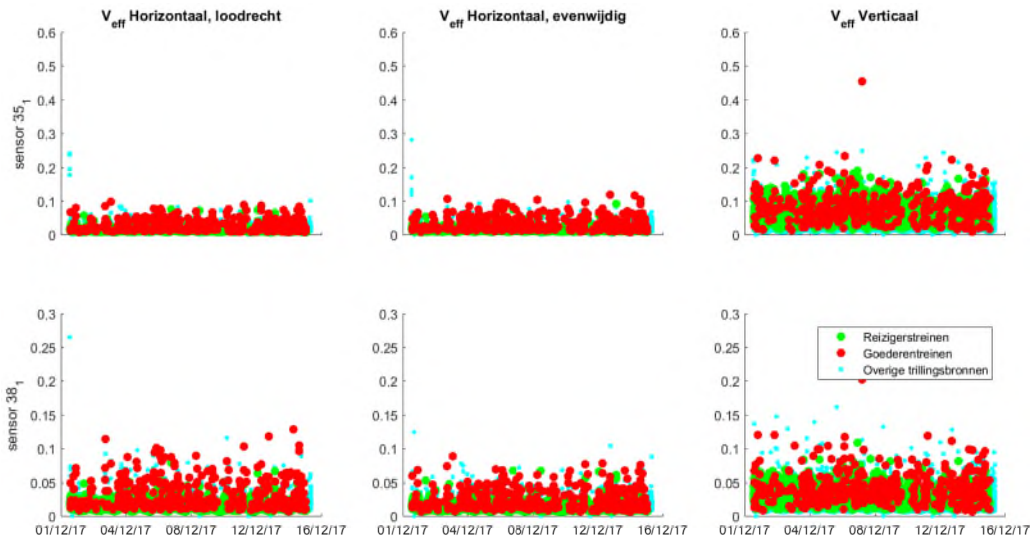
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*01 december 2017 12:08 tot 15 december 2017 10:20*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zevenlaags gebouw, woning bevindt zich op de zevende verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 167*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 167*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 169*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 168*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 168, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 169.



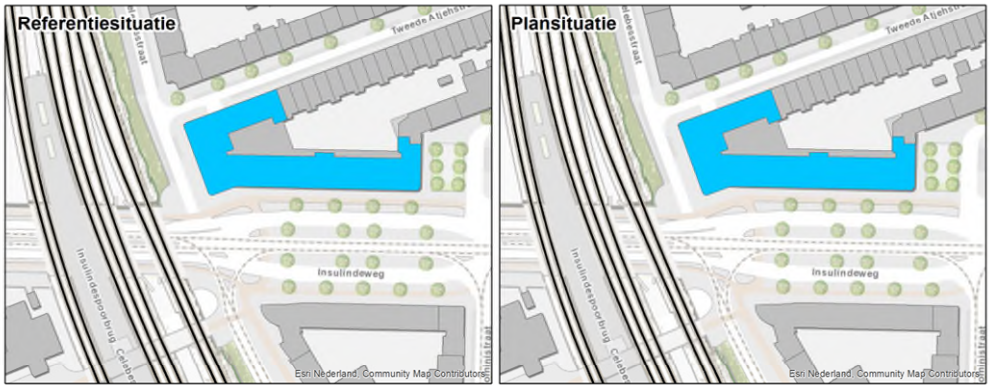
Figuur 168 *Opstelling sensoren bij Tweede Atjehstraat 8k*



Figuur 169 *Meetresultaten Tweede Atjehstraat 8k*

VIII.12.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden alleen wijzigingen in rijsnelheid plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 170.



Figuur 170 *Meetlocatie Tweede Atjehstraat 8k in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.12.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 55. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 55 *Resultaten referentiesituatie Tweede Atjehstraat 8k*

	35, midden vloer			38, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.10	0.12	0.45	0.13	0.09	0.20
X (%)	6.27	0.81	1.59	6.27	6.27	1.59
#topX%	217	28	55	217	217	55
μ	-3.22	-2.47	-1.77	-3.10	-3.32	-2.45
σ	0.33	0.16	0.19	0.36	0.32	0.20
β	2.38	1.52	1.84	2.38	2.38	1.84
R	8	7	7	8	7	7

Op deze locatie zijn 4956 reizigers- en 403 goederentreinen gemeten.

VIII.12.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 56.

Tabel 56 *Resultaten berekening plansituatie*

	35, midden vloer			38, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Vmax	0.11	0.14	0.52	0.15	0.10	0.23
X (%)	6.27	6.27	1.57	6.27	6.27	1.57
#topX%	239	239	60	239	239	60
μ	-3.16	-3.00	-1.69	-3.03	-3.26	-2.34
σ	0.35	0.36	0.20	0.39	0.35	0.20
β	2.41	2.41	1.87	2.41	2.41	1.87
R	8	8	7	9	8	7

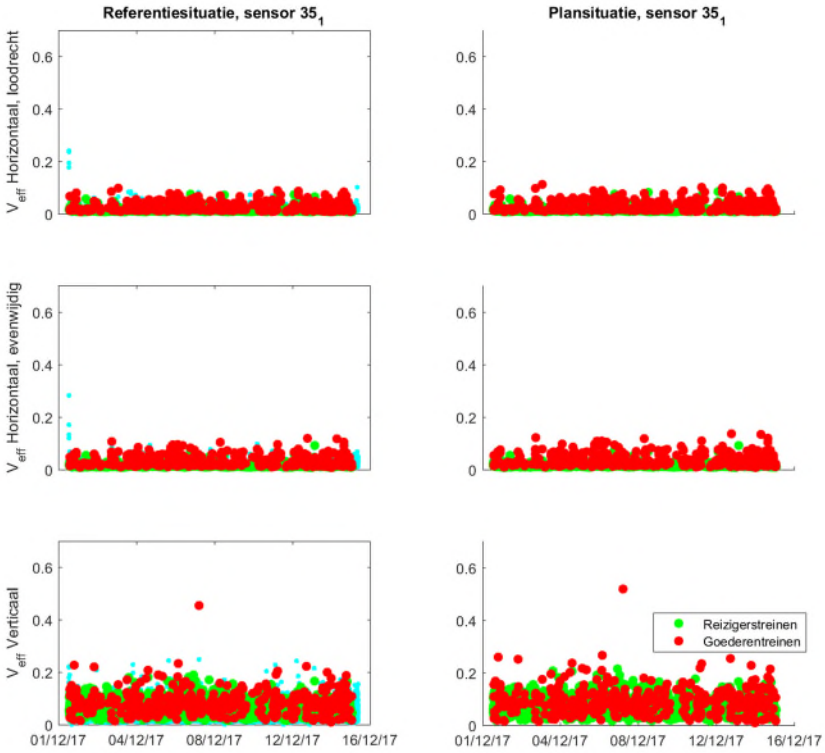
De Q-waarde bedraagt 1.13. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.12.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 171 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 171 *Resultaten sensor 35 van de VKV*

VIII.13 Pontanusstraat 258

De meetlocatie Pontanusstraat 258 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 172.

Figuur 172 *Gevel Pontanusstraat 258*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 34, 6):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (6) op een stijf punt op de 2e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (34) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op houten vloer.

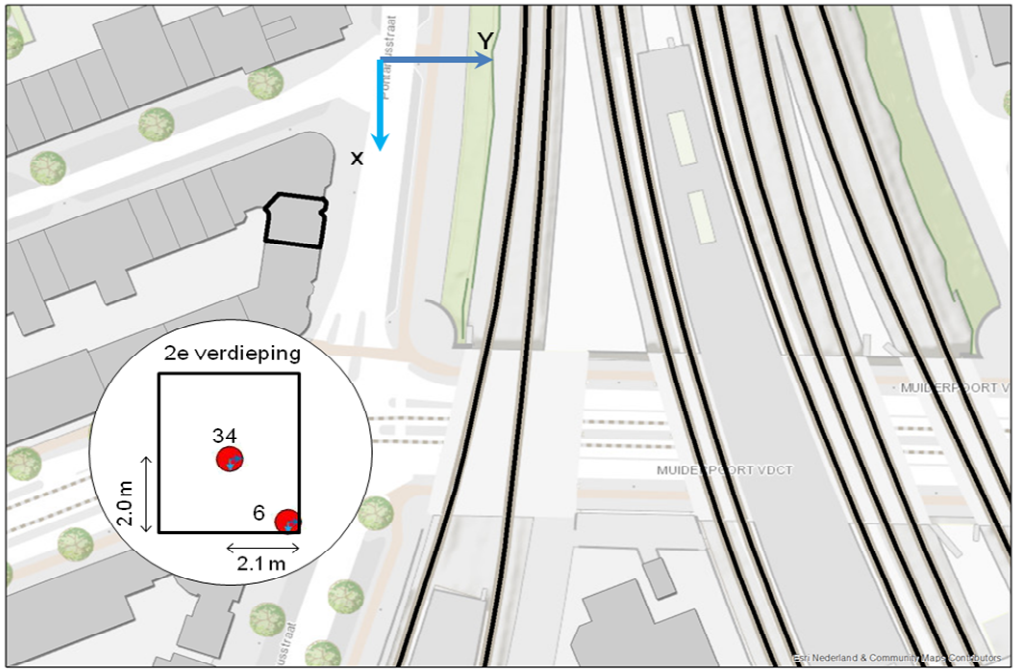
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 57.

Tabel 57 *Gegevens meting Pontanusstraat 258*

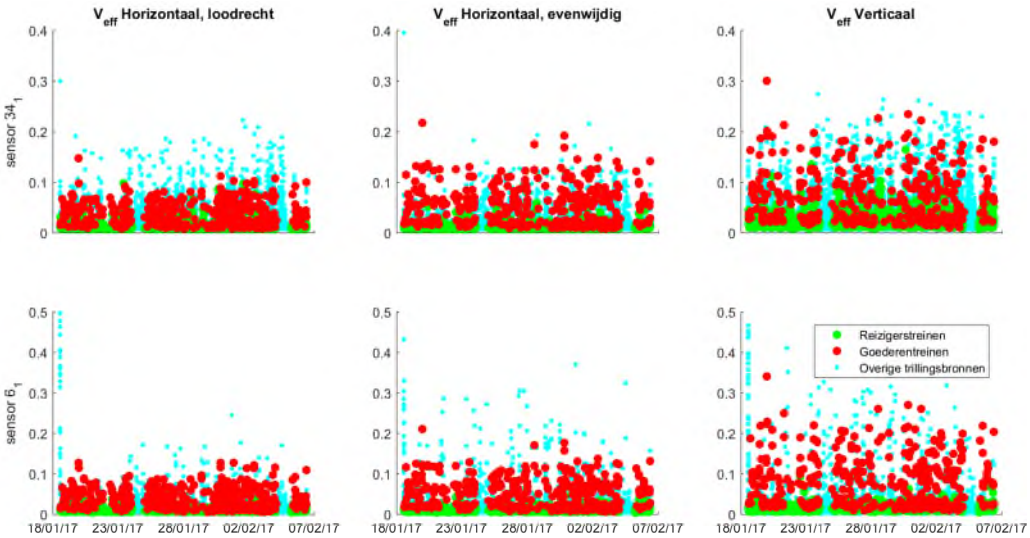
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*18 januari 2017 13:20 tot 06 februari 2017 10:00*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de tweede verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 172*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 172*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 174*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 173*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 173, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 174.



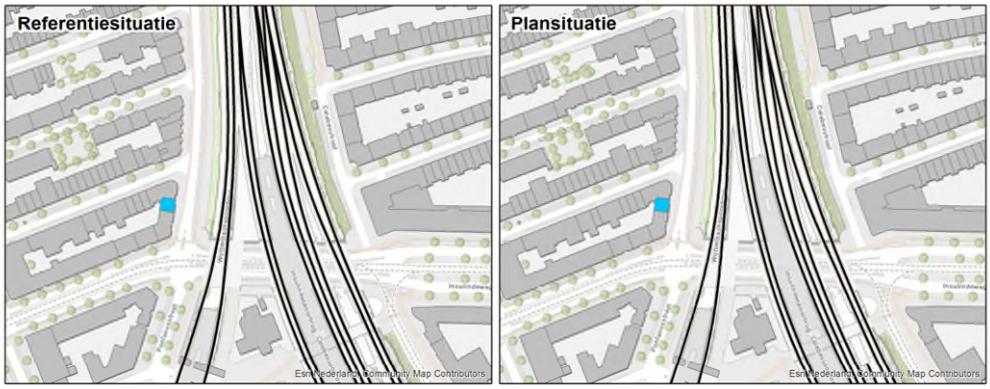
Figuur 173 *Opstelling sensoren bij Pontanusstraat 258*



Figuur 174 *Meetresultaten Pontanusstraat 258*

VIII.13.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 175.



Figuur 175 *Meetlocatie Pontanusstraat 258 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.13.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 58. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 58 *Resultaten referentiesituatie Pontanusstraat 258*

	34, midden vloer			6, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.15	0.22	0.30	0.13	0.21	0.34
X (%)	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73
#topX%	34	34	34	34	34	34
μ	-2.43	-2.03	-1.70	-2.37	-2.09	-1.57
σ	0.15	0.15	0.13	0.17	0.15	0.14
β	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
R	6	6	5	7	6	5

Op deze locatie zijn 3605 reizigers- en 357 goederentreinen gemeten.

VIII.13.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 59.

Tabel 59 *Resultaten berekening plansituatie*

	34, midden vloer			6, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01
Vmax	0.17	0.25	0.34	0.15	0.24	0.39
X (%)	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64
#topX%	35	35	35	35	35	35
μ	-2.32	-1.90	-1.57	-2.24	-1.96	-1.44
σ	0.15	0.16	0.14	0.17	0.15	0.14
β	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
R	6	6	5	7	6	5

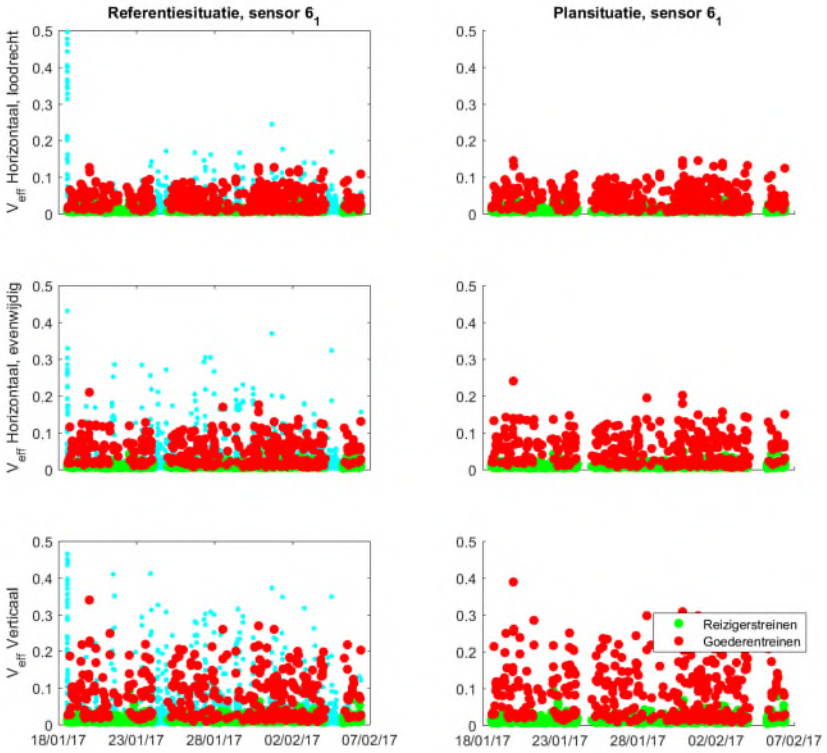
De Q-waarde bedraagt 1.14. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.13.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 176 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 176 *Resultaten sensor 6 van de VKV*

VIII.14 Pontanusstraat 247

De meetlocatie Pontanusstraat 247 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 177.

Figuur 177 *Gevel Pontanusstraat 247*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 27, 10):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (27) op een stijf punt op de 4e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (10) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op houten vloer.

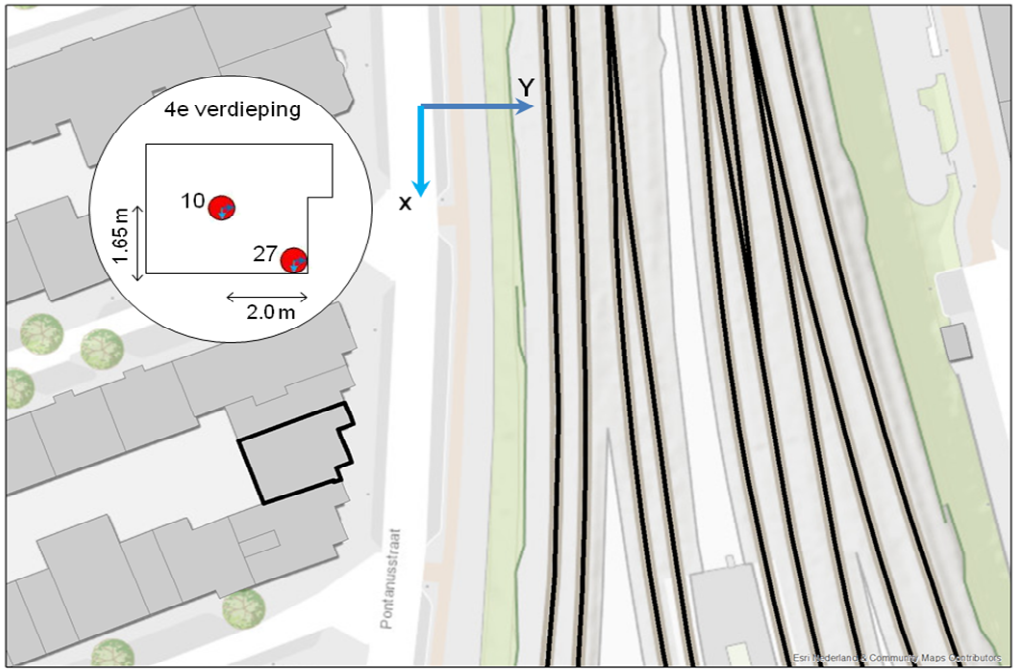
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 60.

Tabel 60 *Gegevens meting Pontanusstraat 247*

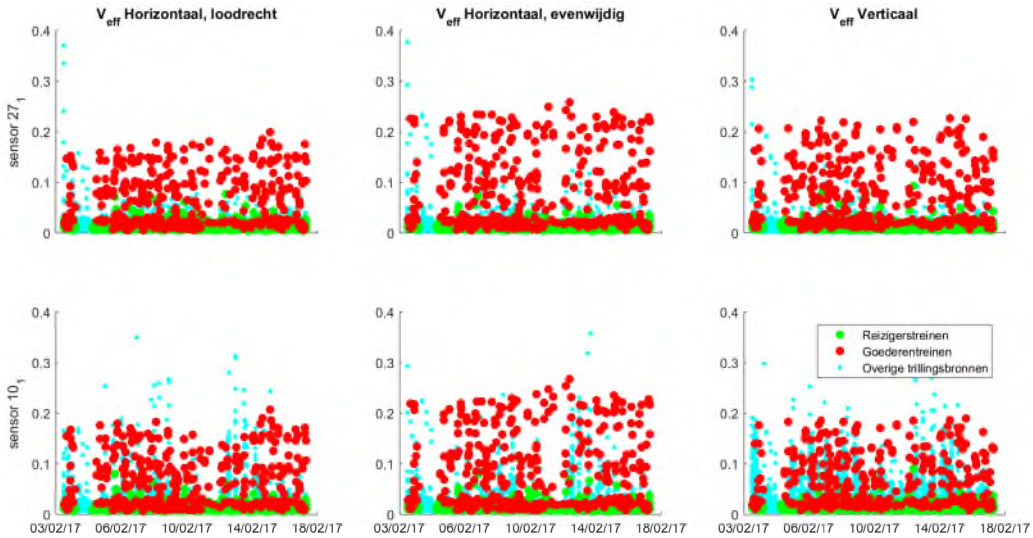
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*03 februari 2017 11:03 tot 17 februari 2017 09:00*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 177*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 177*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 179*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 178*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 178, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 179.



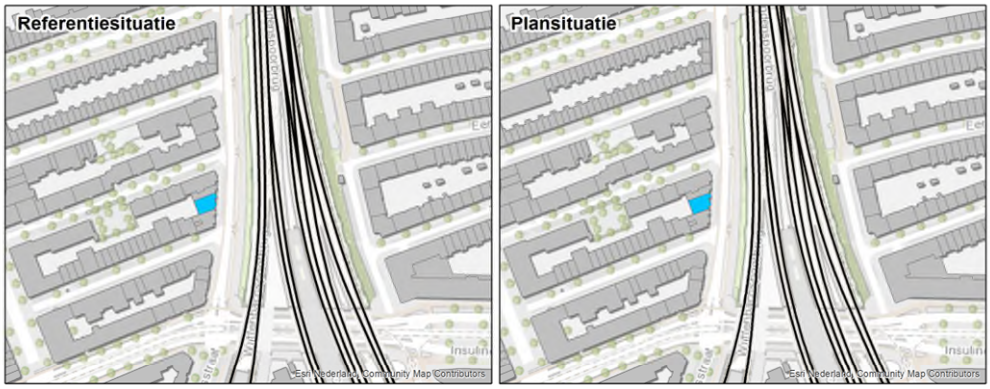
Figuur 178 *Opstelling sensoren bij Pontanusstraat 247*



Figuur 179 *Meetresultaten Pontanusstraat 247*

VIII.14.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 180.



Figuur 180 *Meetlocatie Pontanusstraat 247 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.14.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 61. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 61 *Resultaten referentiesituatie Pontanusstraat 247*

	27, stijf punt			10, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.20	0.26	0.23	0.21	0.27	0.19
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	100	100	100	100	100	100
μ	-2.00	-1.65	-1.83	-2.00	-1.67	-2.01
σ	0.18	0.17	0.18	0.19	0.17	0.19
β	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09
R	5	5	5	6	5	6

Op deze locatie zijn 4479 reizigers- en 353 goederentreinen gemeten.

VIII.14.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 62.

Tabel 62 *Resultaten berekening plansituatie*

	27, stijf punt			10, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Vper, avond	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.23	0.30	0.26	0.24	0.31	0.22
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	102	102	102	102	102	102
μ	-1.87	-1.52	-1.70	-1.88	-1.54	-1.88
σ	0.18	0.17	0.19	0.20	0.18	0.19
β	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09
R	5	5	6	6	5	6

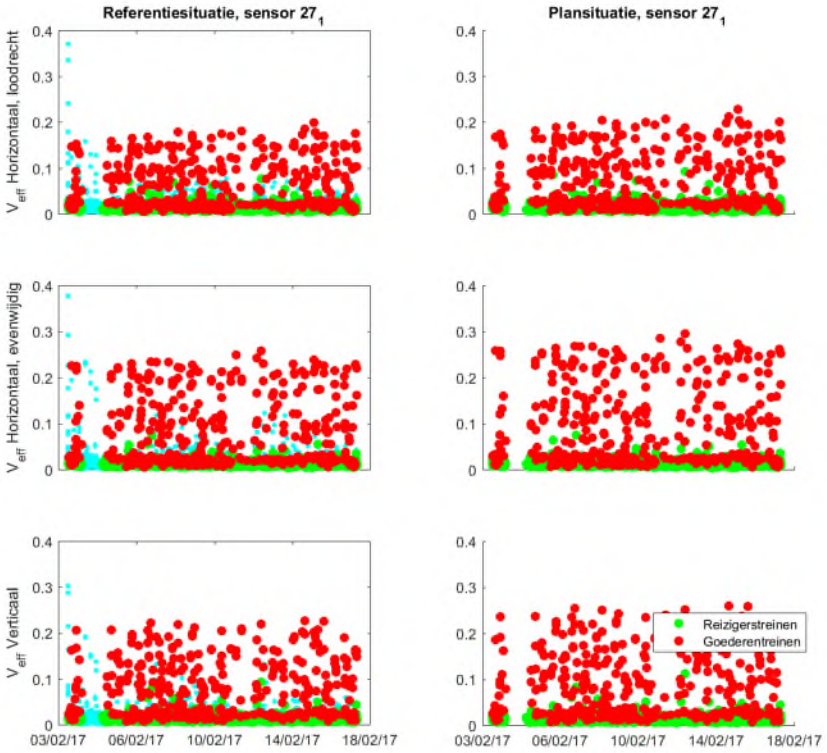
De Q-waarde bedraagt 1.16. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.14.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 181 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 181 *Resultaten sensor 27 van de VKV*

VIII.15 Celebesstraat 57B

De meetlocatie Celebesstraat 57B heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 182.

Figuur 182 *Gevel Celebesstraat 57B*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 19, 35):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (19) op een stijf punt op de 1e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (35) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 1e verdieping op laminaatvloer.

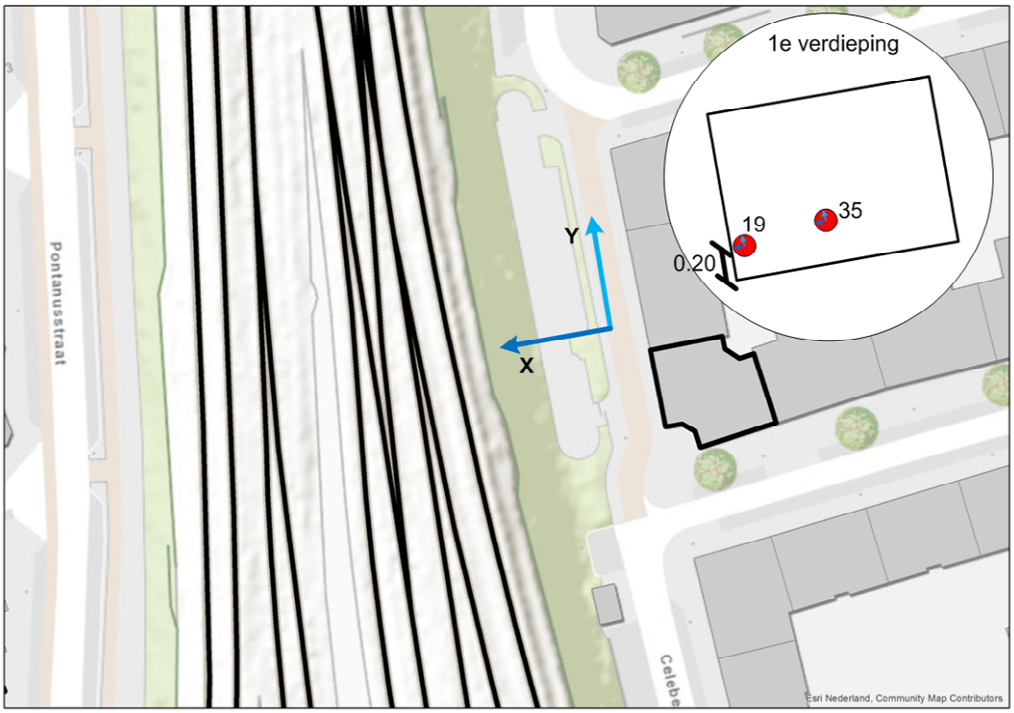
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 63.

Tabel 63 *Gegevens meting Celebesstraat 57B*

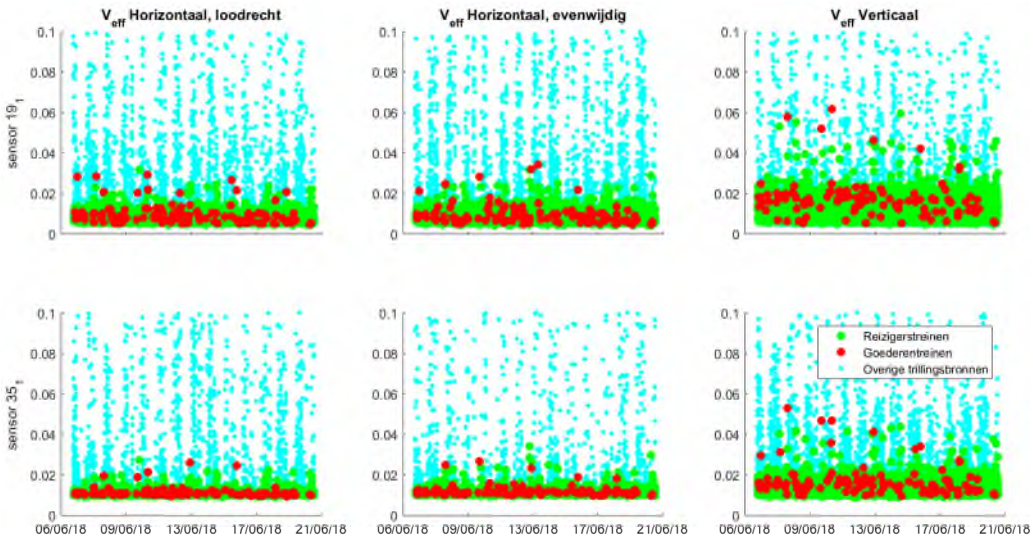
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*David de Vlieg*
3	Tijdsperiode meting	*06 juni 2018 16:47 tot 20 juni 2018 14:14*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de eerste verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 182*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 182*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 184*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 183*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 183, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 184.



Figuur 183 *Opstelling sensoren bij Celebesstraat 57B*



Figuur 184 *Meetresultaten Celebesstraat 57B*

VIII.15.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 185.

Figuur 185 *Meetlocatie Celebesstraat 57B in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.15.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 64. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 64 *Resultaten referentiesituatie Celebesstraat 57B*

	19, stijf punt			35, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03	0.05
X (%)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
#topX%	18	18	18	18	18	18
μ	-3.73	-3.67	-3.04	-3.86	-3.72	-3.20
σ	0.13	0.13	0.13	0.11	0.13	0.11
β	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
R	7	7	6	5	6	5

Op deze locatie zijn 4487 reizigers- en 114 goederentreinen gemeten.

VIII.15.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 65.

Tabel 65 *Resultaten berekening plansituatie*

	19, stijf punt			35, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.03	0.04	0.07	0.03	0.03	0.06
X (%)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
#topX%	18	18	18	18	18	18
μ	-3.64	-3.57	-2.93	-3.82	-3.66	-3.13
σ	0.10	0.11	0.12	0.11	0.15	0.14
β	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
R	5	6	6	6	8	7

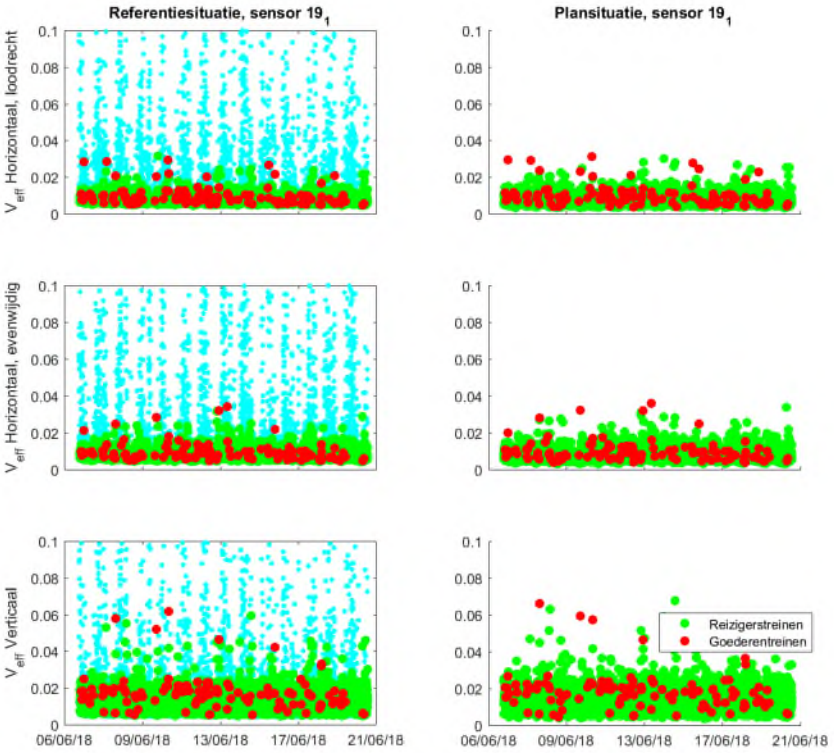
De Q-waarde bedraagt 1.11. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.15.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 186 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 186 *Resultaten sensor 19 van de VKV*

VIII.16 Eerste van Swindenstraat 571

De meetlocatie Eerste van Swindenstraat 571 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 187.

Figuur 187 *Gevel Eerste van Swindenstraat 571*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 17, 31):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (17) op een stijf punt op de 2e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (31) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op houten vloer.

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 66.

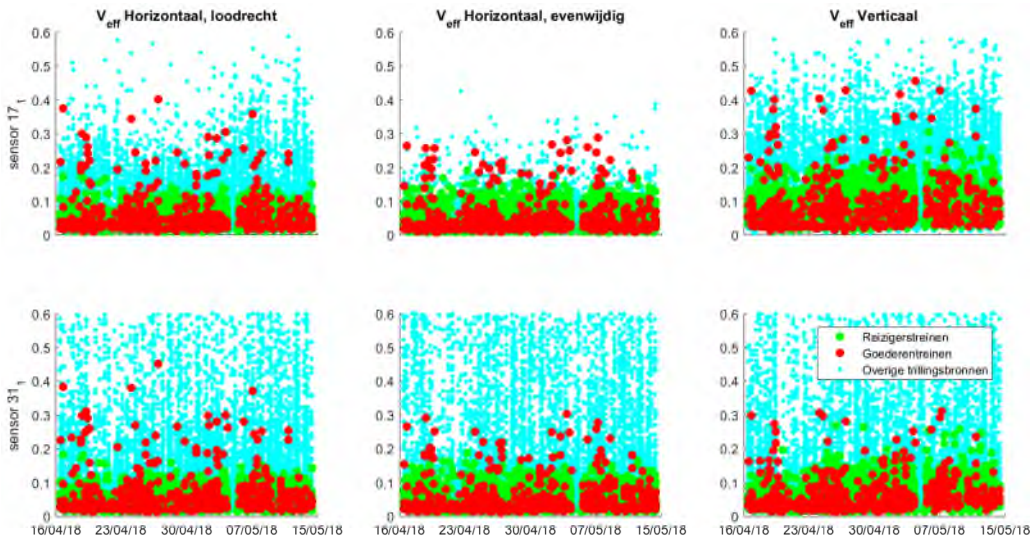
Tabel 66 *Gegevens meting Eerste van Swindenstraat 571*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Charlotte Paiman*
3	Tijdsperiode meting	*16 april 2018 11:09 tot 14 mei 2018 10:42*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 187*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 187*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 189*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 188*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 188, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 189.

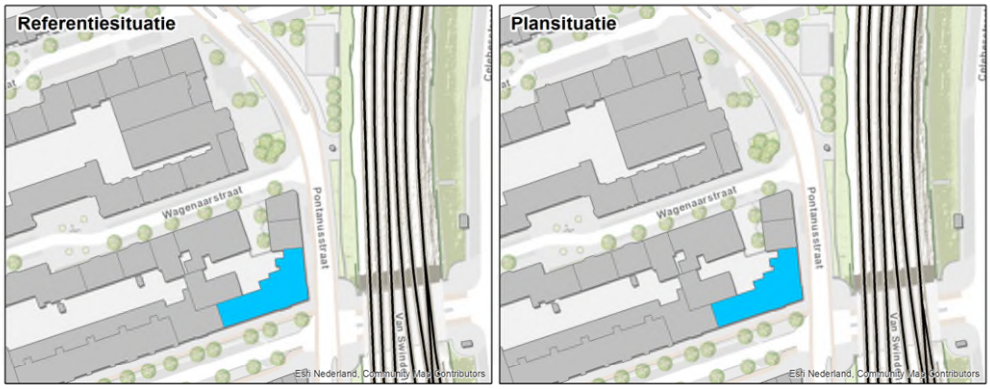
Figuur 188 *Opstelling sensoren bij Eerste van Swindenstraat 571*



Figuur 189 *Meetresultaten Eerste van Swindenstraat 571*

VIII.16.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 190.



Figuur 190 *Meetlocatie Eerste van Swindenstraat 571 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.16.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 67. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 67 *Resultaten referentiesituatie Eerste van Swindenstraat 571*

	17, stijf punt			31, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02
Vper, avond	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.40	0.29	0.46	0.45	0.30	0.31
X (%)	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
#topX%	56	56	56	56	56	56
μ	-1.59	-1.65	-1.28	-1.52	-1.68	-1.57
σ	0.28	0.19	0.21	0.28	0.20	0.20
β	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
R	9	6	7	9	6	6

Op deze locatie zijn 8590 reizigers- en 491 goederentreinen gemeten.

VIII.16.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 68.

Tabel 68 *Resultaten berekening plansituatie*

	17, stijf punt			31, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02
Vper, avond	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.46	0.33	0.52	0.52	0.35	0.35
X (%)	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
#topX%	59	59	59	59	59	59
μ	-1.50	-1.56	-1.19	-1.44	-1.60	-1.50
σ	0.30	0.21	0.24	0.31	0.23	0.21
β	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
R	10	7	8	10	7	6

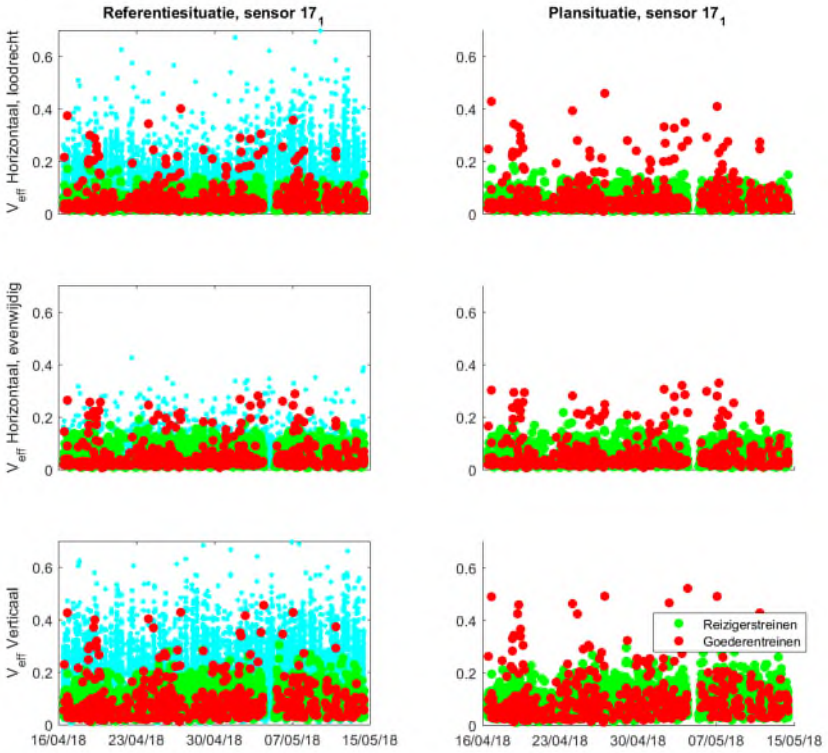
De Q-waarde bedraagt 1.16. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.16.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 191 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 191 *Resultaten sensor 17 van de VKV*

VIII.17 Pontanusstraat 188

De meetlocatie Pontanusstraat 188 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 192.

Figuur 192 *Gevel Pontanusstraat 188*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 16, 29):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (16) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaatvloer.

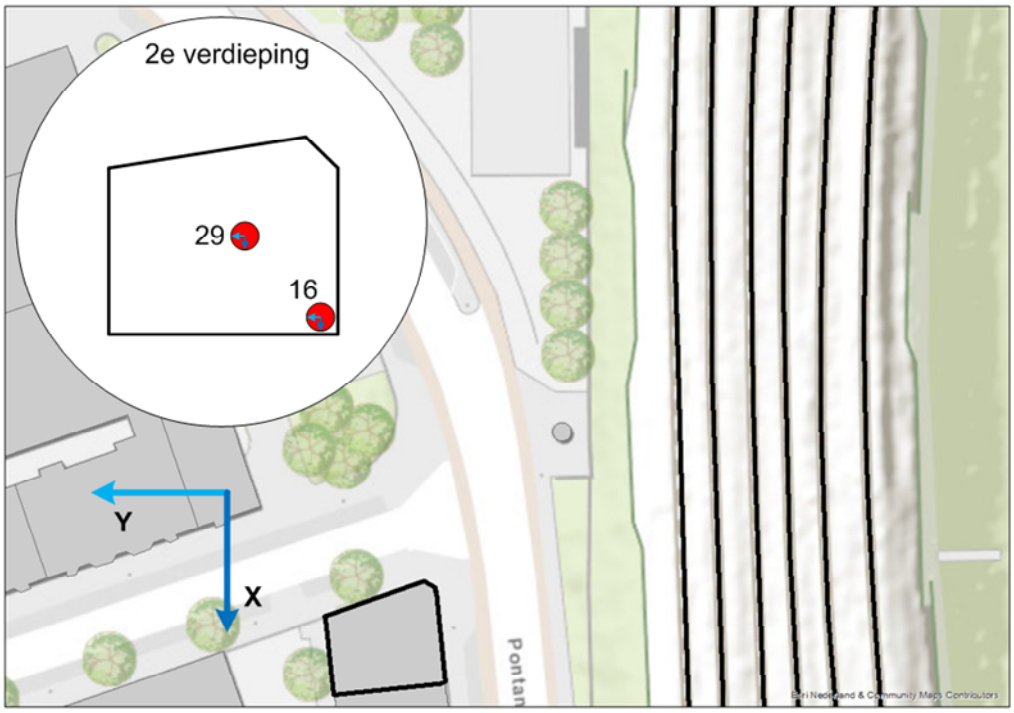
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 69.

Tabel 69 *Gegevens meting Pontanusstraat 188*

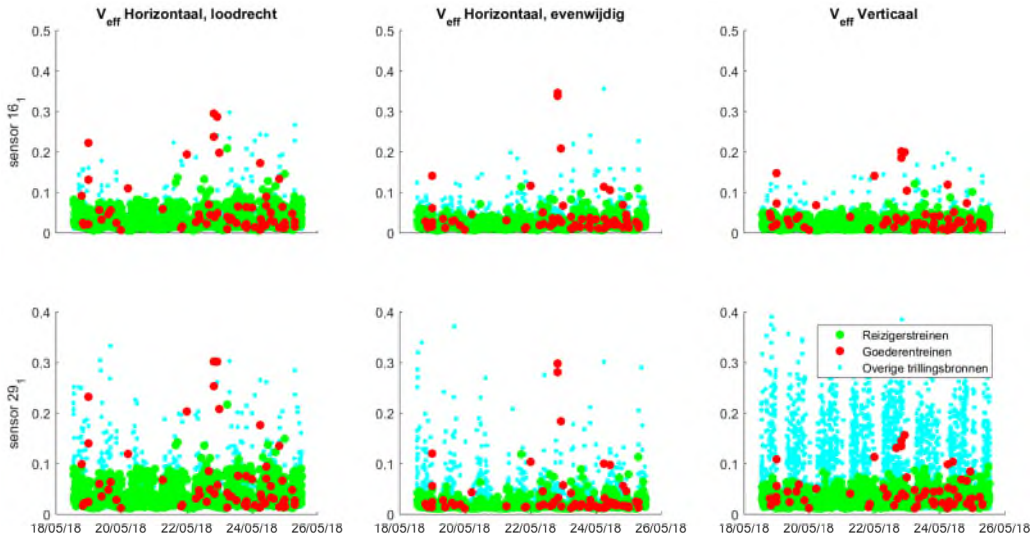
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*18 mei 2018 13:00 tot 25 mei 2018 13:02*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 192*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 192*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 194*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 193*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 193, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 194.



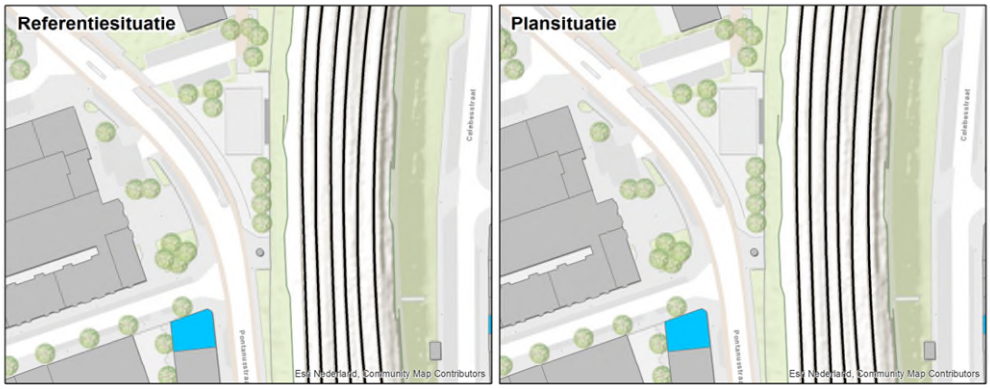
Figuur 193 *Opstelling sensoren bij Pontanusstraat 188*



Figuur 194 *Meetresultaten Pontanusstraat 188*

VIII.17.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 195.



Figuur 195 *Meetlocatie Pontanusstraat 188 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.17.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 70. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 70 *Resultaten referentiesituatie Pontanusstraat 188*

	16, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.29	0.35	0.20	0.30	0.30	0.16
X (%)	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
#topX%	13	13	13	13	13	13
μ	-1.69	-2.03	-2.12	-1.65	-2.13	-2.23
σ	0.29	0.48	0.35	0.29	0.46	0.21
β	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
R	20	34	25	21	32	15

Op deze locatie zijn 2367 reizigers- en 63 goederentreinen gemeten.

VIII.17.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 71.

Tabel 71 *Resultaten berekening plansituatie*

	16, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.34	0.40	0.23	0.34	0.34	0.18
X (%)	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
#topX%	13	13	13	13	13	13
μ	-1.60	-1.95	-2.03	-1.55	-2.05	-2.15
σ	0.32	0.54	0.38	0.31	0.50	0.24
β	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
R	22	38	27	22	36	17

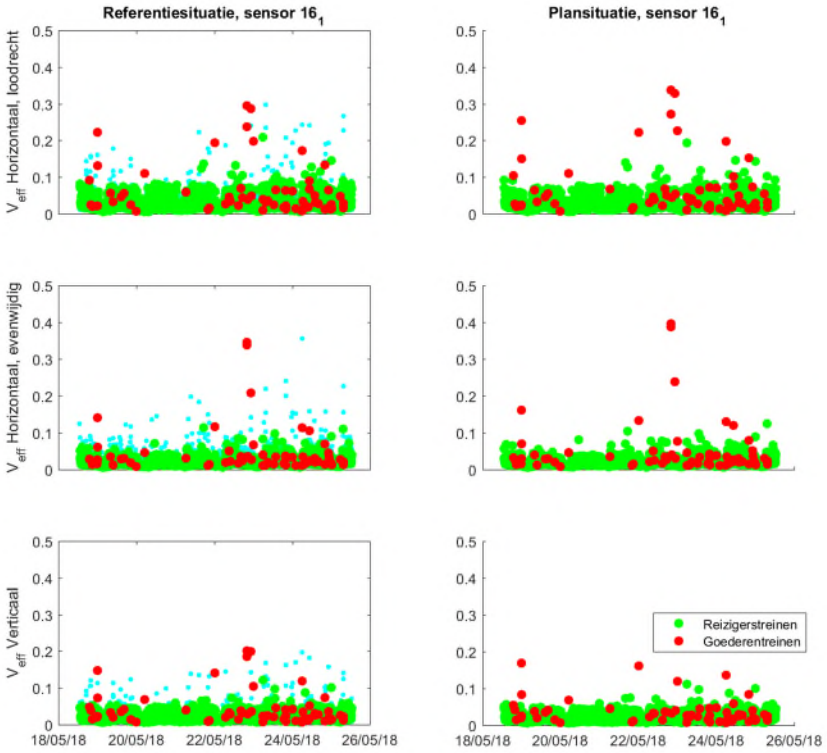
De Q-waarde bedraagt 1.49. De trillingssterkte neemt niet voelbaar toe, maar door de passage van enkele treinen met een afwijkend trillingsniveau ontstaat een hoge R-waarde, waardoor een overschrijding van de streefwaarde theoretisch niet valt uit te sluiten. Gezien de minimale wijzigingen op deze locatie en de beperkte toename van de trillingssterkte, is deze toename echter vooral rekenkundig.

VIII.17.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. Door een hoge R-waarde zijn overschrijdingen hier theoretisch bezien niet uit te sluiten. Echter, omdat er op deze locaties geen significante wijzigingen in spoorligging, spoorgebruik en rijsnelheid plaatsvinden, zal er geen sprake zijn van een significante toename van de trillingen. De kans op een overschrijding is hier dus puur rekenkundig. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 196 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 196 *Resultaten sensor 16 van de VKV*

VIII.18 Celebesstraat 36-3

De meetlocatie Celebesstraat 36-3 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 197.

Figuur 197 *Gevel Celebesstraat 36-3*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 29, 35):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (35) op een stijf punt op de 4e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op houten vloer.

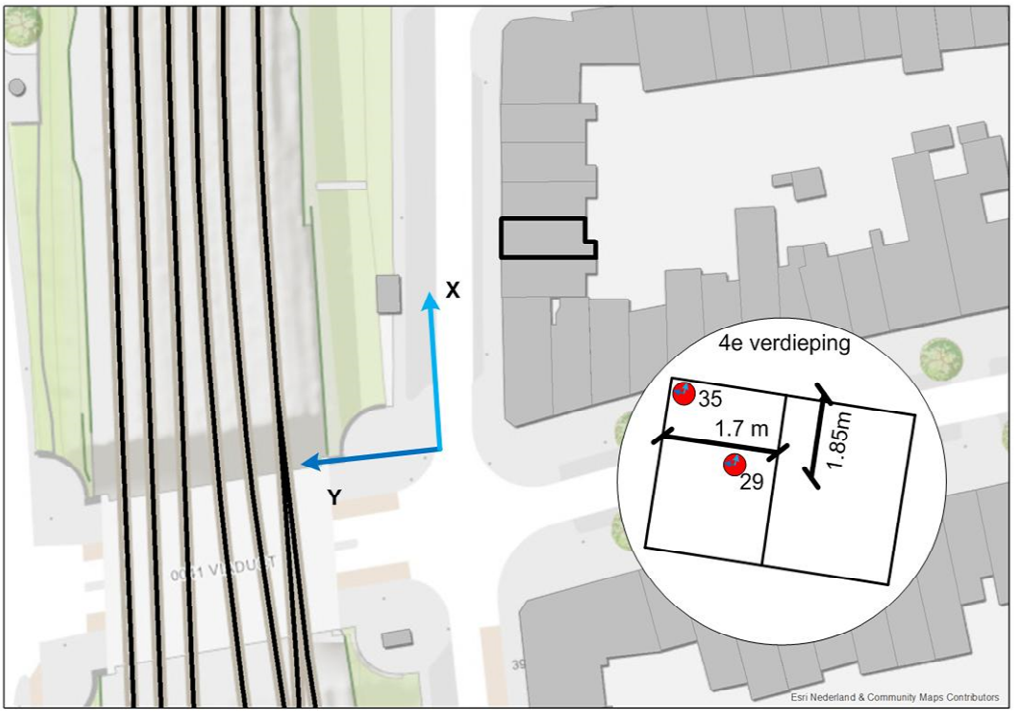
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 72.

Tabel 72 *Gegevens meting Celebesstraat 36-3*

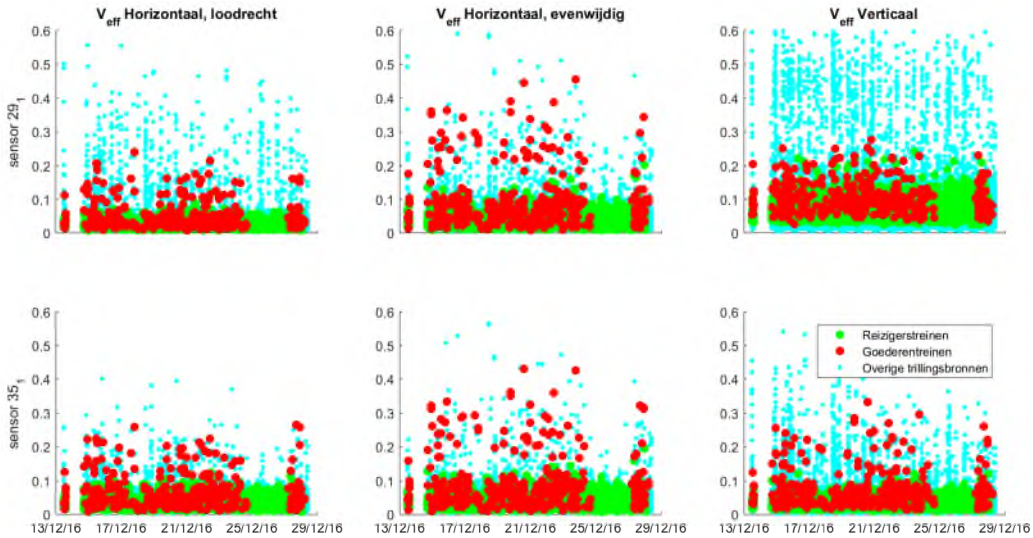
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*13 december 2016 11:49 tot 28 december 2016 10:09*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vijflaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 197*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 197*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 199*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 198*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 198, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 199.



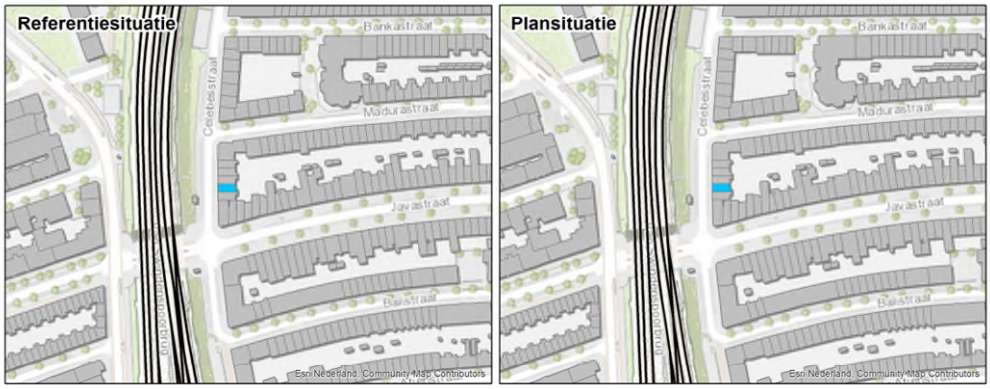
Figuur 198 *Opstelling sensoren bij Celebesstraat 36-3*



Figuur 199 *Meetresultaten Celebesstraat 36-3*

VIII.18.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 200.



Figuur 200 *Meetlocatie Celebesstraat 36-3 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.18.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 73. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 73 *Resultaten referentiesituatie Celebesstraat 36-3*

	29, midden vloer			35, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.24	0.45	0.28	0.26	0.43	0.33
X (%)	3.15	0.79	0.79	0.79	0.79	3.15
#topX%	88	22	22	22	22	88
μ	-2.26	-1.10	-1.49	-1.58	-1.16	-1.93
σ	0.35	0.15	0.07	0.12	0.14	0.36
β	2.04	1.39	1.39	1.39	1.39	2.04
R	11	7	3	6	7	12

Op deze locatie zijn 4182 reizigers- en 380 goederentreinen gemeten.

VIII.18.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 74.

Tabel 74 *Resultaten berekening plansituatie*

	29, midden vloer			35, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
Vper, avond	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.27	0.52	0.28	0.30	0.49	0.34
X (%)	3.14	6.28	0.80	0.80	3.14	3.14
#topX%	90	180	23	23	90	90
μ	-2.16	-1.86	-1.45	-1.47	-1.55	-1.84
σ	0.38	0.47	0.07	0.14	0.40	0.37
β	2.05	2.31	1.42	1.42	2.05	2.05
R	12	12	3	7	13	12

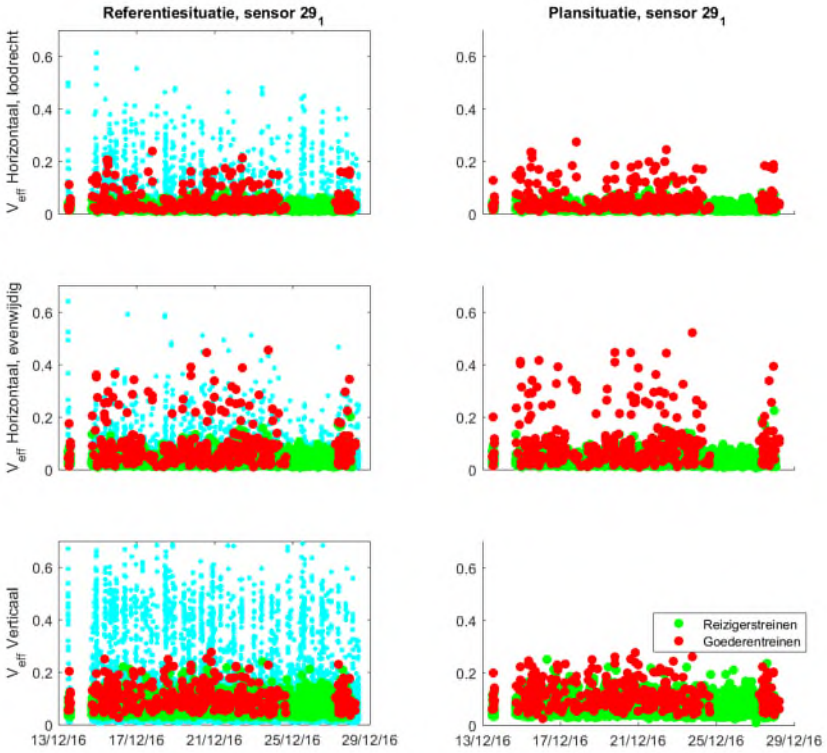
De Q-waarde bedraagt 1.35. De trillingssterkte neemt niet voelbaar toe, maar door de passage van enkele treinen met een afwijkend trillingsniveau ontstaat een hoge R-waarde, waardoor een overschrijding van de streefwaarde theoretisch niet valt uit te sluiten. Gezien de minimale wijzigingen op deze locatie en de beperkte toename van de trillingssterkte, is deze toename echter vooral rekenkundig.

VIII.18.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. Door een hoge R-waarde zijn overschrijdingen hier theoretisch bezien niet uit te sluiten. Echter, omdat er op deze locaties geen significante wijzigingen in spoorligging, spoorgebruik en rijsnelheid plaatsvinden, zal er geen sprake zijn van een significante toename van de trillingen. De kans op een overschrijding is hier dus puur rekenkundig. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 201 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 201 *Resultaten sensor 29 van de VKV*

VIII.19 Celebesstraat 26E

De meetlocatie Celebesstraat 26E heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 202.

Figuur 202 *Gevel Celebesstraat 26^{E}*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 29):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (23) op een stijf punt op de 4e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op laminaat vloer.

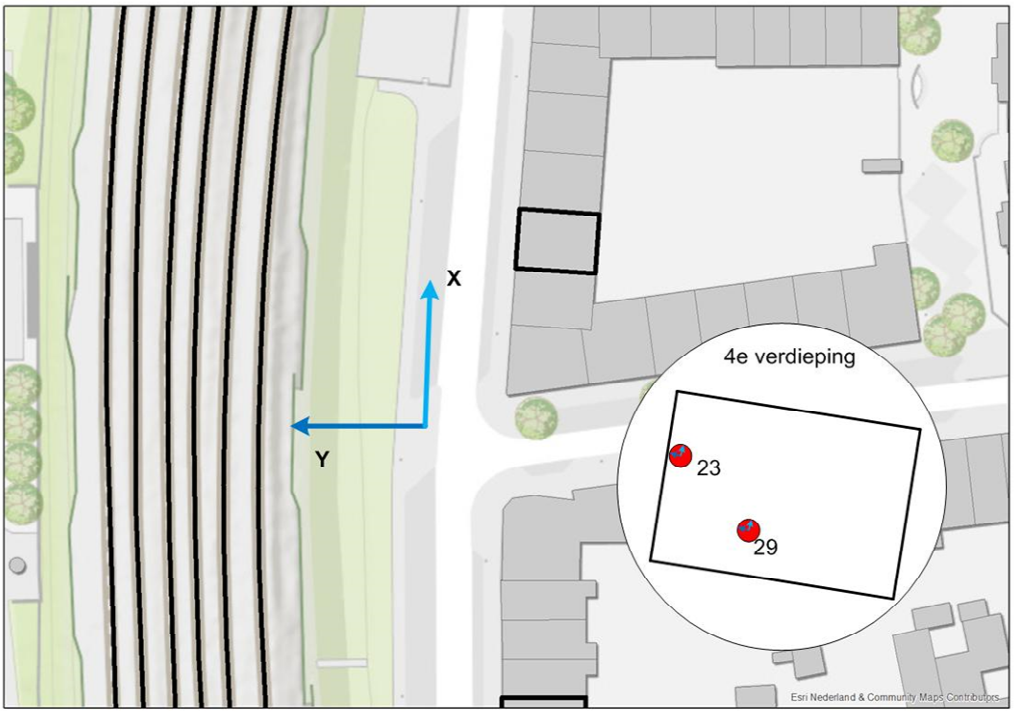
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 75.

Tabel 75 *Gegevens meting Celebesstraat 26E*

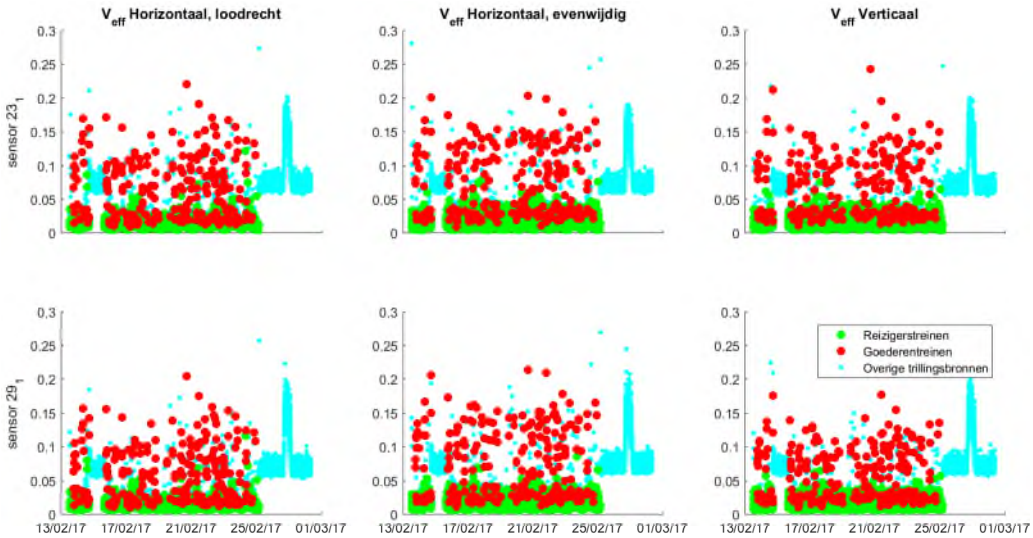
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*David de Vlieg*
3	Tijdsperiode meting	*13 februari 2017 12:56 tot 28 februari 2017 09:10*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 202*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 202*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 204*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 203*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 203, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 204.



Figuur 203 *Opstelling sensoren bij Celebesstraat 26E*



Figuur 204 *Meetresultaten Celebesstraat 26E*

VIII.19.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 205.

Figuur 205 *Meetlocatie Celebesstraat 26E in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.19.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 76. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 76 *Resultaten referentiesituatie Celebesstraat 26E*

	23, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.22	0.20	0.24	0.20	0.21	0.21
X (%)	50.34	13.10	13.10	50.34	13.10	13.10
#topX%	73	19	19	73	19	19
μ	-2.12	-1.82	-1.84	-2.21	-1.80	-1.98
σ	0.20	0.11	0.16	0.20	0.12	0.16
β	1.93	1.26	1.26	1.93	1.26	1.26
R	7	5	8	7	6	8

Op deze locatie zijn 4943 reizigers- en 235 goederentreinen gemeten.

VIII.19.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 77.

Tabel 77 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, stijf punt			29, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Vper, avond	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01
Vmax	0.26	0.24	0.28	0.24	0.25	0.25
X (%)	50.00	12.67	12.67	50.00	12.67	12.67
#topX%	75	19	19	75	19	19
μ	-1.98	-1.67	-1.69	-2.07	-1.65	-1.83
σ	0.20	0.11	0.16	0.20	0.12	0.16
β	1.94	1.26	1.26	1.94	1.26	1.26
R	7	5	8	7	6	8

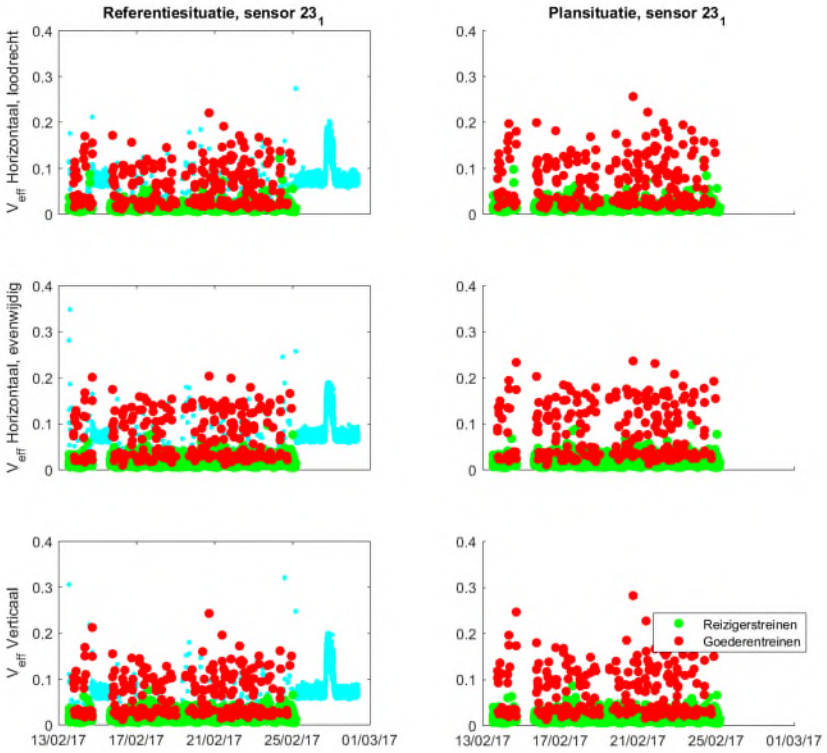
De Q-waarde bedraagt 1.16. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.19.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 206 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 206 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.20 Celebesstraat 4

De meetlocatie Celebesstraat 4 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 207.

Figuur 207 *Gevel Celebesstraat 4*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 16, 13):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (16) op een stijf punt op de 1e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (13) in het midden van het vloerveld op de 1e verdieping op laminaat vloer.

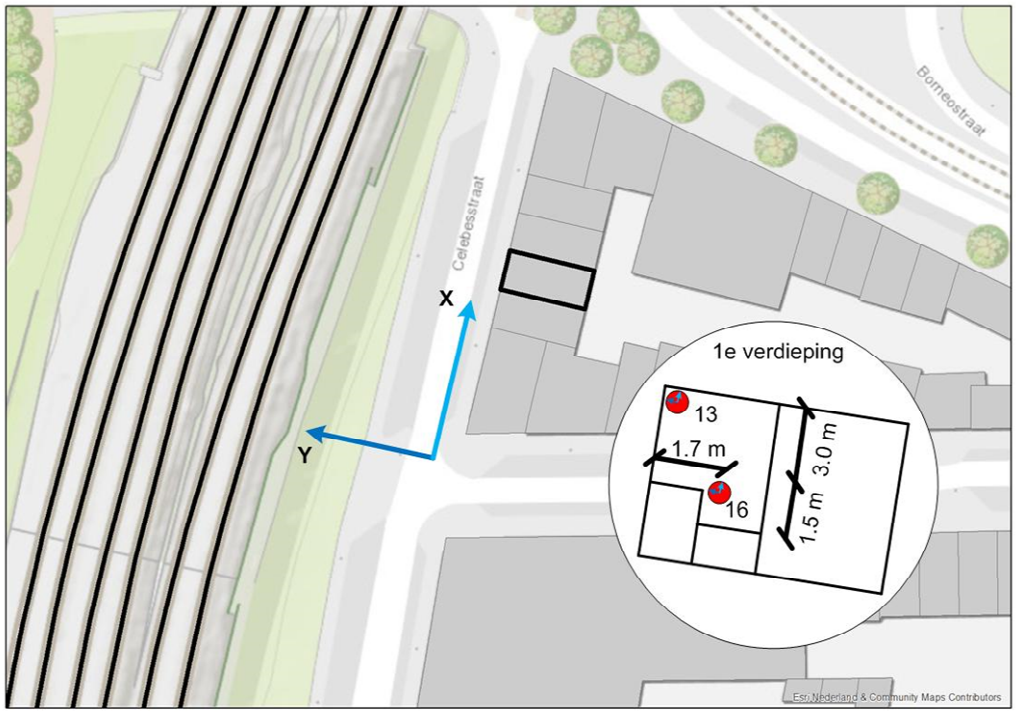
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 78.

Tabel 78 *Gegevens meting Celebesstraat 4*

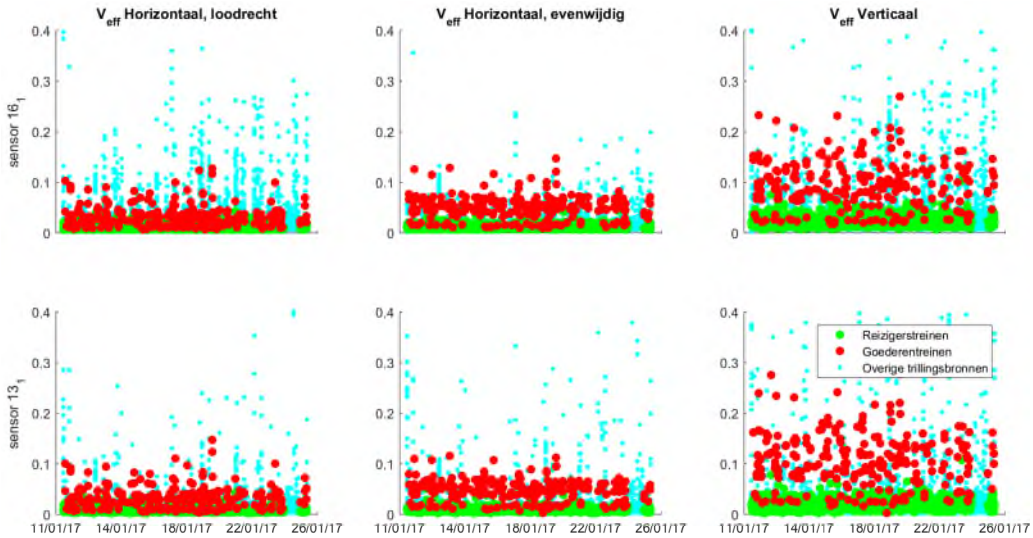
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*11 januari 2017 10:22 tot 25 januari 2017 09:52*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zeslaags gebouw, woning bevindt zich op de begane grond en de eerste verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 207*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 207*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 209*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 208*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 208, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 209.



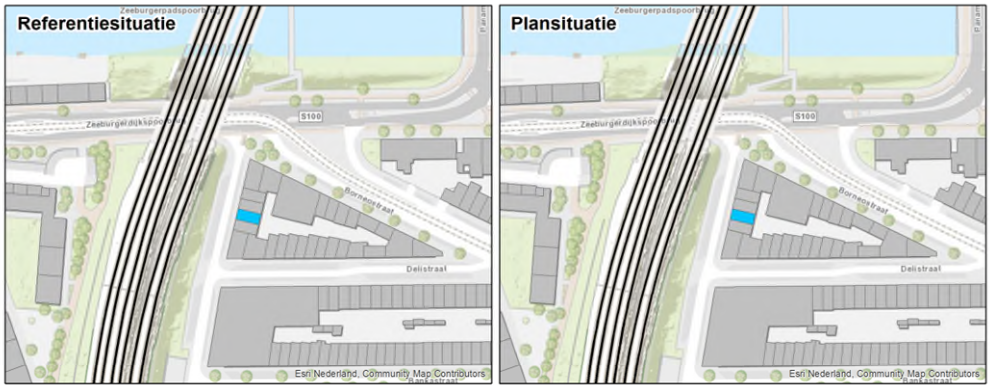
Figuur 208 *Opstelling sensoren bij Celebesstraat 4*



Figuur 209 *Meetresultaten Celebesstraat 4*

VIII.20.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 210.



Figuur 210 *Meetlocatie Celebesstraat 4 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.20.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 79. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 79 *Resultaten referentiesituatie Celebesstraat 4*

	16, stijf punt			13, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.13	0.15	0.27	0.15	0.11	0.28
X (%)	12.92	12.92	12.92	12.92	12.92	12.92
#topX%	27	27	27	27	27	27
μ	-2.56	-2.42	-1.72	-2.54	-2.51	-1.63
σ	0.21	0.22	0.16	0.24	0.17	0.16
β	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
R	10	10	7	11	8	7

Op deze locatie zijn 4746 reizigers- en 248 goederentreinen gemeten.

VIII.20.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 80.

Tabel 80 *Resultaten berekening plansituatie*

	16, stijf punt			13, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.15	0.18	0.32	0.17	0.14	0.33
X (%)	12.62	12.62	12.62	12.62	12.62	12.62
#topX%	27	27	27	27	27	27
μ	-2.38	-2.24	-1.54	-2.37	-2.33	-1.45
σ	0.21	0.22	0.16	0.24	0.17	0.16
β	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
R	10	11	7	11	8	7

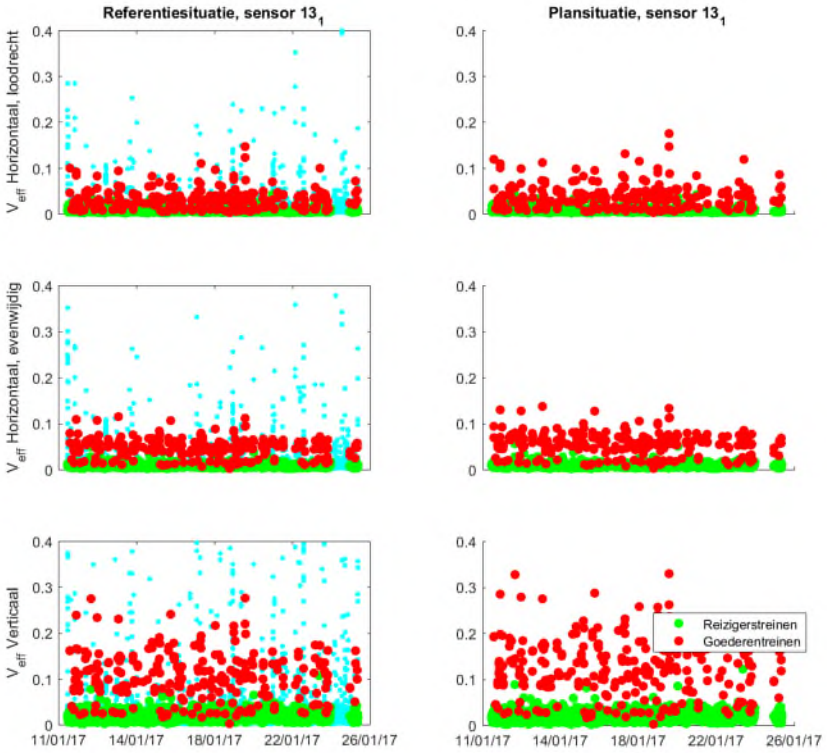
De Q-waarde bedraagt 1.19. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.20.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 211 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 211 *Resultaten sensor 13 van de VKV*

VIII.21 Cruquiuskade 303

De meetlocatie Cruquiuskade 303 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 212.

Figuur 212 *Gevel Cruquiuskade 303*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 19, 39):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (39) op een stijf punt op de 6e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (19) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 6e verdieping op laminaat vloer.

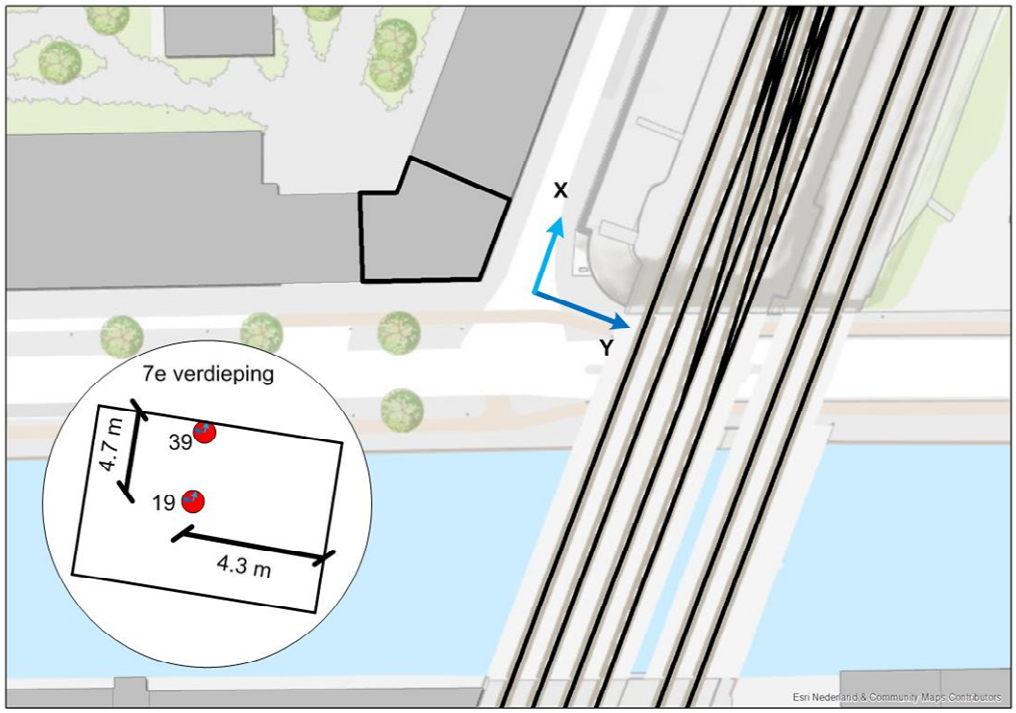
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 81.

Tabel 81 *Gegevens meting Cruquiuskade 303*

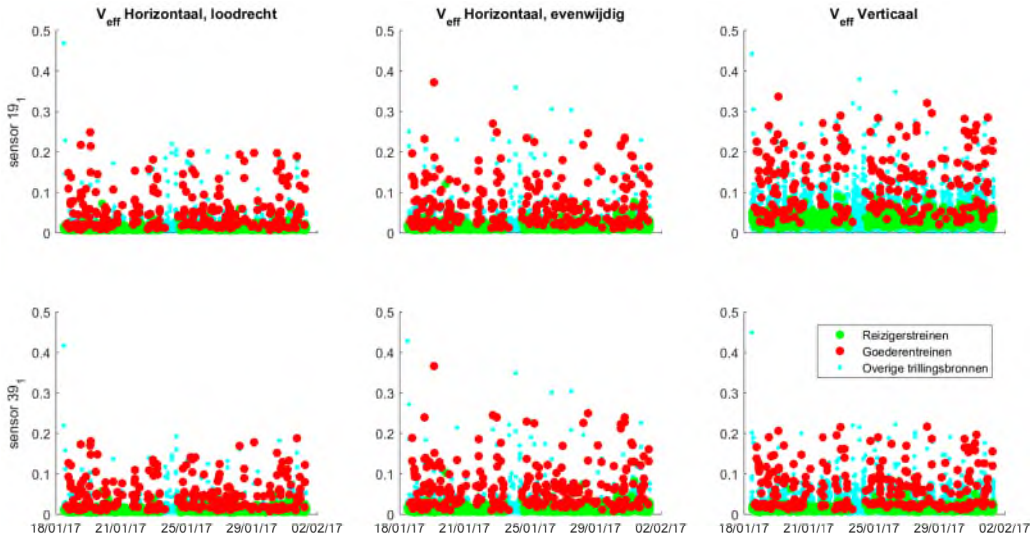
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*18 januari 2017 11:01 tot 01 februari 2017 08:40*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zeslaags gebouw, woning bevindt zich op de zesde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 212*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 212*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 214*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 213*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 213, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 214.



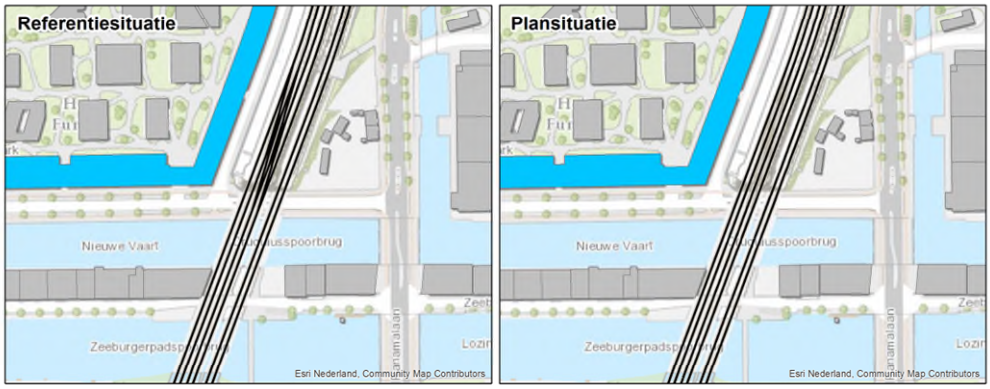
Figuur 213 *Opstelling sensoren bij Cruquiuskade 303*



Figuur 214 *Meetresultaten Cruquiuskade 303*

VIII.21.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 215.



Figuur 215 *Meetlocatie Cruquiuskade 303 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.21.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 82. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 82 *Resultaten referentiesituatie Cruquiuskade 303*

	19, midden vloer			39, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.25	0.37	0.34	0.19	0.37	0.22
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	127	127	127	127	127	127
μ	-2.53	-2.28	-1.78	-2.65	-2.34	-2.34
σ	0.48	0.45	0.30	0.45	0.45	0.39
β	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
R	14	13	9	13	13	11

Op deze locatie zijn 3050 reizigers- en 236 goederentreinen gemeten.

VIII.21.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 83.

Tabel 83 *Resultaten berekening plansituatie*

	19, midden vloer			39, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
Vper, avond	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.29	0.44	0.39	0.22	0.43	0.25
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	138	138	138	138	138	138
μ	-2.46	-2.19	-1.70	-2.58	-2.26	-2.26
σ	0.52	0.50	0.37	0.50	0.50	0.46
β	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
R	15	14	10	14	14	13

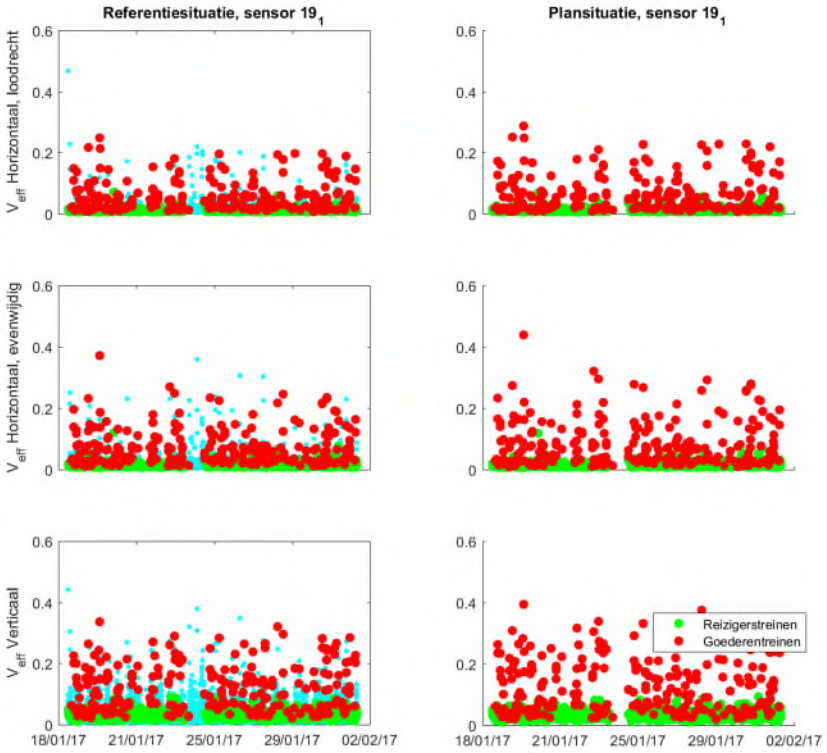
De Q-waarde bedraagt 1.26. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.21.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 216 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 216 *Resultaten sensor 19 van de VKV*

VIII.22 Funenpark 1G

De meetlocatie Funenpark 1G heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 217.

Figuur 217 *Gevel Funenpark 1G*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 12, 8):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (16) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (23) op een stijf punt op de 3e verdieping op betonnen vloer.

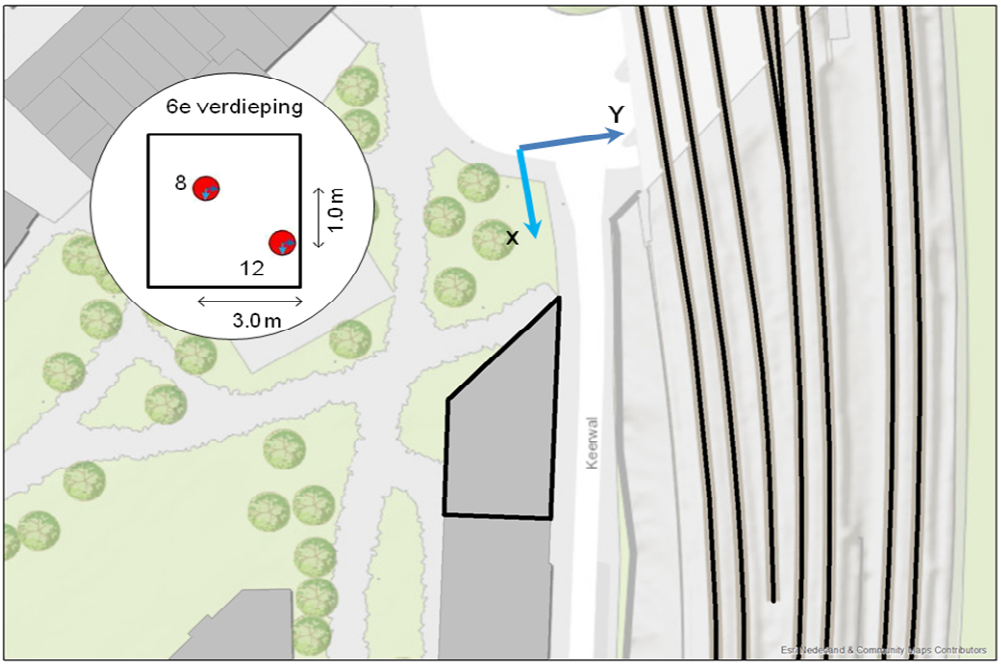
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 84.

Tabel 84 *Gegevens meting Funenpark 1G*

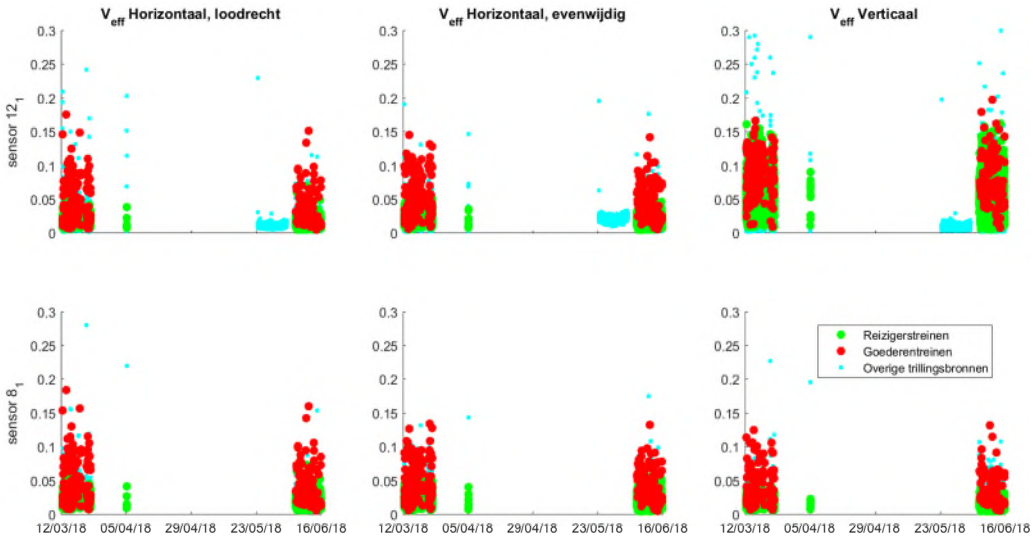
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*12 maart 2018 12:37 tot 15 juni 2018 22:34*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zeslaags gebouw, meetlocatie bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 217*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 217*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 219*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 218*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 218, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 219.



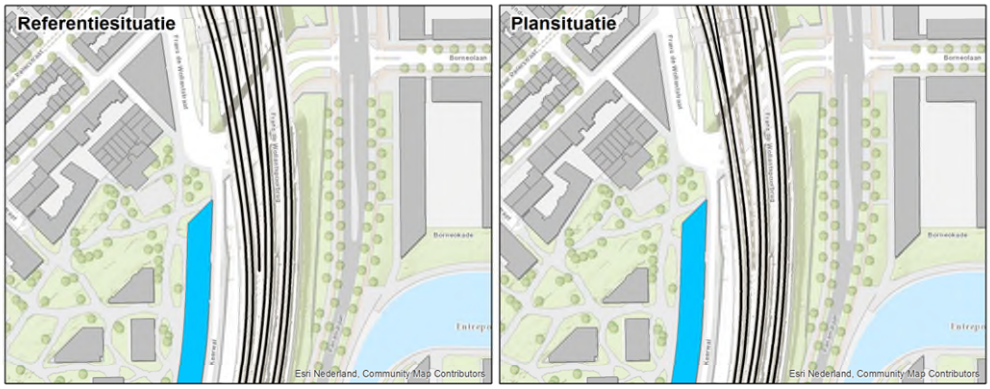
Figuur 218 *Opstelling sensoren bij Funenpark 1G*



Figuur 219 *Meetresultaten Funenpark 1G*

VIII.22.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 220.



Figuur 220 *Meetlocatie Funenpark 1G in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.22.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 85. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 85 *Resultaten referentiesituatie Funenpark 1G*

	12, midden vloer			8, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.18	0.14	0.20	0.18	0.13	0.13
X (%)	3.15	0.80	0.80	3.15	0.80	3.15
#topX%	137	35	35	137	35	137
μ	-2.82	-2.26	-1.90	-2.75	-2.36	-2.94
σ	0.38	0.12	0.08	0.37	0.14	0.36
β	1.95	1.28	1.28	1.95	1.28	1.95
R	10	4	3	9	5	9

Op deze locatie zijn 7262 reizigers- en 251 goederentreinen gemeten.

VIII.22.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 86.

Tabel 86 *Resultaten berekening plansituatie*

	12, midden vloer			8, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.22	0.18	0.24	0.23	0.16	0.16
X (%)	0.79	3.13	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	43	171	43	43	43	43
μ	-2.18	-2.58	-1.77	-2.13	-2.20	-2.33
σ	0.23	0.34	0.09	0.23	0.15	0.23
β	1.39	2.04	1.39	1.39	1.39	1.39
R	8	8	3	8	5	8

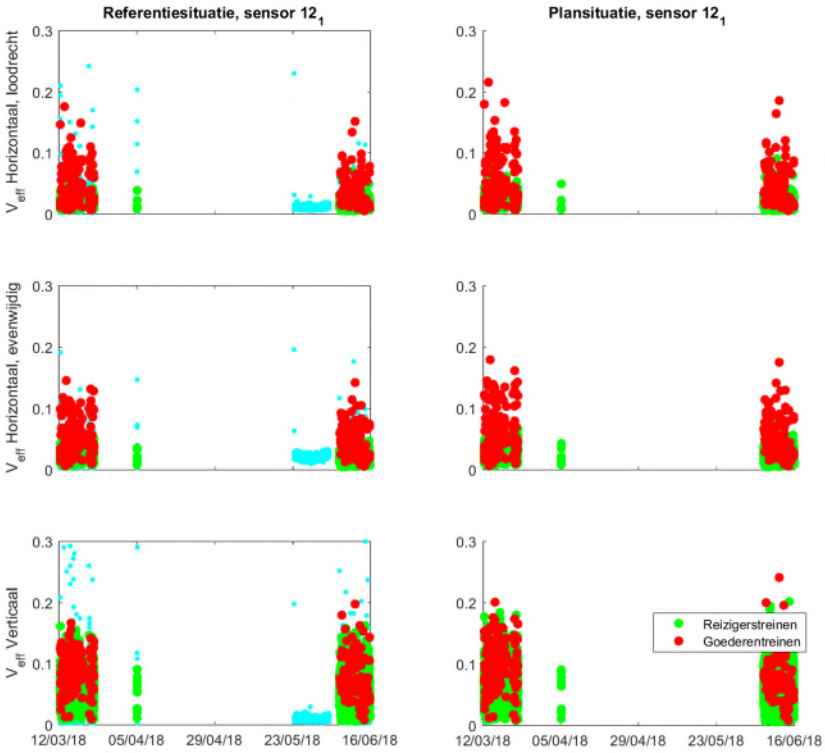
De Q-waarde bedraagt 1.17. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.22.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 221 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 221 *Resultaten sensor 12 van de VKV*

VIII.23 Frans de Wollantstraat 72

De meetlocatie Frans de Wollantstraat 72 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 222.

Figuur 222 *Gevel Frans de Wollantstraat 72*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is 1 meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 37): een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de 3e verdieping op betonnen vloer.

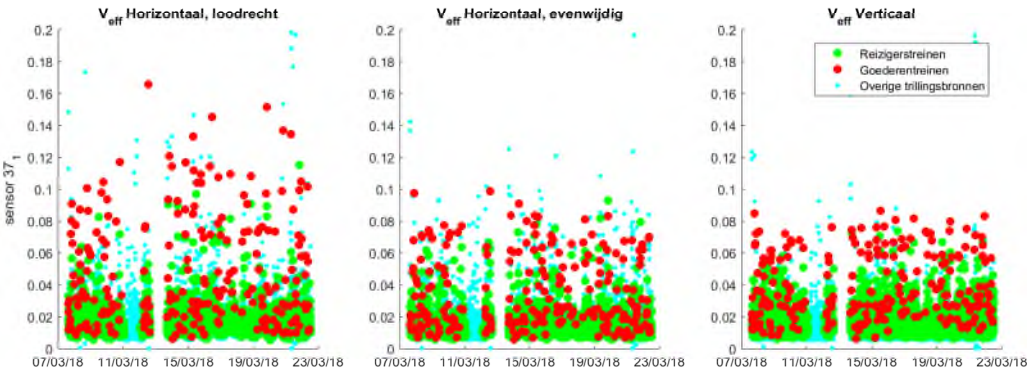
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 87.

Tabel 87 *Gegevens meting Frans de Wollantstraat 72*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*07 maart 2018 15:24 tot 22 maart 2018 13:12*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, meetlocatie bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 222*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 222*
9	Gebruikte meetopnemers	*1 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 1 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 224*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 223*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 223, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 224.

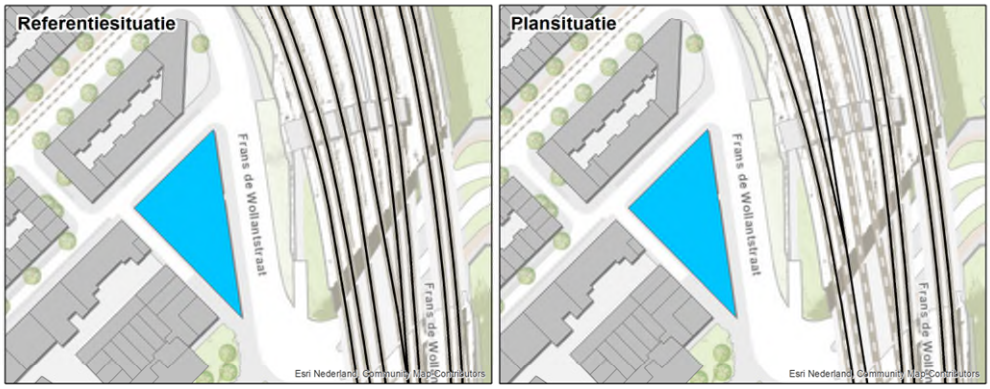
Figuur 223 *Opstelling sensoren bij Frans de Wollantstraat 72*



Figuur 224 *Meetresultaten Frans de Wollantstraat 72*

VIII.23.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 225.



Figuur 225 *Meetlocatie Frans de Wollantstraat 72 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.23.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 88. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 88 *Resultaten referentiesituatie Frans de Wollantstraat 72*

	37, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.17	0.10	0.09
X (%)	12.98	12.98	12.98
#topX%	17	17	17
μ	-2.10	-2.49	-2.56
σ	0.13	0.08	0.06
β	1.24	1.24	1.24
R	7	4	3

Op deze locatie zijn 5979 reizigers- en 223 goederentreinen gemeten.

VIII.23.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 89.

Tabel 89 *Resultaten berekening plansituatie*

	37, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.20	0.12	0.10
X (%)	12.83	50.27	50.27
#topX%	24	94	94
μ	-1.95	-2.55	-2.60
σ	0.15	0.17	0.13
β	1.44	2.06	2.06
R	7	5	4

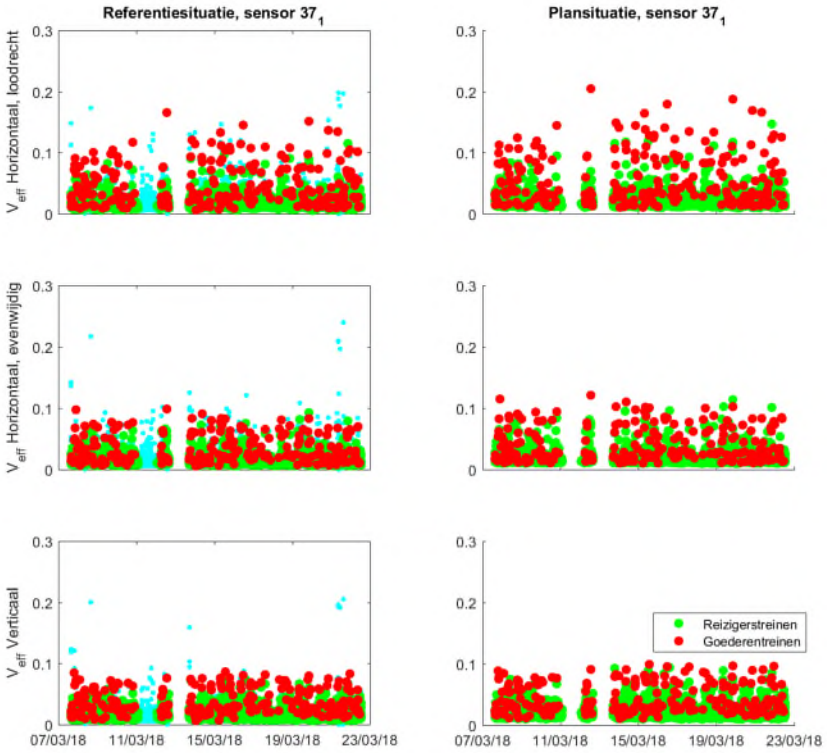
De Q-waarde bedraagt 1.22. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.23.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 226 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 226 *Resultaten sensor 37 van de VKV*

VIII.24 Czaar Peterstraat 196

De meetlocatie Czaar Peterstraat 196 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 227.

Figuur 227 *Gevel Czaar Peterstraat 196*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 30, 24):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (24) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (30) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaat vloer.

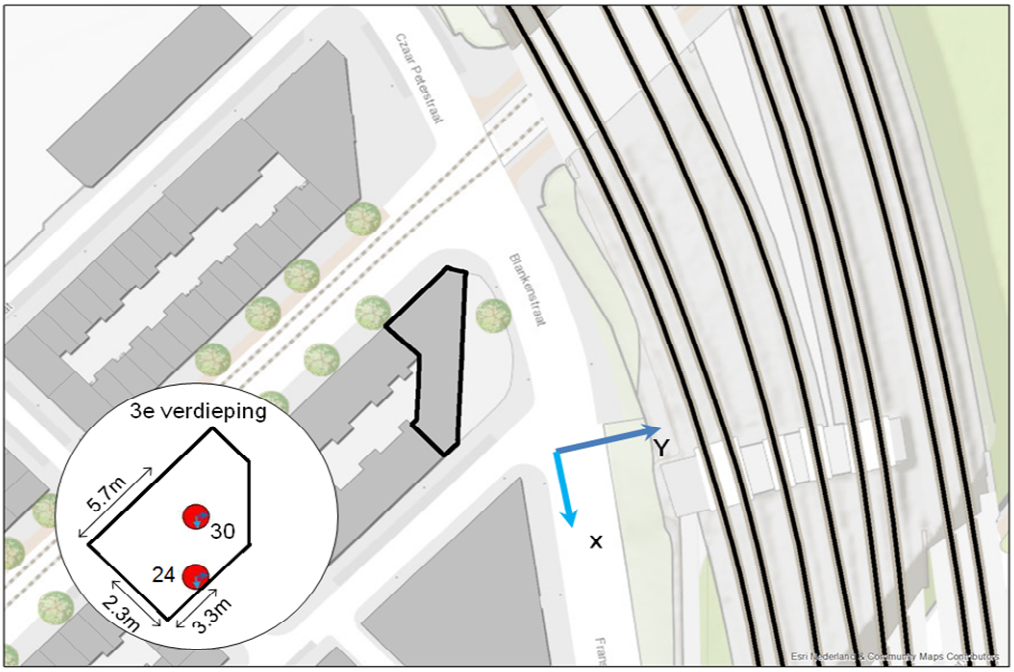
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 90.

Tabel 90 *Gegevens meting Czaar Peterstraat 196*

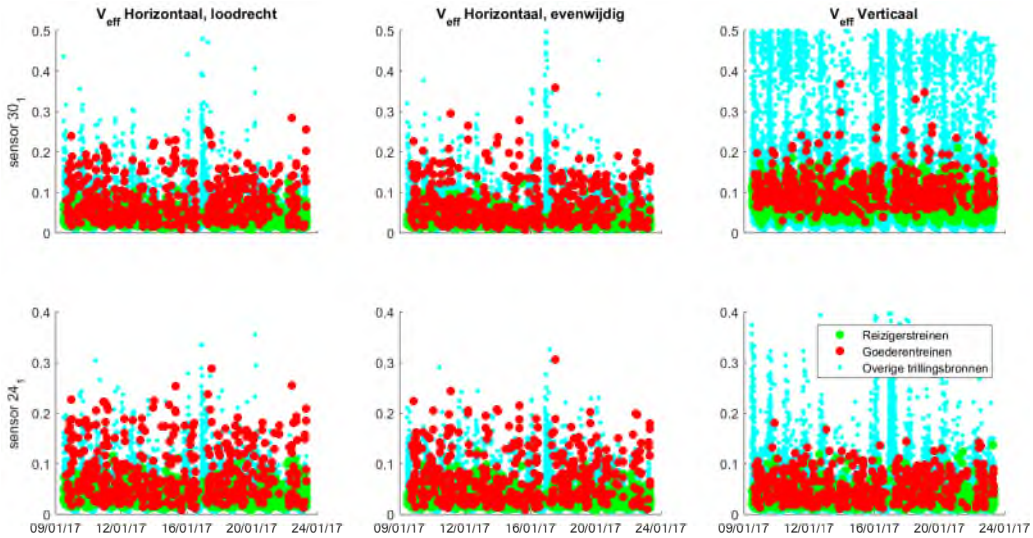
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*09 januari 2017 10:42 tot 23 januari 2017 09:54*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevind zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 227*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 227*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 229*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 228*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 228, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 229.



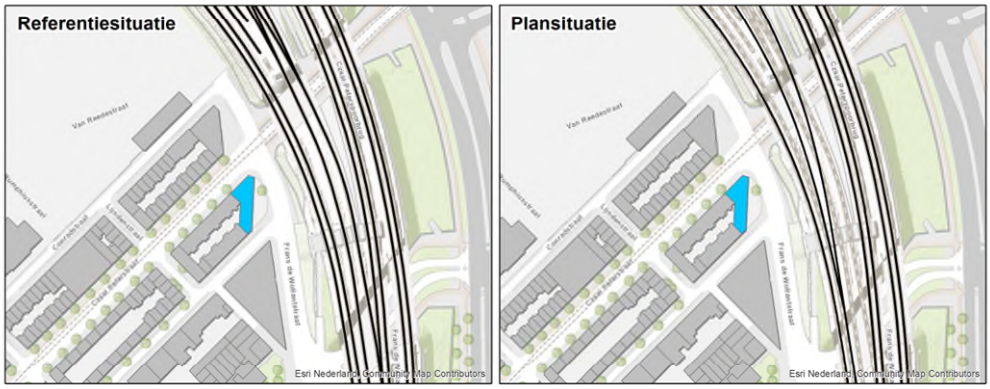
Figuur 228 *Opstelling sensoren bij Czaar Peterstraat 196*



Figuur 229 *Meetresultaten Czaar Peterstraat 196*

VIII.24.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 230.



Figuur 230 *Meetlocatie Czaar Peterstraat 196 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.24.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 91. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 91 *Resultaten referentiesituatie Czaar Peterstraat 196*

	30, midden vloer			24, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.28	0.36	0.37	0.29	0.31	0.18
X (%)	12.50	0.78	0.78	12.50	0.78	0.78
#topX%	351	22	22	351	22	22
μ	-2.32	-1.52	-1.39	-2.32	-1.61	-2.04
σ	0.37	0.17	0.16	0.40	0.13	0.12
β	2.55	1.39	1.39	2.55	1.39	1.39
R	7	9	8	8	6	5

Op deze locatie zijn 2909 reizigers- en 493 goederentreinen gemeten.

VIII.24.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 92.

Tabel 92 *Resultaten berekening plansituatie*

	30, midden vloer			24, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01
Vper, avond	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.35	0.44	0.44	0.35	0.37	0.20
X (%)	12.51	6.27	0.81	12.51	0.81	12.51
#topX%	387	194	25	387	25	387
μ	-2.19	-1.90	-1.23	-2.18	-1.44	-2.45
σ	0.40	0.32	0.17	0.42	0.13	0.27
β	2.58	2.34	1.46	2.58	1.46	2.58
R	7	8	8	8	6	5

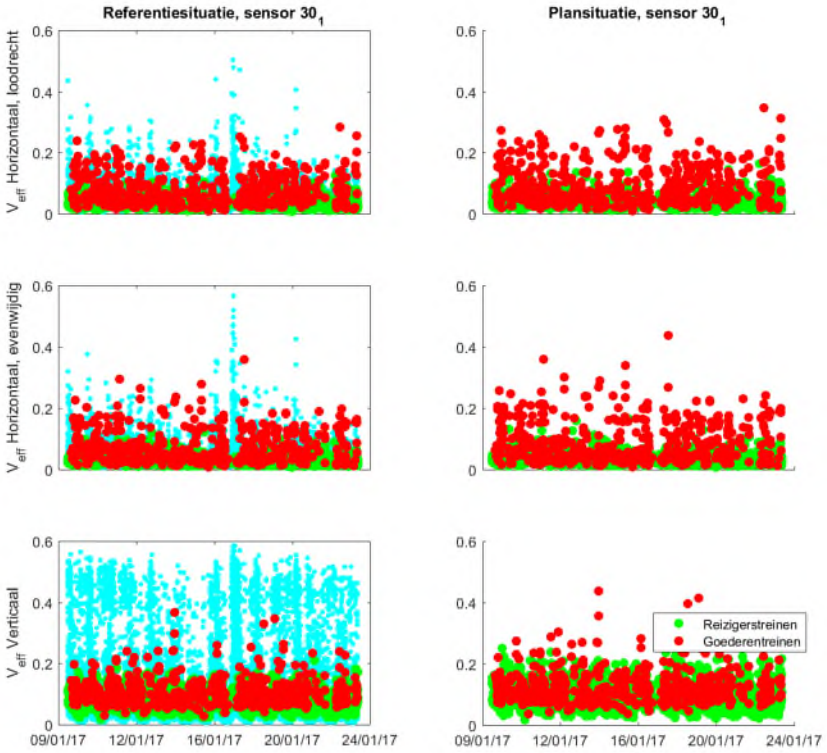
De Q-waarde bedraagt 1.20. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.24.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 231 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 231 *Resultaten sensor 30 van de VKV*

VIII.25 Czaar Peterstraat 275

De meetlocatie Czaar Peterstraat 275 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 232.

Figuur 232 *Gevel Czaar Peterstraat 275*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 32, 33):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (32) op een stijf punt op de 3e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (33) zo goed mogelijk in het midden van de vloer op de 3e verdieping op houten vloer.

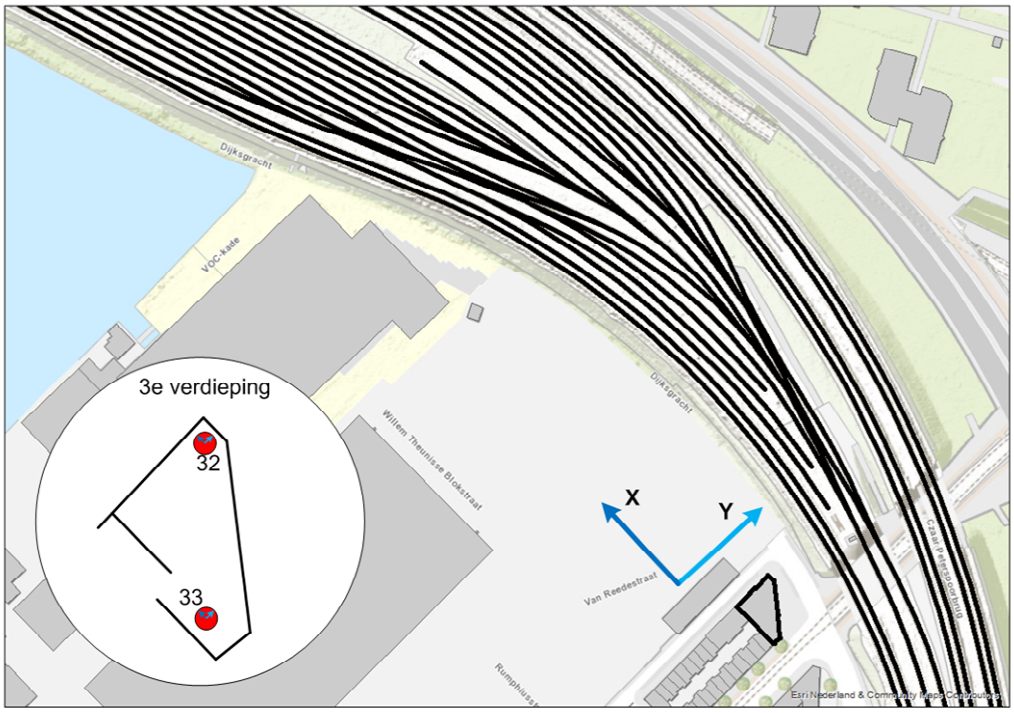
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 93.

Tabel 93 *Gegevens meting Czaar Peterstraat 275*

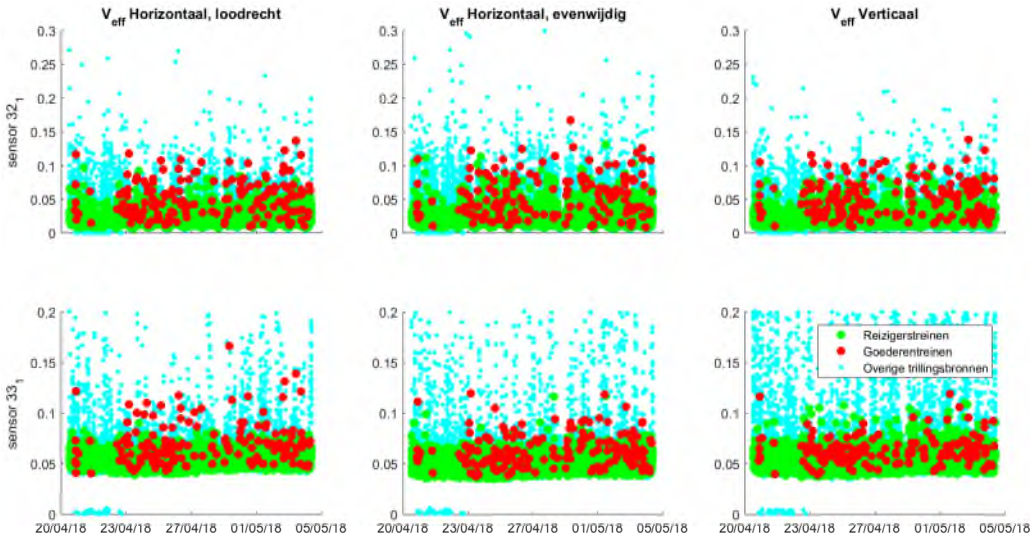
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*20 april 2018 11:36 tot 04 mei 2018 11:15*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vijflaags gebouw, meetlocatie bevindt zich de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 232*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 232*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 234*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 233*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 233, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 234.



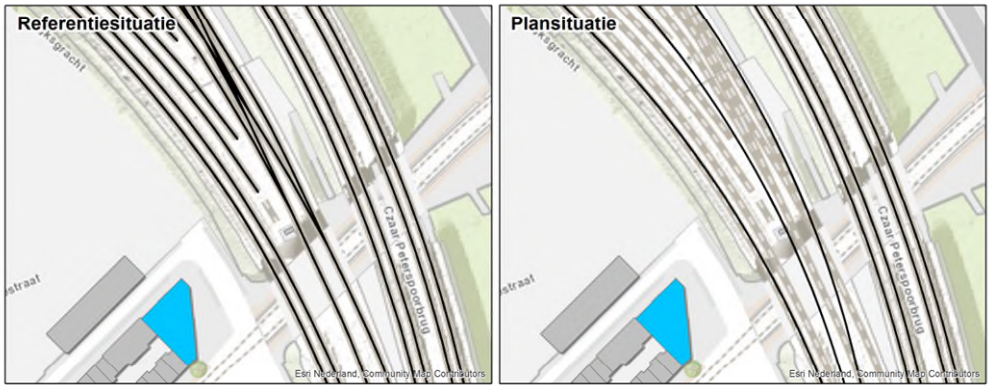
Figuur 233 *Opstelling sensoren bij Czaar Peterstraat 275*



Figuur 234 *Meetresultaten Czaar Peterstraat 275*

VIII.25.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 235.



Figuur 235 *Meetlocatie Czaar Peterstraat 275 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.25.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 94. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 94 *Resultaten referentiesituatie Czaar Peterstraat 275*

	32, stijf punt			33, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.14	0.17	0.14	0.17	0.12	0.12
X (%)	0.79	1.58	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	19	38	19	19	19	19
μ	-2.27	-2.26	-2.28	-2.18	-2.31	-2.28
σ	0.12	0.14	0.11	0.13	0.11	0.07
β	1.33	1.68	1.33	1.33	1.33	1.33
R	6	6	5	7	5	3

Op deze locatie zijn 4513 reizigers- en 161 goederentreinen gemeten.

VIII.25.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 95.

Tabel 95 *Resultaten berekening plansituatie*

	32, stijf punt			33, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.17	0.19	0.17	0.19	0.15	0.16
X (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
#topX%	24	24	24	24	24	24
μ	-2.13	-1.96	-2.11	-2.06	-2.17	-2.10
σ	0.14	0.11	0.11	0.15	0.12	0.09
β	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
R	7	5	5	7	6	4

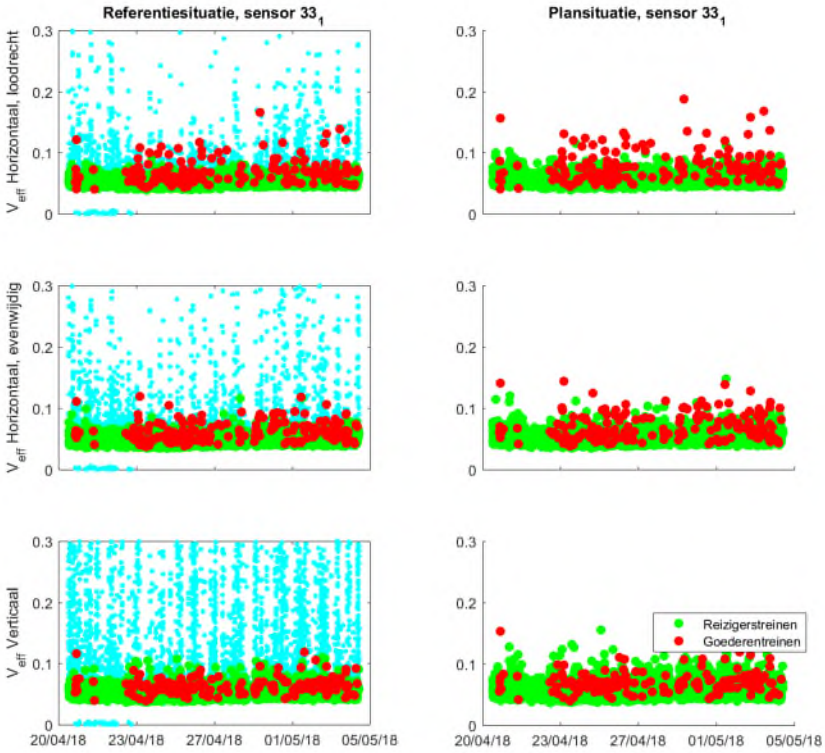
De Q-waarde bedraagt 1.23. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.25.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 236 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 236 *Resultaten sensor 33 van de VKV*

VIII.26 Veembroederhof 340

De meetlocatie Veembroederhof 340 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 237.

Figuur 237 *Gevel Veembroederhof 340*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 21, 9):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (21) op een stijf punt op de 7e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (9) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 7e verdieping op laminaat vloer.

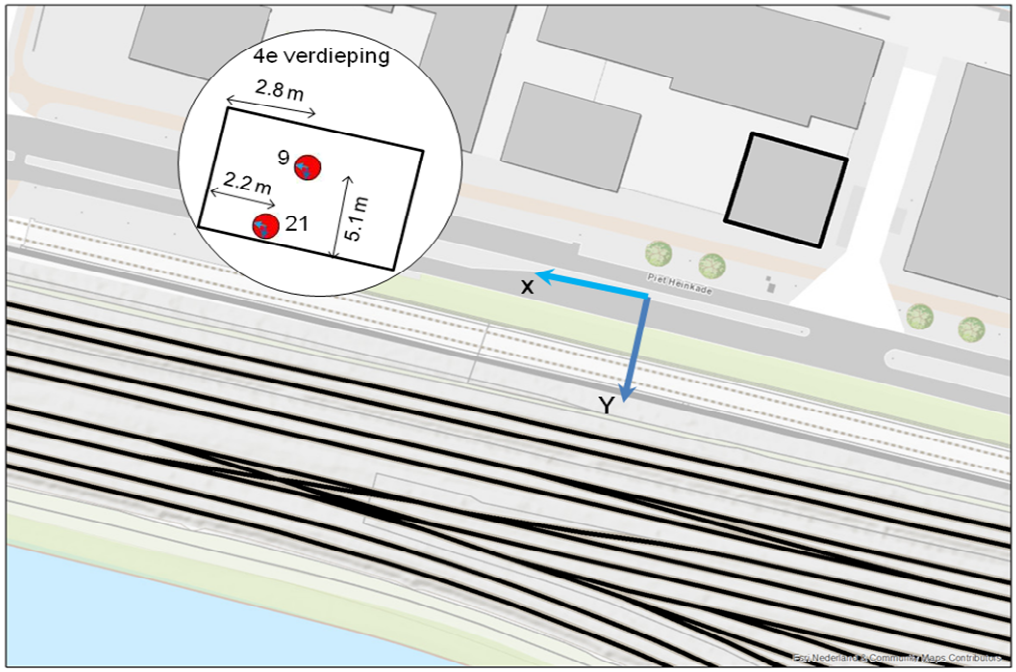
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 96.

Tabel 96 *Gegevens meting Veembroederhof 340*

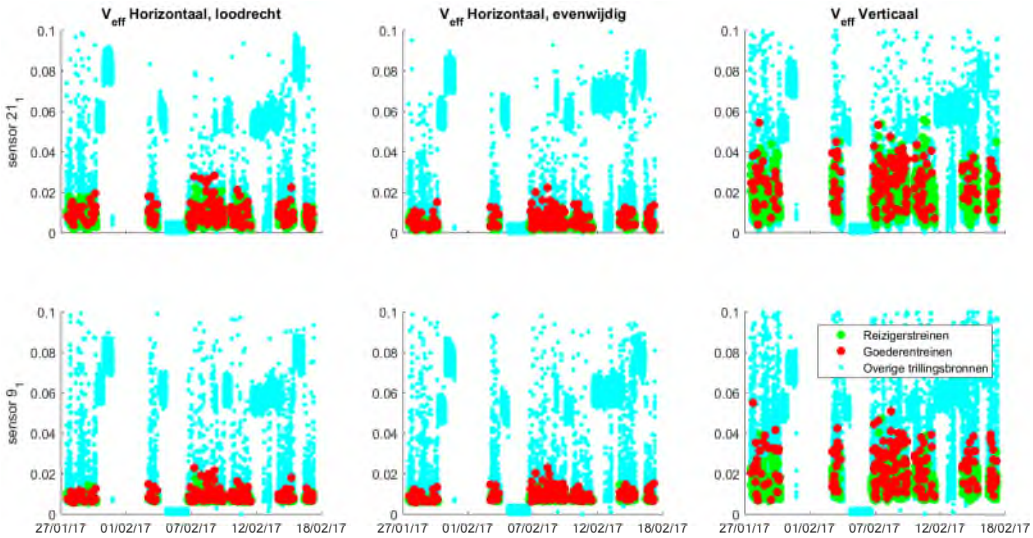
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Charlotte Paiman*
3	Tijdsperiode meting	*27 januari 2017 11:33 tot 17 februari 2017 08:59*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Elflaags gebouw, woning bevind zich op de zevende verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 237*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 237*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 239*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 238*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 238, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 239.



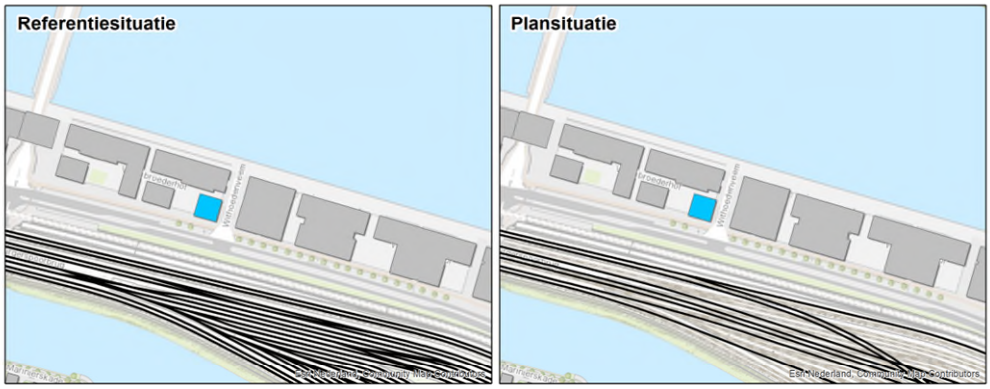
Figuur 238 *Opstelling sensoren bij Veembroederhof 340*



Figuur 239 *Meetresultaten Veembroederhof 340*

VIII.26.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 240.



Figuur 240 *Meetlocatie Veembroederhof 340 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.26.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 97. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 97 *Resultaten referentiesituatie Veembroederhof 340*

	21, stijf punt			9, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.03	0.02	0.06	0.02	0.02	0.05
X (%)	1.57	3.14	1.57	1.57	1.57	1.57
#topX%	26	52	26	26	26	26
μ	-3.88	-4.47	-3.09	-4.17	-4.21	-3.21
σ	0.15	0.21	0.10	0.17	0.15	0.11
β	1.33	1.69	1.33	1.33	1.33	1.33
R	6	8	4	7	6	5

Op deze locatie zijn 1463 reizigers- en 192 goederentreinen gemeten.

VIII.26.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 98.

Tabel 98 *Resultaten berekening plansituatie*

	21, stijf punt			9, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.03	0.10	0.18	0.03	0.11	0.16
X (%)	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35
#topX%	19	19	19	19	19	19
μ	-4.06	-3.28	-2.27	-4.31	-3.30	-2.31
σ	0.21	0.41	0.23	0.20	0.42	0.23
β	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
R	10	20	11	9	20	11

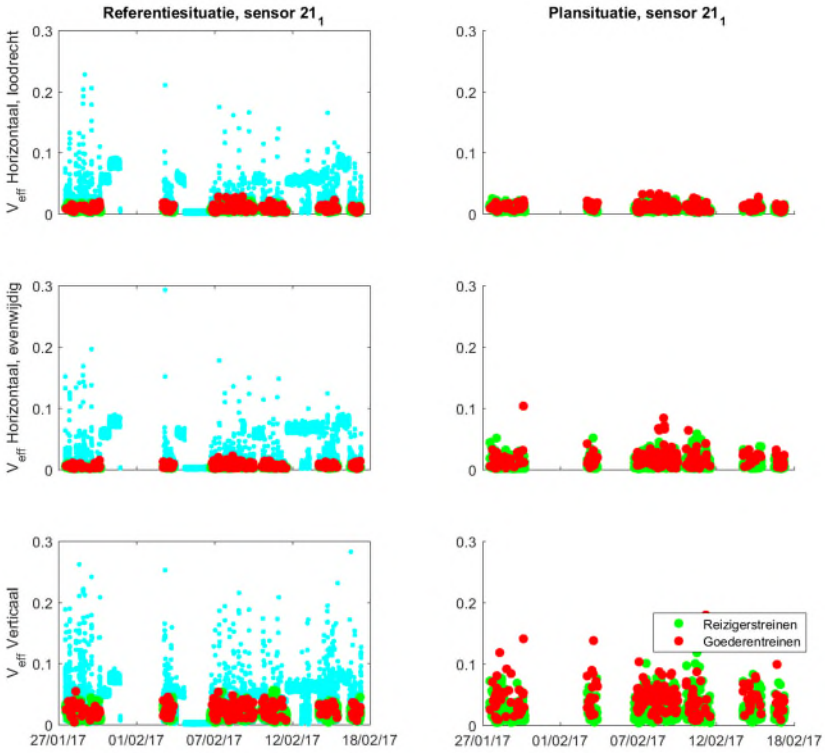
De Q-waarde bedraagt 2.59. De trillingssterkte neemt met meer dan 30% toe, maar blijft lager dan de A1-streefwaarde.

VIII.26.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie met meer dan 30% toe ten opzichte van de referentiesituatie, maar blijft kleiner dan de A1-streefwaarde. Onder die streefwaarde is een grotere toename dan 30% toegestaan. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 241 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen en gebruik van het gebouw (liften e.d.)



Figuur 241 *Resultaten sensor 21 van de VKV*

VIII.27 Veembroederhof 82

De meetlocatie Veembroederhof 82 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 242.

Figuur 242 *Gevel Veembroederhof 82*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 17, 16):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (17) op een stijf punt op de 9e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (16) in het midden van het vloerveld op de 9e verdieping.

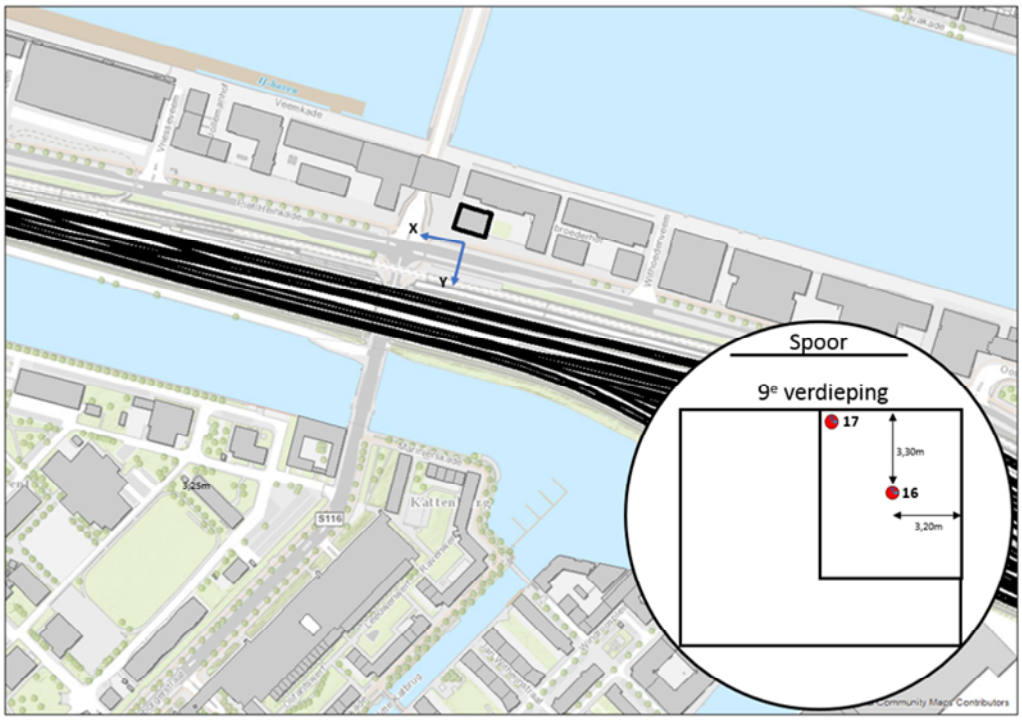
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 99.

Tabel 99 *Gegevens meting Veembroederhof 82*

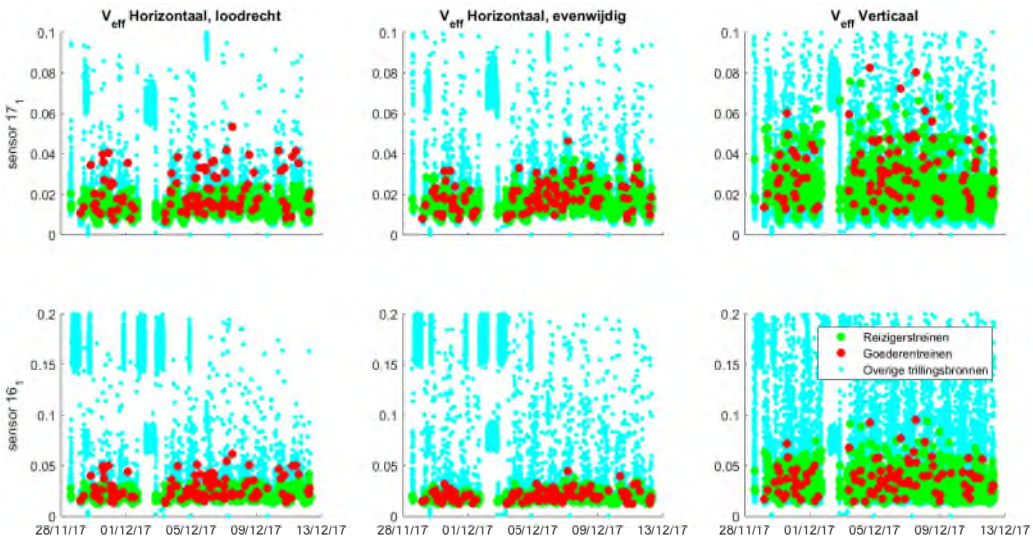
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*28 november 2017 12:23 tot 12 december 2017 09:31*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Elflaags gebouw, woning bevind zich op de negende verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 242*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 242*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 244*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 243*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 243, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 244.



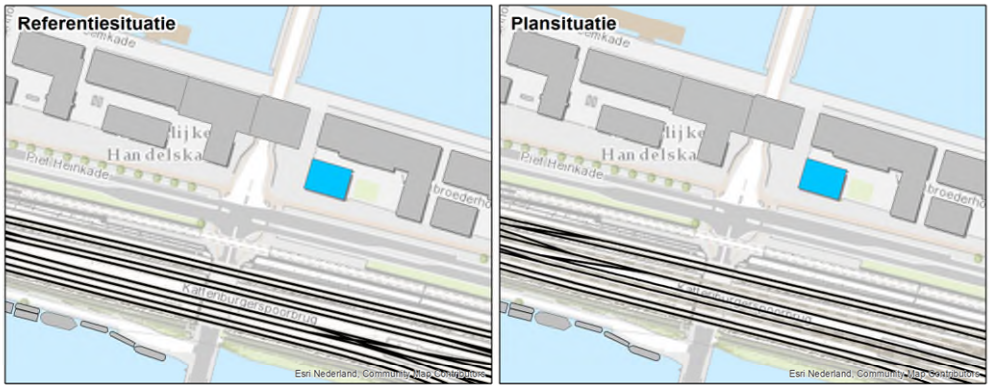
Figuur 243 *Opstelling sensoren bij Veembroederhof 82*



Figuur 244 *Meetresultaten Veembroederhof 82*

VIII.27.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 245.



Figuur 245 *Meetlocatie Veembroederhof 82 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.27.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 100. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 100 *Resultaten referentiesituatie Veembroederhof 82*

	17, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.05	0.05	0.08	0.06	0.04	0.09
X (%)	52.00	52.00	52.00	52.00	52.00	52.00
#topX%	13	13	13	13	13	13
μ	-3.95	-3.85	-2.66	-3.64	-3.85	-2.52
σ	0.26	0.22	0.10	0.23	0.17	0.11
β	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
R	15	12	5	13	9	6

Op deze locatie zijn 1597 reizigers- en 105 goederentreinen gemeten.

VIII.27.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 101.

Tabel 101 *Resultaten berekening plansituatie*

	17, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.06	0.07	0.15	0.07	0.07	0.17
X (%)	25.34	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01
#topX%	37	19	19	19	19	19
μ	-3.43	-2.98	-2.20	-2.98	-3.22	-2.05
σ	0.30	0.14	0.12	0.17	0.16	0.13
β	1.66	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
R	13	7	6	9	8	6

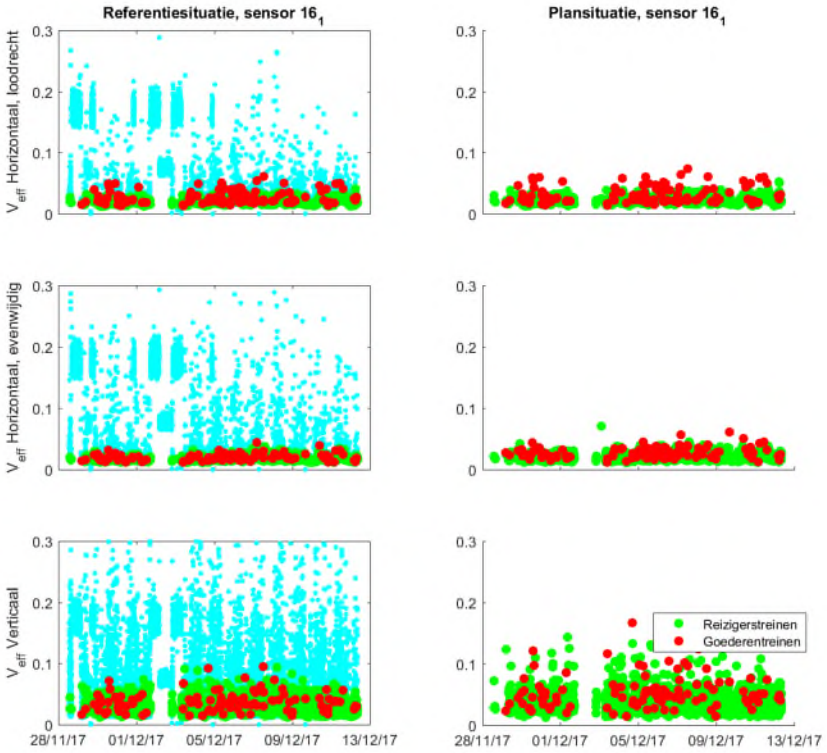
De Q-waarde bedraagt 1.66. De trillingssterkte neemt met meer dan 30% toe, maar blijft lager dan de A1-streefwaarde.

VIII.27.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie met meer dan 30% toe ten opzichte van de referentiesituatie, maar blijft kleiner dan de A1-streefwaarde. Onder die streefwaarde is een grotere toename dan 30% toegestaan. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 246 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen en gebruik van het gebouw (liften e.d.)



Figuur 246 *Resultaten sensor 16 van de VKV*

VIII.28 Piet Heinkade 157

De meetlocatie Piet Heinkade 157 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 247.

Figuur 247 *Gevel Piet Heinkade 157*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 13, 16):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (16) op een stijf punt op de 4e verdieping op betegelde vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (13) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op betegelde vloer.

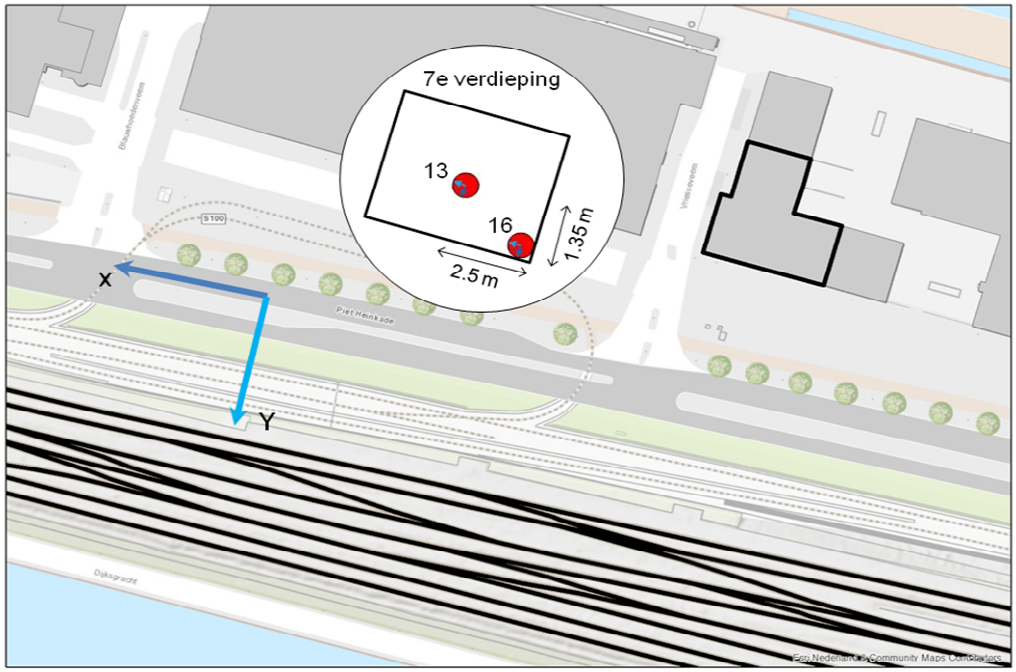
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 102.

Tabel 102 *Gegevens meting Piet Heinkade 157*

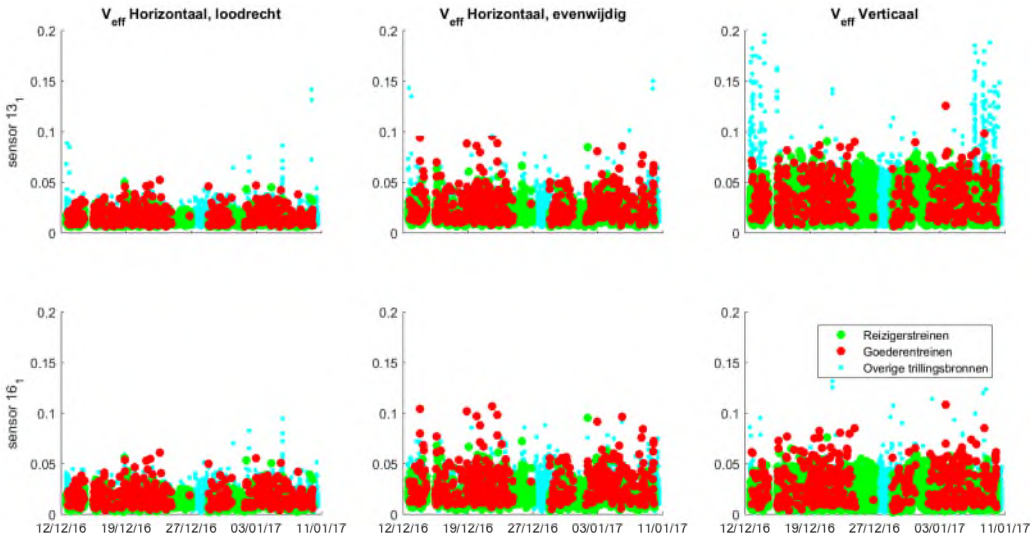
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*12 december 2016 14:30 tot 10 januari 2017 15:05*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zevenlaags gebouw, woning bevind zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 247*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 247*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 249*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 248*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 248, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 249.



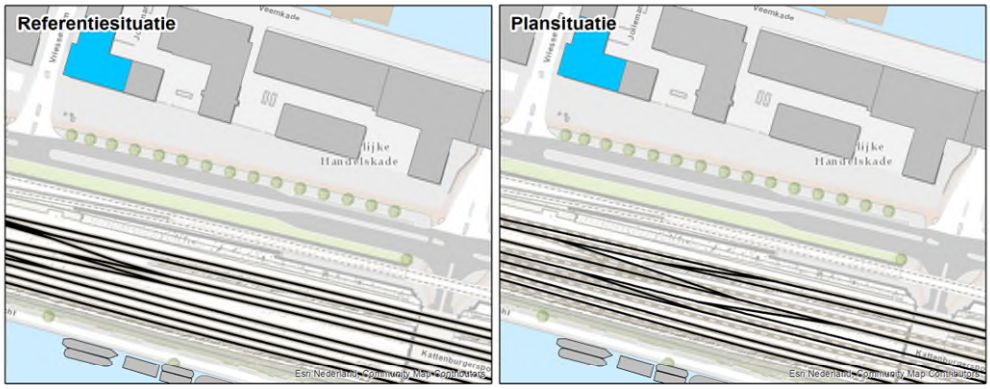
Figuur 248 *Opstelling sensoren bij Piet Heinkade 157*



Figuur 249 *Meetresultaten Piet Heinkade 157*

VIII.28.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 250.



Figuur 250 *Meetlocatie Piet Heinkade 157 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.28.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 103. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 103 *Resultaten referentiesituatie Piet Heinkade 157*

	13, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.05	0.10	0.13	0.06	0.11	0.11
X (%)	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33
#topX%	31	31	31	31	31	31
μ	-3.43	-2.68	-2.51	-3.32	-2.58	-2.66
σ	0.23	0.17	0.11	0.26	0.18	0.13
β	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
R	9	6	4	10	6	5

Op deze locatie zijn 10781 reizigers- en 488 goederentreinen gemeten.

VIII.28.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 104.

Tabel 104 *Resultaten berekening plansituatie*

	13, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.08	0.15	0.15	0.09	0.17	0.13
X (%)	3.17	25.00	3.17	3.17	25.00	3.17
#topX%	40	315	40	40	315	40
μ	-3.00	-3.08	-2.25	-2.88	-3.00	-2.38
σ	0.18	0.41	0.10	0.20	0.42	0.11
β	1.31	2.25	1.31	1.31	2.25	1.31
R	6	8	3	7	8	3

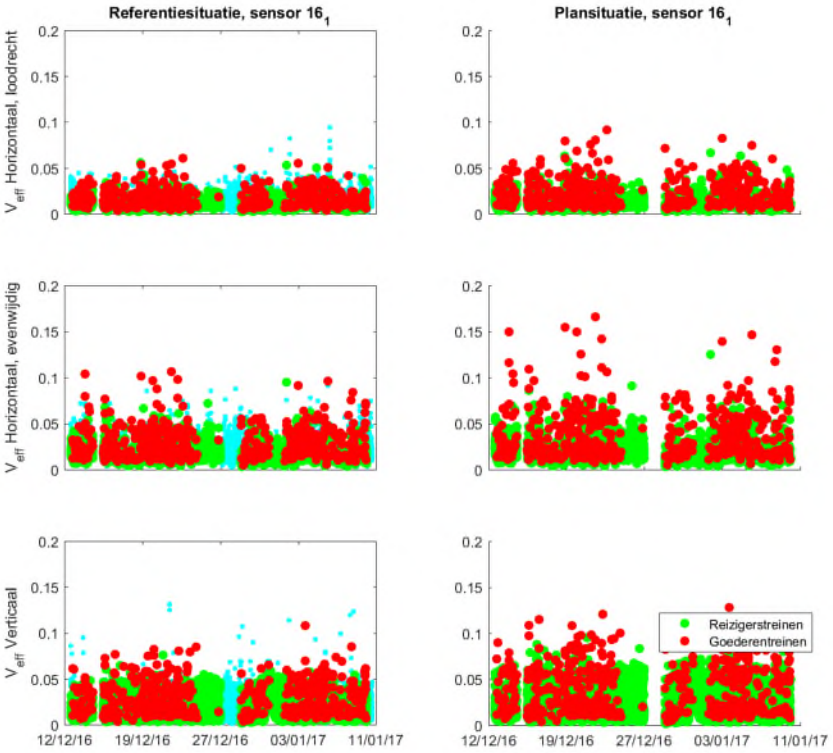
De Q-waarde bedraagt 1.37. De trillingssterkte neemt met meer dan 30% toe, maar blijft lager dan de A1-streefwaarde.

VIII.28.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie met meer dan 30% toe ten opzichte van de referentiesituatie, maar blijft kleiner dan de A1-streefwaarde. Onder die streefwaarde is een grotere toename dan 30% toegestaan. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 251 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen en gebruik van het gebouw (liften e.d.)



Figuur 251 *Resultaten sensor 16 van de VKV*

VIII.29 Piet Heinkade 133-135

De meetlocatie Piet Heinkade 133-135 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 252.

Figuur 252 *Gevel Piet Heinkade 133-135*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 26, 39):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (26) op een stijf punt op de 4e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (39) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 8e verdieping op betonnen vloer.

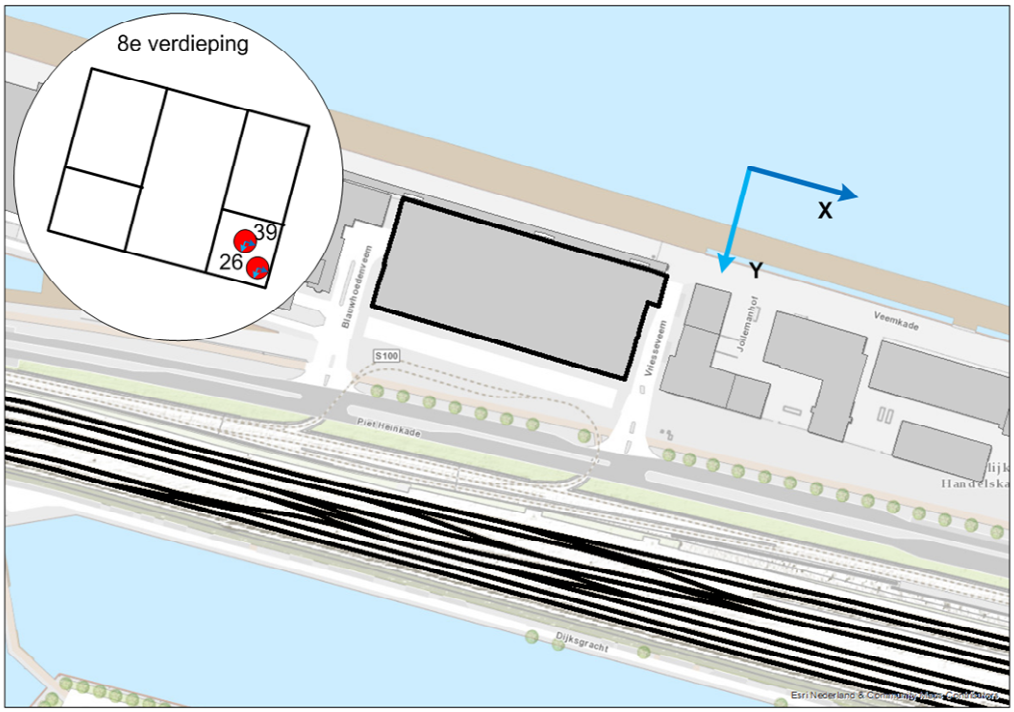
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 105.

Tabel 105 *Gegevens meting Piet Heinkade 133-135*

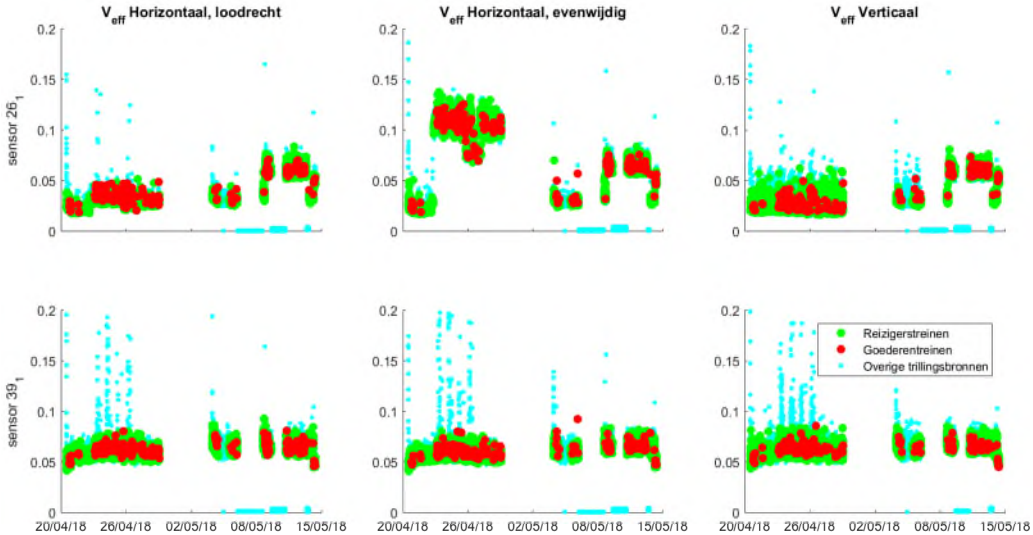
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*20 april 2018 12:35 tot 14 mei 2018 11:08*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Negenlaags gebouw, meetlocatie bevindt zich op de achtste verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 252*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 252*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 254*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 253*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 253, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 254. De trillingen van de treinen vallen in dit gebouw weg in de achtergrondruis. Dit achtergrondniveau varieert wel, zo is vooral in horizontale richting, evenwijdig aan het spoor, te zien. De trillingen zijn echter ruim lager dan de streefwaarden.



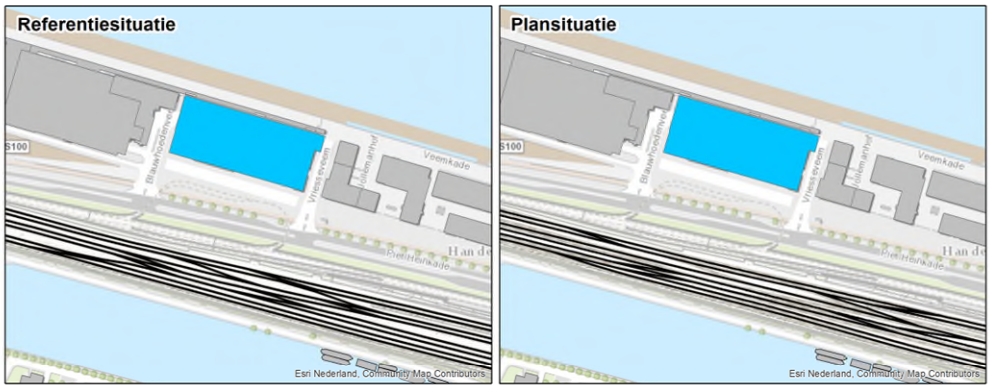
Figuur 253 *Opstelling sensoren bij Piet Heinkade 133-135*



Figuur 254 *Meetresultaten Piet Heinkade 133-135*

VIII.29.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 255.



Figuur 255 *Meetlocatie Piet Heinkade 133-135 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.29.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 106. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 106 *Resultaten referentiesituatie Piet Heinkade 133-135*

	26, stijf punt			39, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.08	0.14	0.08	0.09	0.09	0.09
X (%)	50.00	50.00	50.00	0.39	0.79	0.39
#topX%	2665	2665	2665	21	42	21
μ	-3.11	-2.27	-3.15	-2.49	-2.55	-2.49
σ	0.29	0.10	0.33	0.04	0.04	0.01
β	3.09	3.09	3.09	1.17	1.55	1.17
R	2	0	2	1	1	0

Op deze locatie zijn 5453 reizigers- en 185 goederentreinen gemeten.

VIII.29.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 107.

Tabel 107 *Resultaten berekening plansituatie*

	26, stijf punt			39, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.02	0.01
Vper, avond	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.11	0.18	0.14	0.12	0.21	0.18
X (%)	50.00	50.00	50.00	0.79	0.79	0.79
#topX%	2229	2229	2229	35	35	35
μ	-2.96	-2.32	-2.89	-2.32	-2.04	-2.07
σ	0.31	0.13	0.31	0.07	0.14	0.10
β	3.04	3.04	3.04	1.46	1.46	1.46
R	2	1	2	2	5	4

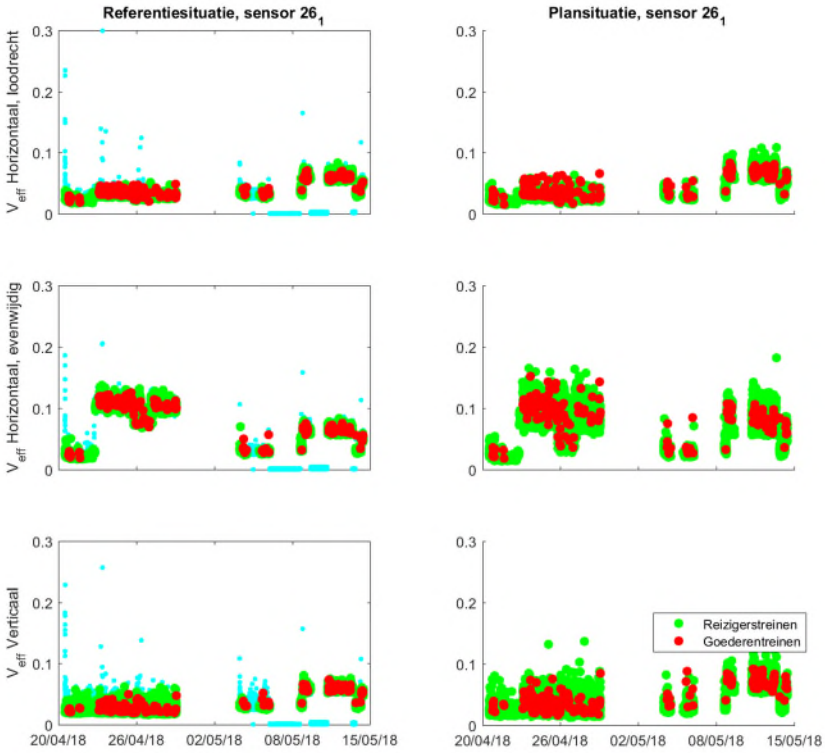
De Q-waarde bedraagt 1.12. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.29.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 256 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen en gebruik van het gebouw (liften e.d.)



Figuur 256 *Resultaten sensor 26 van de VKV*

VIII.30 Dijksgracht 6

De meetlocatie Dijksgracht 6 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 257.

Figuur 257 *Gevel Dijksgracht 6*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 24, 25):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (24) op een stijf punt op de 1e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (25) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 1e verdieping.

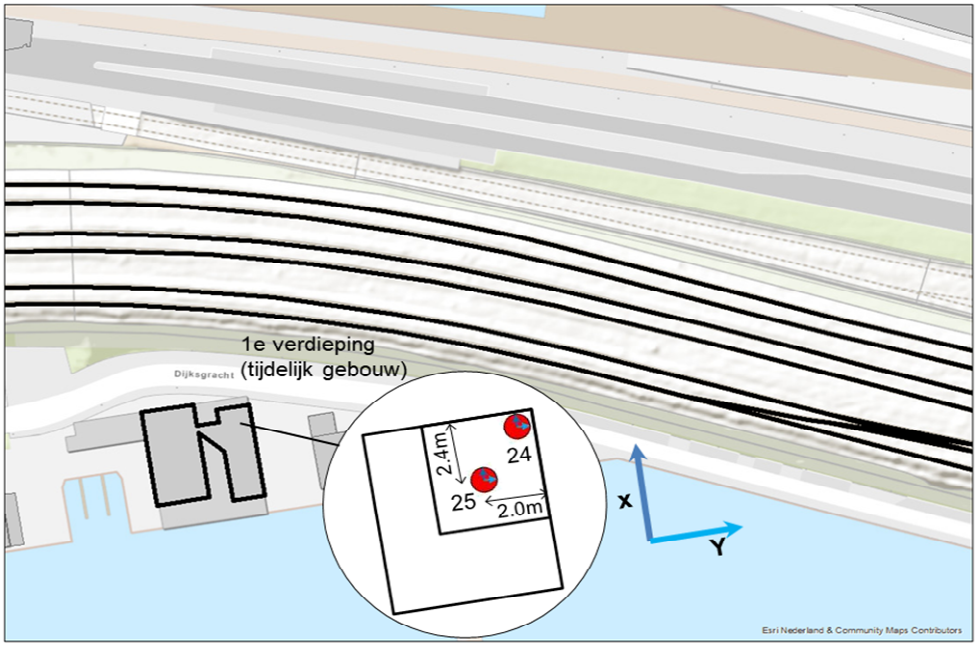
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 108.

Tabel 108 *Gegevens meting Dijksgracht 6*

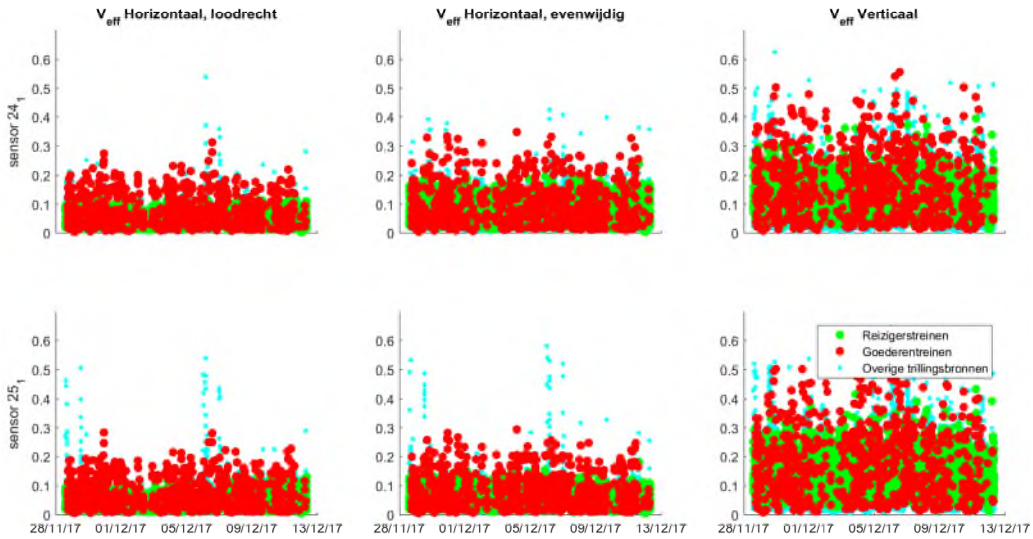
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*28 november 2017 13:10 tot 12 december 2017 09:31*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 257*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 257*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 259*

11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 258*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 258, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 259.



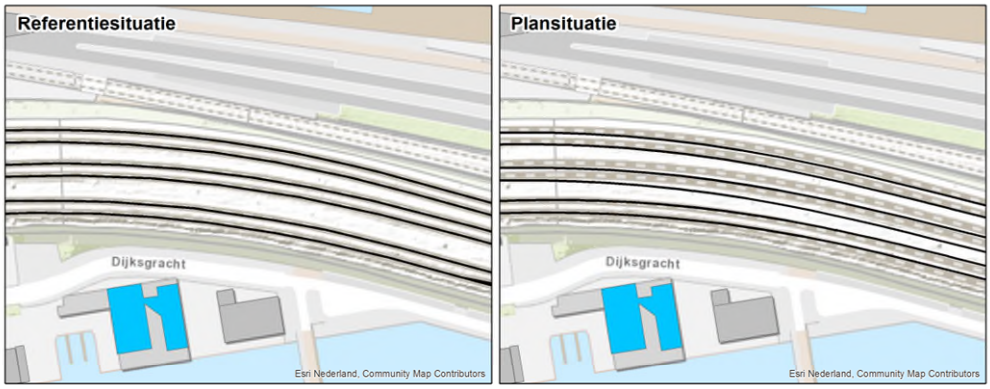
Figuur 258 *Opstelling sensoren bij Dijksgracht 6*



Figuur 259 *Meetresultaten Dijksgracht 6*

VIII.30.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 260.



Figuur 260 *Meetlocatie Dijksgracht 6 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.30.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 109. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 109 *Resultaten referentiesituatie Dijksgracht 6*

	24, stijf punt			25, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.03	0.08	0.01	0.02	0.09
Vper, avond	0.01	0.03	0.06	0.01	0.02	0.07
Vper, nacht	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.04
Vmax	0.31	0.35	0.55	0.28	0.29	0.55
X (%)	6.26	50.01	0.40	0.40	50.01	50.01
#topX%	296	2364	19	19	2364	2364
μ	-2.03	-2.32	-0.77	-1.52	-2.59	-1.66
σ	0.25	0.34	0.08	0.13	0.36	0.27
β	2.50	3.16	1.33	1.33	3.16	3.16
R	5	3	4	6	3	2

Op deze locatie zijn 4515 reizigers- en 748 goederentreinen gemeten.

VIII.30.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 110.

Tabel 110 *Resultaten berekening plansituatie*

	24, stijf punt			25, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.03	0.06	0.12	0.03	0.04	0.13
Vper, avond	0.03	0.05	0.10	0.03	0.04	0.11
Vper, nacht	0.02	0.03	0.05	0.01	0.02	0.06
Vmax	0.41	0.46	0.73	0.38	0.39	0.71
X (%)	50.01	50.01	50.01	50.01	50.01	50.01
#topX%	2517	2517	2517	2517	2517	2517
μ	-2.47	-2.09	-1.51	-2.50	-2.35	-1.41
σ	0.36	0.36	0.29	0.38	0.38	0.28
β	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
R	3	3	2	3	3	2

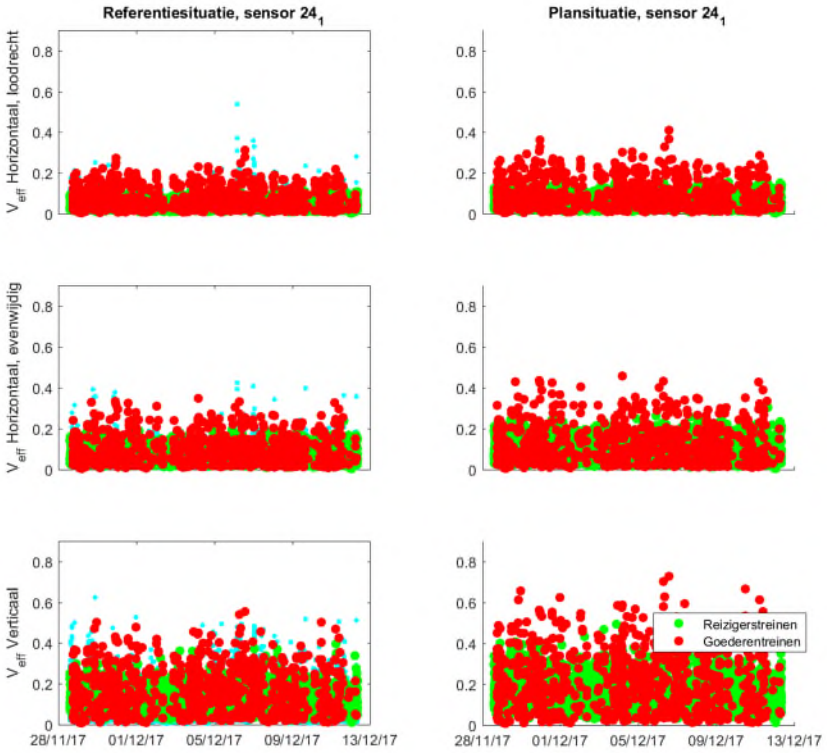
De Q-waarde bedraagt 1.15. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.30.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 261 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 261 *Resultaten sensor 24 van de VKV*

VIII.31 Dijksgracht 5

De meetlocatie Dijksgracht 5 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 262.

Figuur 262 *Gevel Dijksgracht 5*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst, sensor 14 gedurende de gehele meetperiode, sensor 33 is gebruikt uit een eerdere meting om de overdracht tussen de meetpunten 14 en 33 vast te stellen:

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (14) op een stijf punt op de begane grond.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (33) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping.

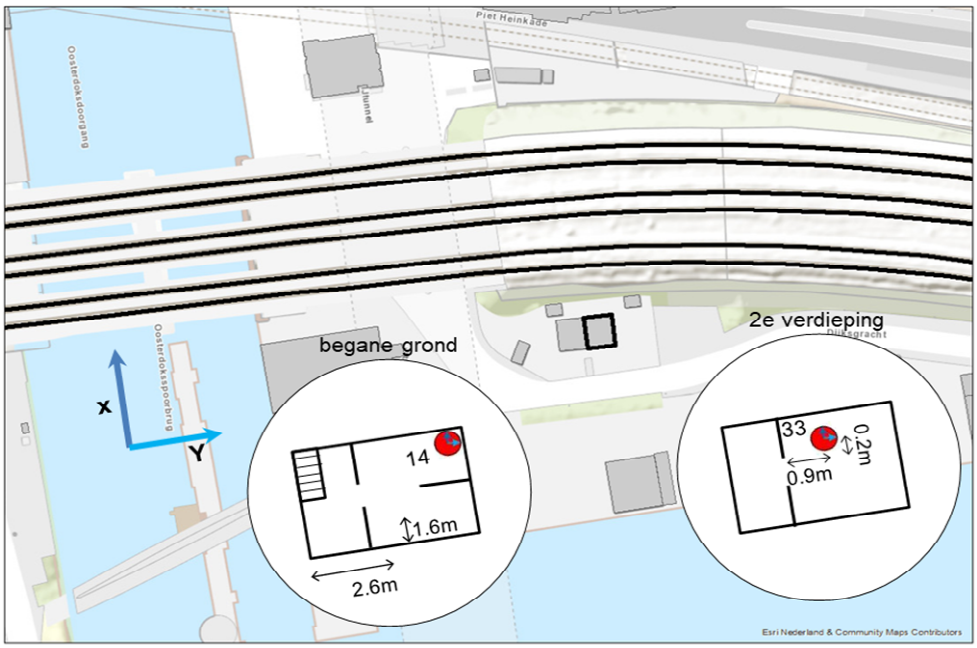
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 111.

Tabel 111 *Gegevens meting Dijksgracht 5*

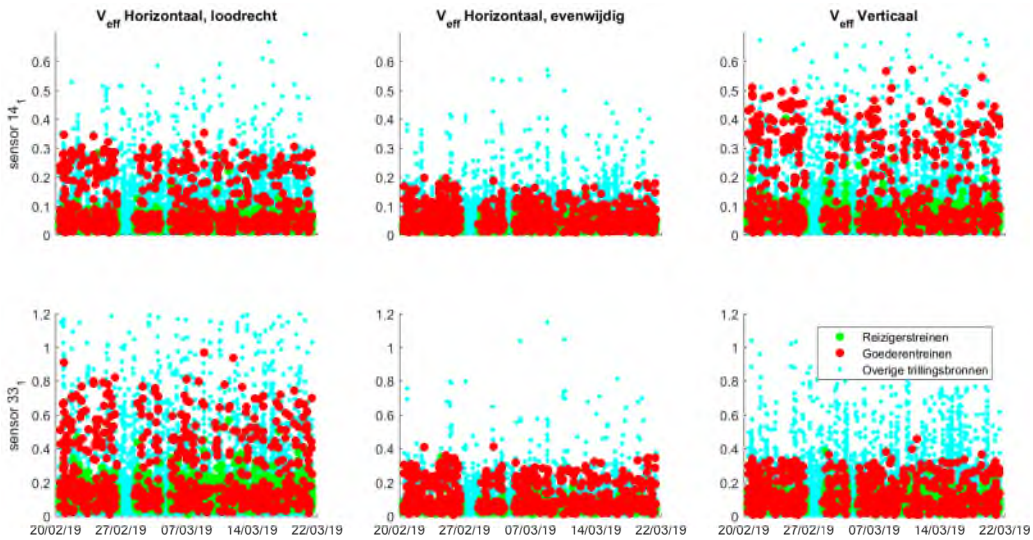
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Freriksz*
3	Tijdsperiode meting	*20 februari 2019 09:42 tot 21 maart 2019 10:13*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 262*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 262*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 264*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 263*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 263, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 264.



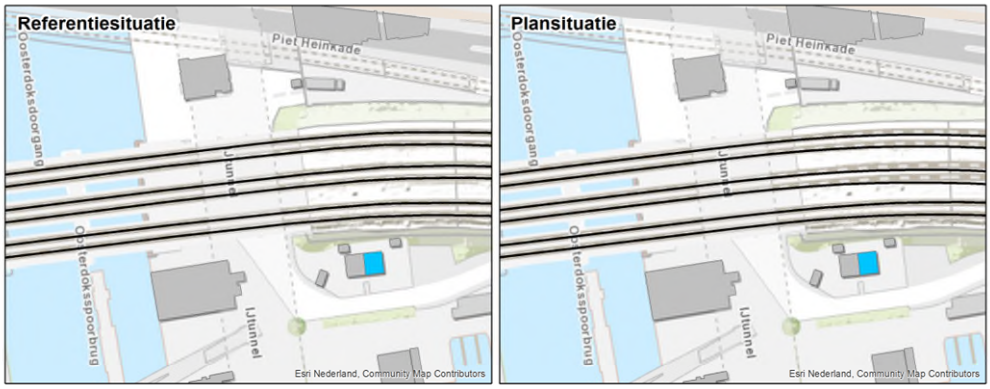
Figuur 263 *Opstelling sensoren bij Dijksgracht 5*



Figuur 264 *Meetresultaten Dijksgracht 5*

VIII.31.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 265.



Figuur 265 *Meetlocatie Dijksgracht 5 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.31.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 112. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 112 *Resultaten referentiesituatie Dijksgracht 5*

	14, stijf punt			33, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.02	0.01	0.03	0.06	0.02	0.02
Vper, avond	0.02	0.01	0.03	0.06	0.02	0.03
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
Vmax	0.35	0.20	0.57	0.97	0.41	0.46
X (%)	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26
#topX%	612	612	612	612	612	612
μ	-2.24	-2.65	-1.88	-1.26	-2.13	-1.80
σ	0.56	0.38	0.62	0.48	0.51	0.34
β	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
R	8	5	9	7	7	5

Op deze locatie zijn 9853 reizigers- en 615 goederentreinen gemeten.

VIII.31.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 113.

Tabel 113 *Resultaten berekening plansituatie*

	14, stijf punt			33, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.03	0.01	0.05	0.10	0.03	0.04
Vper, avond	0.03	0.01	0.05	0.10	0.03	0.05
Vper, nacht	0.02	0.01	0.03	0.06	0.02	0.03
Vmax	0.46	0.26	0.75	1.26	0.54	0.59
X (%)	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
#topX%	646	646	646	646	646	646
μ	-2.03	-2.45	-1.67	-1.04	-1.91	-1.58
σ	0.58	0.41	0.63	0.49	0.52	0.36
β	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
R	8	6	9	7	7	5

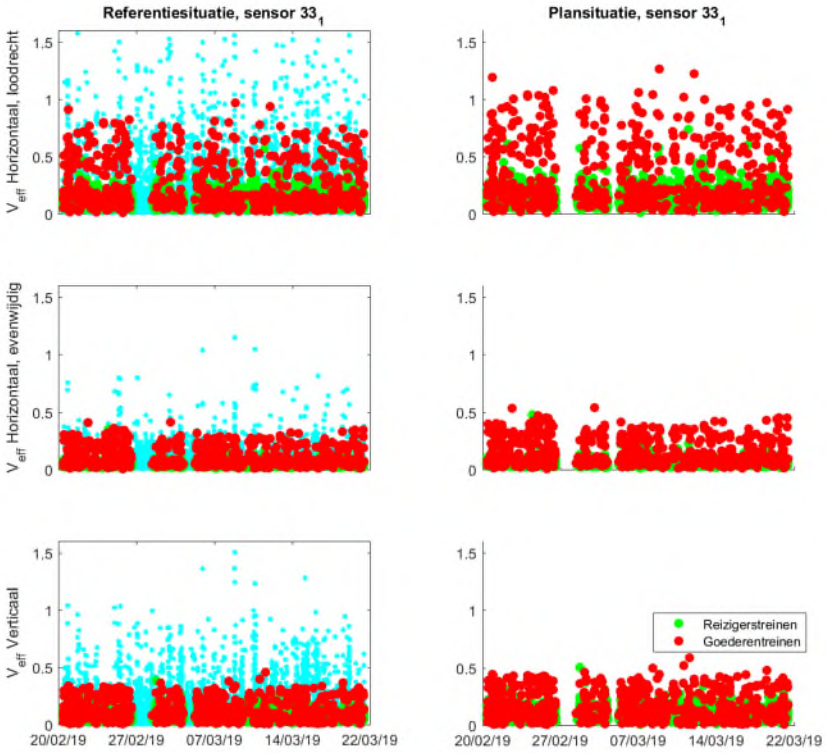
De Q-waarde bedraagt 1.30. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.31.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 266 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 266 *Resultaten sensor 33 van de VKV*

VIII.32 De Ruijterkade 149

De meetlocatie De Ruijterkade 149 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 267.

Figuur 267 *Gevel De Ruijterkade 149*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 37):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (23) op een stijf punt op de 3e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (37) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op houten vloer.

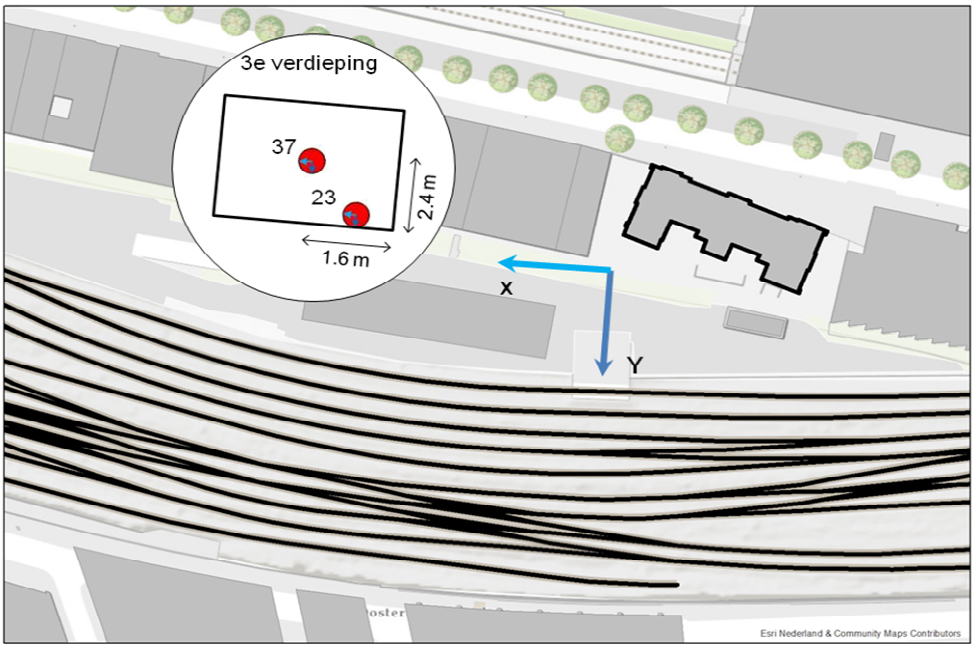
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 114.

Tabel 114 *Gegevens meting De Ruijterkade 149*

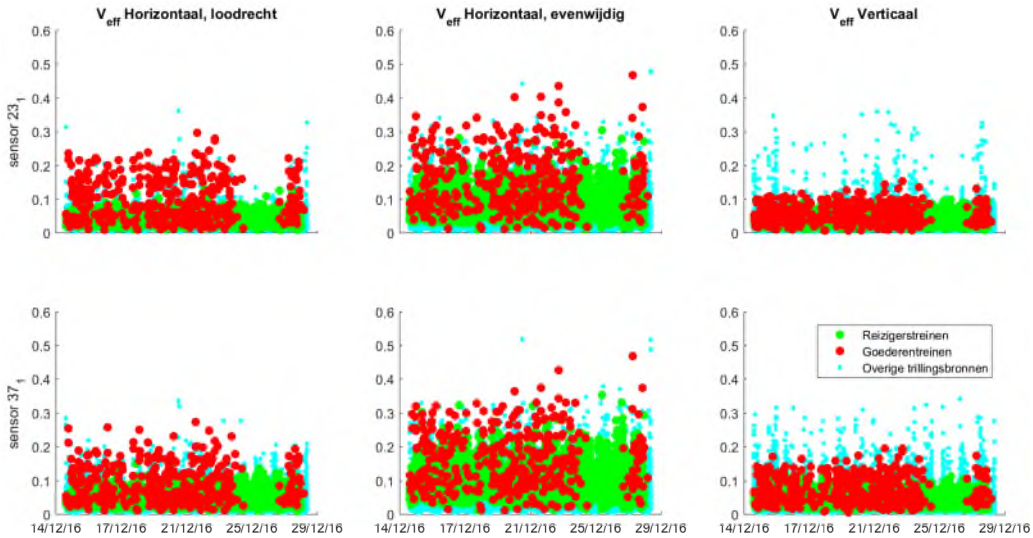
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*14 december 2016 13:59 tot 28 december 2016 10:08*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, woning bevind zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 267*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 267*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 269*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 268*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 268, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 269.



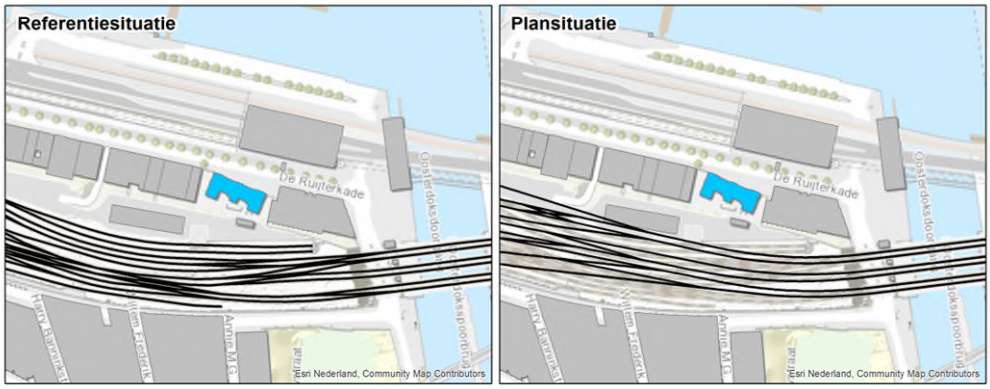
Figuur 268 *Opstelling sensoren bij De Ruijterkade 149*



Figuur 269 *Meetresultaten De Ruijterkade 149*

VIII.32.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 270.



Figuur 270 *Meetlocatie De Ruijterkade 149 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.32.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 115. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 115 *Resultaten referentiesituatie De Ruijterkade 149*

	23, stijf punt			37, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.05	<0.01	0.01	0.05	0.01
Vper, avond	0.01	0.05	<0.01	0.01	0.05	0.01
Vper, nacht	0.01	0.03	<0.01	0.01	0.03	0.01
Vmax	0.30	0.47	0.15	0.27	0.47	0.19
X (%)	6.26	0.40	50.01	0.40	50.01	0.40
#topX%	248	16	1980	16	1980	16
μ	-2.07	-1.02	-3.10	-1.50	-1.99	-1.81
σ	0.36	0.12	0.35	0.11	0.31	0.10
β	2.43	1.21	3.10	1.21	3.10	1.21
R	8	6	3	6	3	5

Op deze locatie zijn 4131 reizigers- en 363 goederentreinen gemeten.

VIII.32.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 116.

Tabel 116 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, stijf punt			37, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.07	0.01	0.02	0.08	0.02
Vper, avond	0.02	0.06	0.01	0.02	0.07	0.02
Vper, nacht	0.01	0.04	0.01	0.01	0.04	0.01
Vmax	0.33	0.52	0.17	0.28	0.52	0.21
X (%)	6.27	50.00	25.01	0.40	50.00	0.40
#topX%	265	2113	1057	17	2113	17
μ	-2.01	-1.98	-2.69	-1.47	-1.86	-1.73
σ	0.34	0.32	0.26	0.12	0.31	0.11
β	2.45	3.12	2.91	1.25	3.12	1.25
R	7	3	3	6	3	6

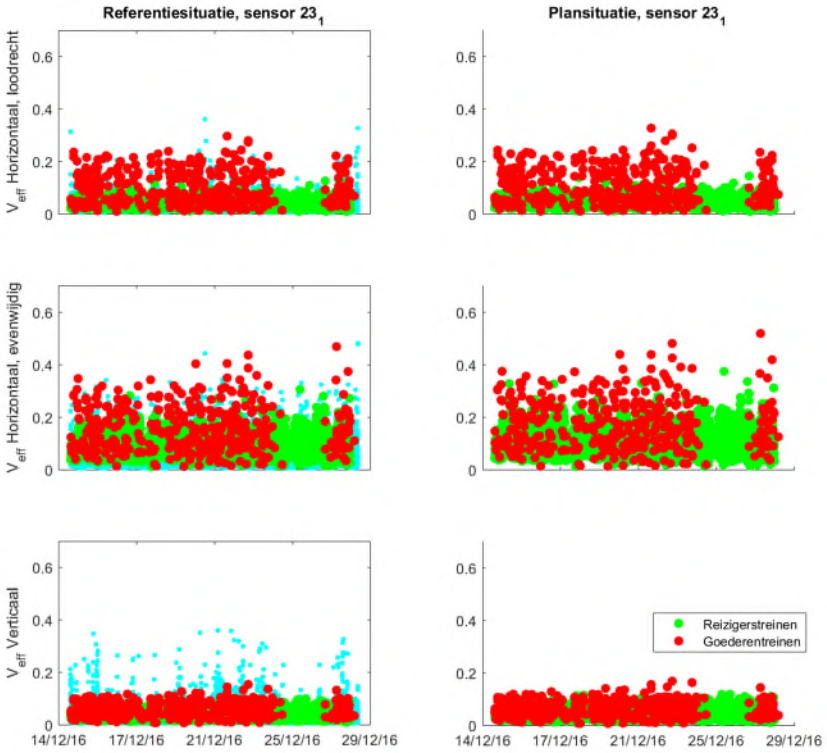
De Q-waarde bedraagt 1.00. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.32.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 271 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 271 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.33 Harry Banninkstraat 122

De meetlocatie Harry Banninkstraat 122 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 272.

Figuur 272 *Gevel Harry Banninkstraat 122*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 16, 29):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (16) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 20e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) op een stijf punt op de 20e verdieping op betonnen vloer.

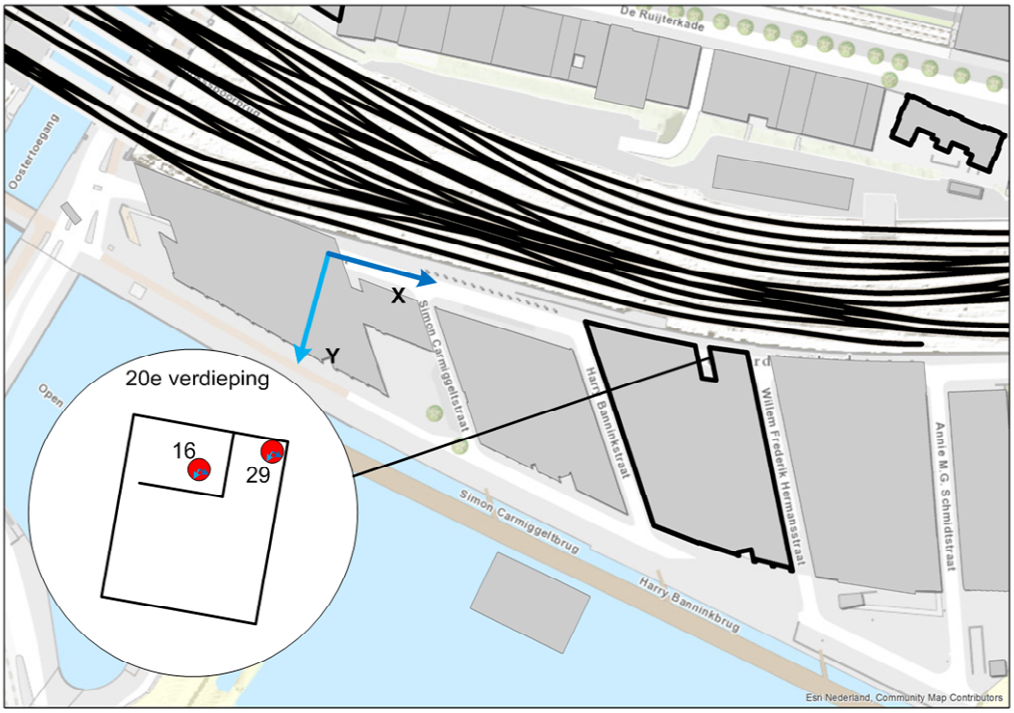
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 117.

Tabel 117 *Gegevens meting Harry Banninkstraat 122*

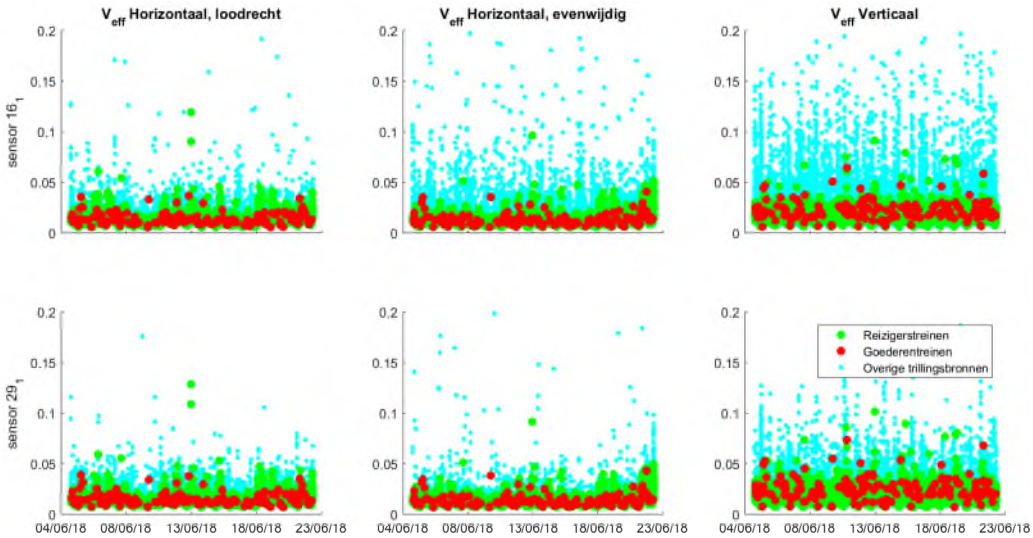
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*David de Vlieg*
3	Tijdsperiode meting	*04 juni 2018 17:04 tot 22 juni 2018 09:32*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Eenentwintiglaags gebouw, woning bevindt zich op de twintigste verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 272*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 272*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 274*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 273*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 273, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 274.



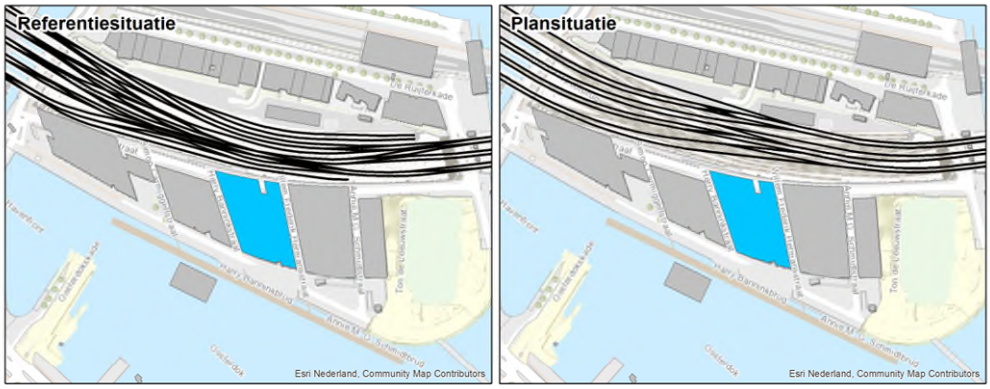
Figuur 273 *Opstelling sensoren bij Harry Banninkstraat 122*



Figuur 274 *Meetresultaten Harry Banninkstraat 122*

VIII.33.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 275.



Figuur 275 *Meetlocatie Harry Banninkstraat 122 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.33.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 118. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 118 *Resultaten referentiesituatie Harry Banninkstraat 122*

	16, midden vloer			29, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.12	0.10	0.09	0.13	0.09	0.10
X (%)	53.85	53.85	53.85	53.85	53.85	53.85
#topX%	7	7	7	7	7	7
μ	-3.25	-3.54	-2.59	-3.19	-3.53	-2.49
σ	0.82	0.60	0.10	0.83	0.58	0.11
β	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
R	46	34	5	47	33	6

Op deze locatie zijn 6678 reizigers- en 164 goederentreinen gemeten.

VIII.33.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 119.

Tabel 119 *Resultaten berekening plansituatie*

	16, midden vloer			29, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.10	0.08	0.07	0.13	0.07	0.08
X (%)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
#topX%	5	5	5	5	5	5
μ	-3.28	-3.54	-2.66	-3.18	-3.57	-2.55
σ	0.91	0.69	0.05	0.95	0.66	0.06
β	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
R	57	43	3	60	41	3

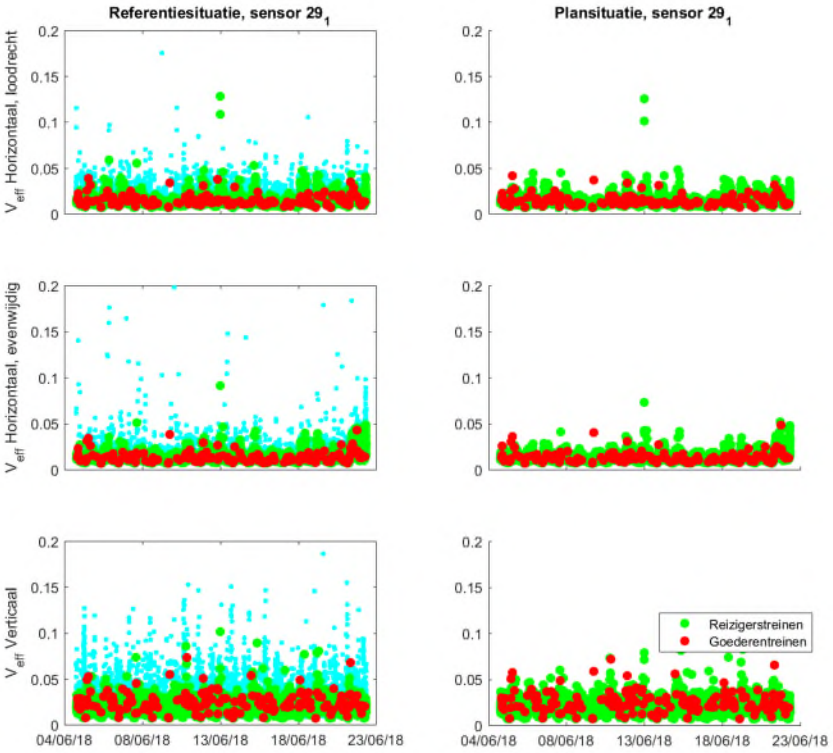
De Q-waarde bedraagt 0.90. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.33.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 276 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 276 *Resultaten sensor 29 van de VKV*

VIII.34 De Ruijterkade 105

De meetlocatie De Ruijterkade 105 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 277.

Figuur 277 *Gevel De Ruijterkade 105*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 25, 28):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (25) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (28) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaat vloer.

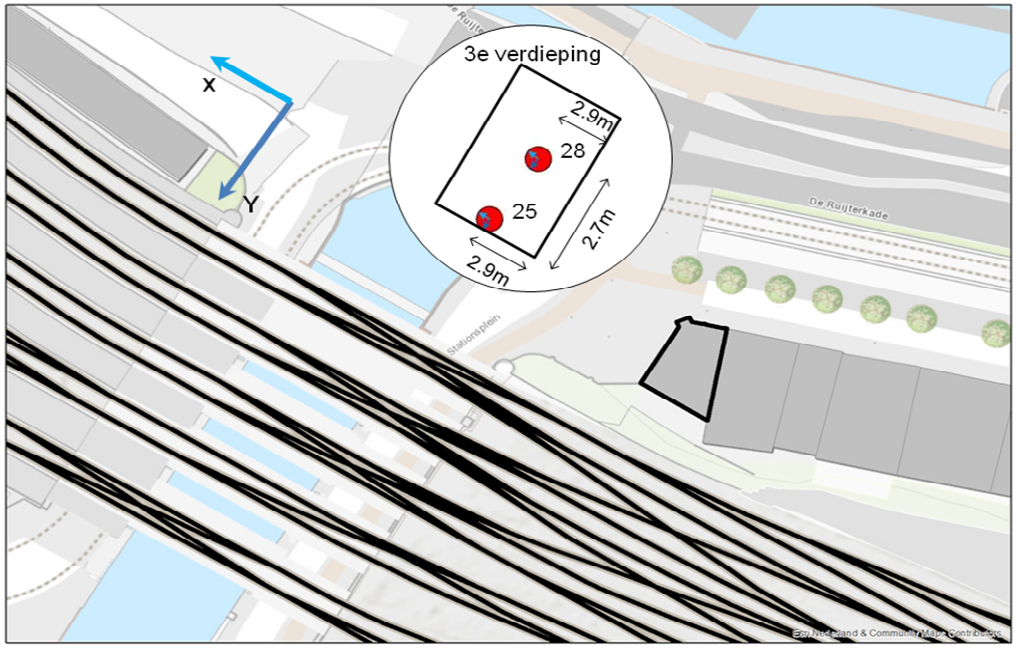
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 120.

Tabel 120 *Gegevens meting De Ruijterkade 105*

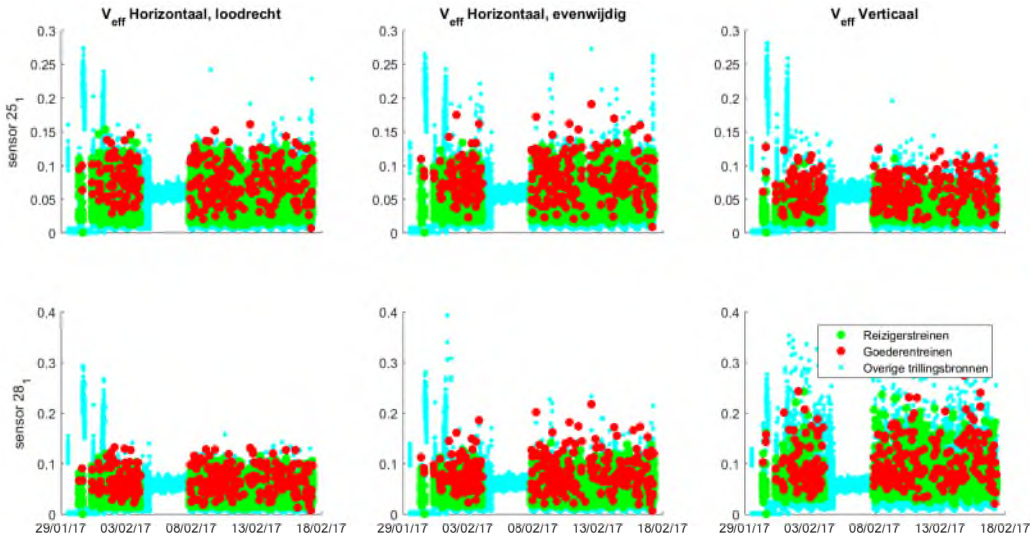
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Charlotte Paiman*
3	Tijdsperiode meting	*29 januari 2017 12:53 tot 17 februari 2017 08:59*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 277*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 277*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 279*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 278*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 278, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 279.



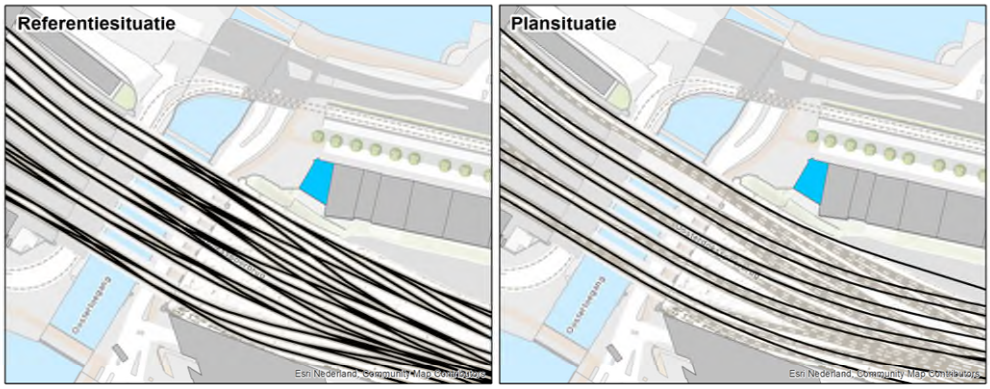
Figuur 278 *Opstelling sensoren bij De Ruijterkade 105*



Figuur 279 *Meetresultaten De Ruijterkade 105*

VIII.34.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 280.



Figuur 280 *Meetlocatie De Ruijterkade 105 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.34.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 121. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 121 *Resultaten referentiesituatie De Ruijterkade 105*

	25, stijf punt			28, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, avond	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02
Vmax	0.16	0.19	0.13	0.13	0.22	0.27
X (%)	50.01	50.01	0.81	0.81	0.81	0.81
#topX%	1734	1734	28	28	28	28
μ	-2.50	-2.52	-2.24	-2.14	-1.88	-1.55
σ	0.18	0.20	0.08	0.07	0.13	0.09
β	2.97	2.97	1.34	1.34	1.34	1.34
R	1	2	3	3	5	4

Op deze locatie zijn 4783 reizigers- en 293 goederentreinen gemeten.

VIII.34.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 122.

Tabel 122 *Resultaten berekening plansituatie*

	25, stijf punt			28, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03
Vper, avond	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.03
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02
Vmax	0.19	0.16	0.17	0.16	0.17	0.26
X (%)	50.00	50.00	0.79	50.00	50.00	0.79
#topX%	1708	1708	27	1708	1708	27
μ	-2.50	-2.51	-2.08	-2.67	-2.57	-1.46
σ	0.19	0.21	0.11	0.19	0.21	0.07
β	2.96	2.96	1.32	2.96	2.96	1.32
R	2	2	4	2	2	3

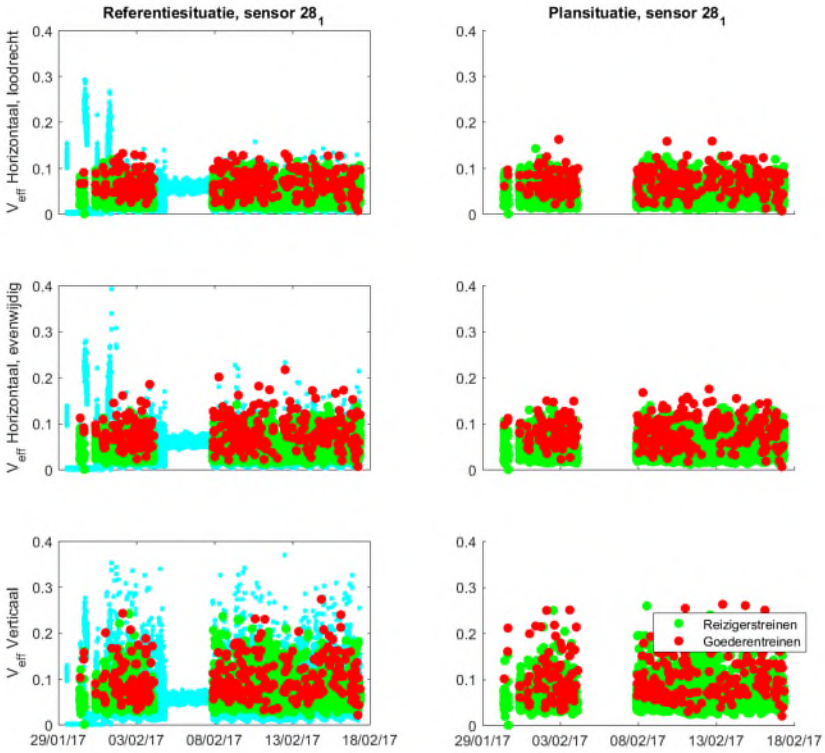
De Q-waarde bedraagt 1.06. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.34.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 281 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 281 *Resultaten sensor 28 van de VKV*

VIII.35 Stationsplein 49

De meetlocatie Stationsplein 49 heeft de functie Hotel, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 282.

Figuur 282 *Gevel Stationsplein 49*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 5 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 29, 30, 38, 37):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (29) op een stijf punt op de 4e verdieping op een tapijtvloer, in het hotelgedeelte boven de sporen.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (23) in het midden van de vloer op de 4e verdieping, in het hotelgedeelte boven de sporen.
- 3. Een driedimensionale trillingssensor (38) in het midden van de vloer op de 7e verdieping, in het hotelgedeelte aan de stadszijde, in een schoonmaakkast.
- 4. Een driedimensionale trillingssensor (37) in het midden van de vloer op de 7e verdieping, in het hotelgedeelte aan de stadszijde, in een schoonmaakkast.
- 5. Een driedimensionale trillingssensor (30) in het midden van de vloer op de 9e verdieping, in het hotelgedeelte boven de sporen, in een schoonmaakkast.

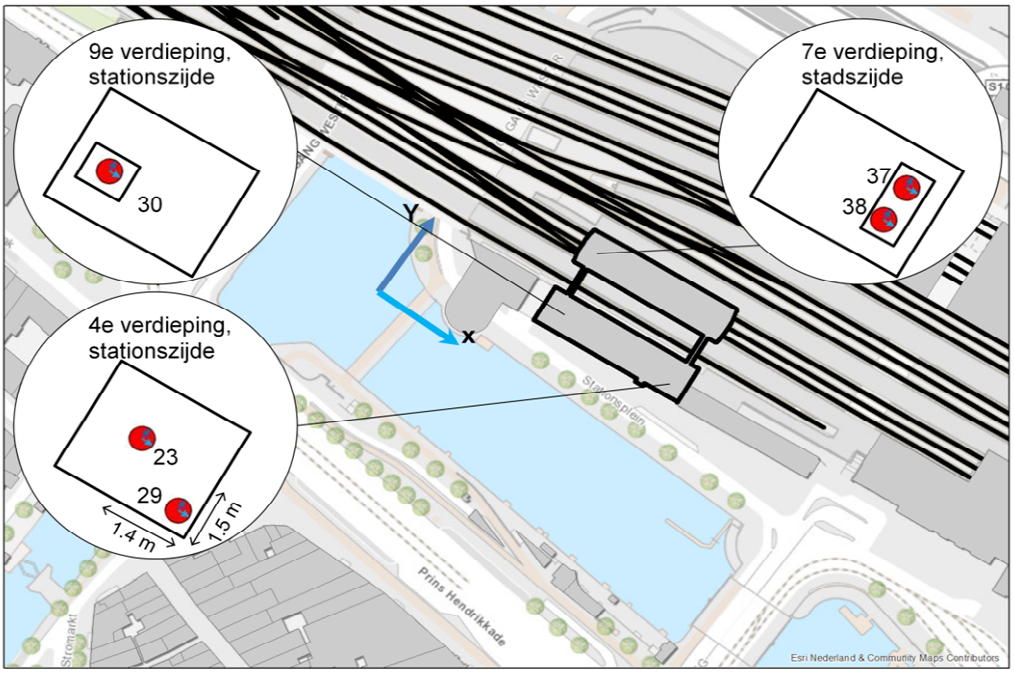
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 123.

Tabel 123 *Gegevens meting Stationsplein 49*

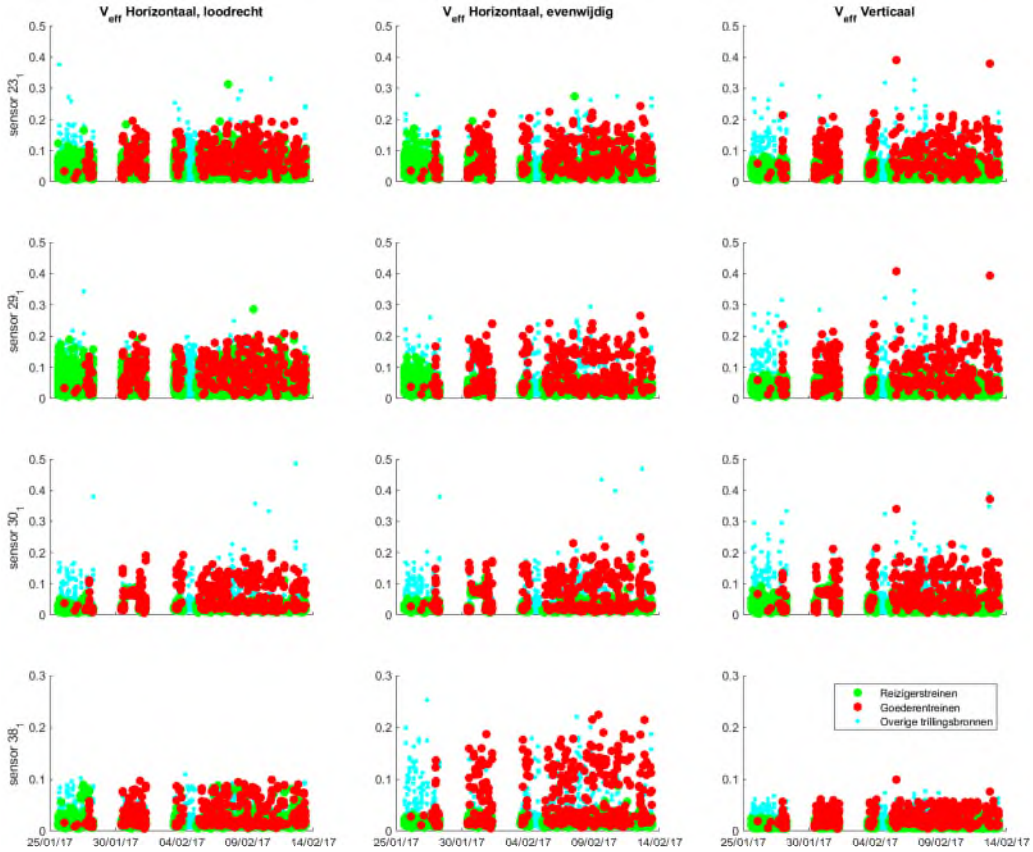
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Pieter Bouwma*
3	Tijdsperiode meting	*25 januari 2017 15:12 tot 13 februari 2017 10:19*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Negenlaags gebouw, meetlocaties bevinden zich op 4e, 7e*

		en 9e verdieping.
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 282*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 282*
9	Gebruikte meetopnemers	*5 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 5 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 284*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 283*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 283, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 284.



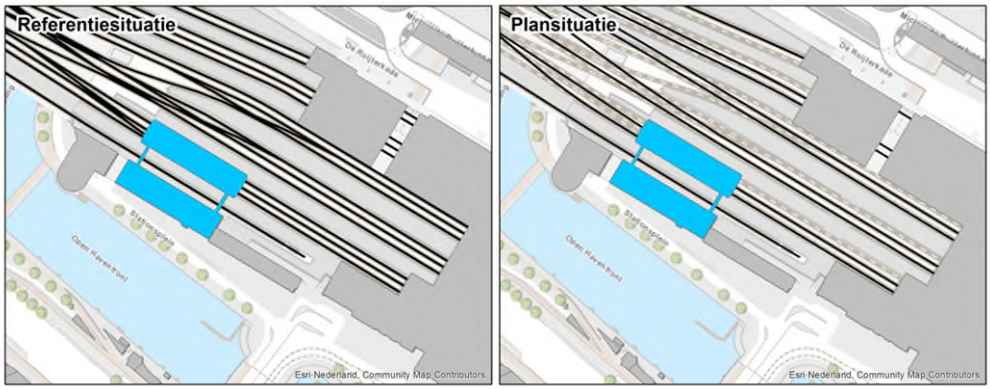
Figuur 283 *Opstelling sensoren bij Stationsplein 49*



Figuur 284 *Meetresultaten Stationsplein 49*

VIII.35.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 285.



Figuur 285 *Meetlocatie Stationsplein 49 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.35.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 124. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 124 *Resultaten referentiesituatie Stationsplein 49*

	23, midden 4e verd.			29, stijf punt 4e verd.			30, midden 7e verd.			38, midden 7e verd.			37, midden 9e verd.		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.31	0.27	0.39	0.29	0.27	0.41	0.20	0.25	0.37	0.10	0.22	0.10	0.14	0.23	0.09
X (%)	50.00	12.77	12.77	50.00	12.77	12.77	12.77	12.77	12.77	50.00	12.77	12.77	50.00	12.77	12.77
#topX%	94	24	24	94	24	24	24	24	24	94	24	24	94	24	24
μ	-1.98	-1.65	-1.60	-1.91	-1.57	-1.53	-1.82	-1.72	-1.64	-2.58	-1.74	-2.84	-2.60	-1.73	-2.83
σ	0.17	0.11	0.22	0.16	0.10	0.20	0.11	0.12	0.20	0.12	0.11	0.13	0.13	0.11	0.12
β	2.06	1.44	1.44	2.06	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	2.06	1.44	1.44	2.06	1.44	1.44
R	5	5	10	5	5	10	5	6	10	4	5	6	4	5	6

Op deze locatie zijn 5429 reizigers- en 359 goederentreinen gemeten.

VIII.35.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 125.

Tabel 125 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, midden 4e verd.			29, stijf punt 4e verd.			30, midden 7e verd.			38, midden 7e verd.			37, midden 9e verd.		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.35	0.30	0.35	0.31	0.21	0.36	0.16	0.19	0.33	0.10	0.17	0.09	0.16	0.18	0.08
X (%)	12.73	12.73	12.73	50.30	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73
#topX%	21	21	21	83	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
μ	-1.98	-1.85	-1.74	-2.10	-1.78	-1.68	-2.03	-1.95	-1.80	-2.54	-1.99	-3.02	-2.50	-1.98	-3.02
σ	0.08	0.11	0.23	0.15	0.11	0.23	0.10	0.12	0.24	0.11	0.10	0.17	0.14	0.10	0.15
β	1.36	1.36	1.36	2.01	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
R	4	5	12	5	5	11	5	6	12	5	5	8	7	5	7

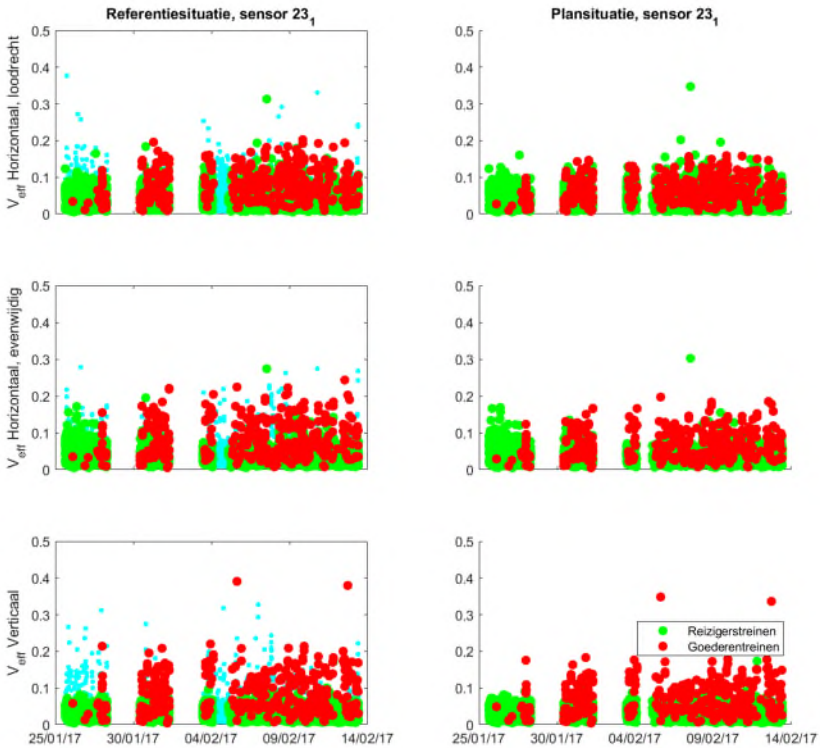
De Q-waarde bedraagt 1.01. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.35.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie hoger dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 286 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 286 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.36 Haarlemmer Houttuinen 1F

De meetlocatie Haarlemmer Houttuinen 1F heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 287.

Figuur 287 *Gevel Haarlemmer Houttuinen 1F*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 31, 20):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (31) op een stijf punt op de 5e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (20) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 5e verdieping op laminaat vloer.

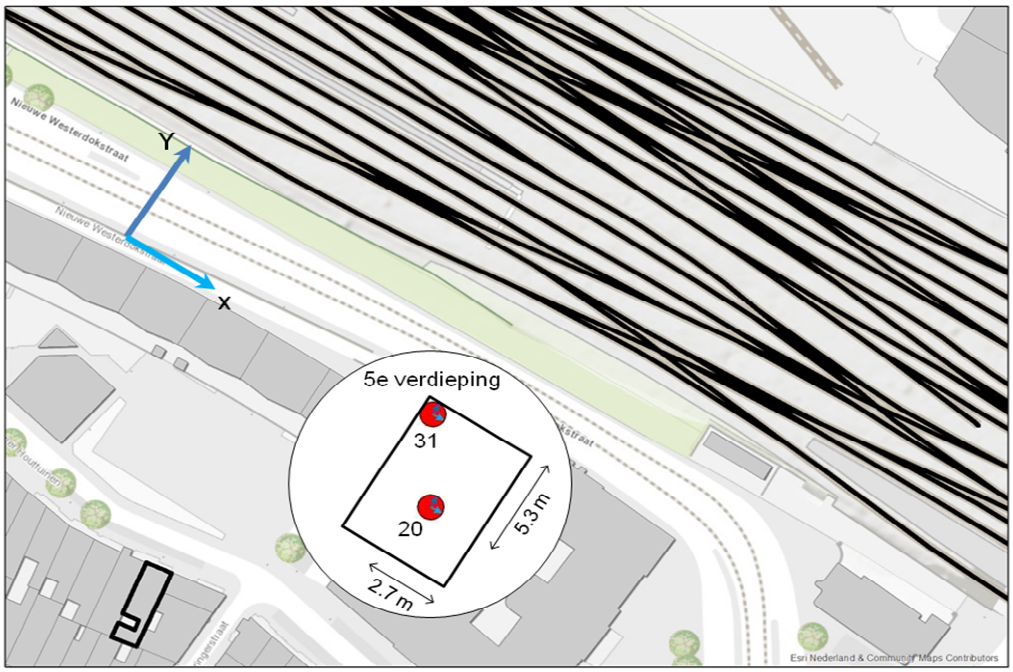
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 126.

Tabel 126 *Gegevens meting Haarlemmer Houttuinen 1F*

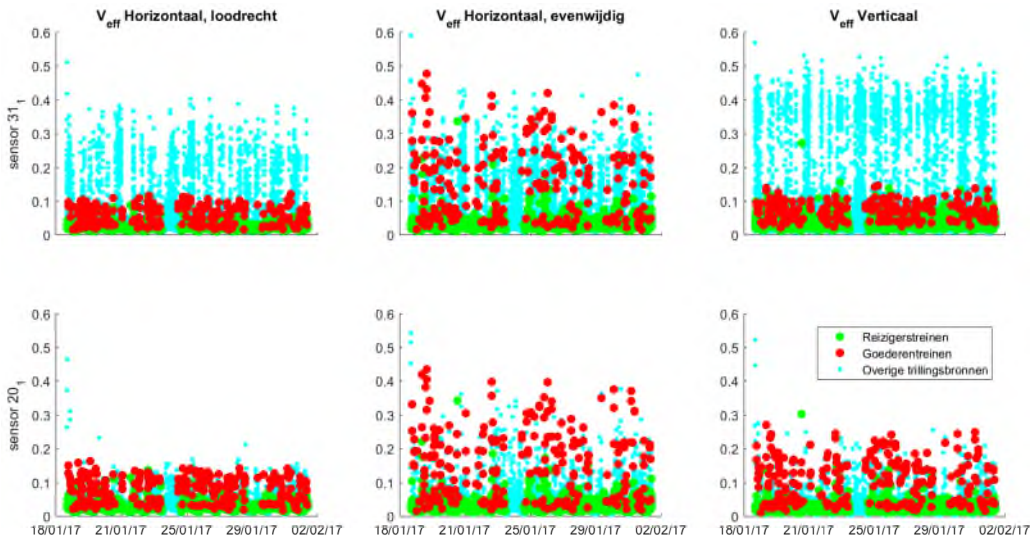
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*18 januari 2017 15:14 tot 01 februari 2017 11:03*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Zevenlaags gebouw, woning bevindt zich op de vijfde laag.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 287*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 287*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 289*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 288*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 288, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 289.



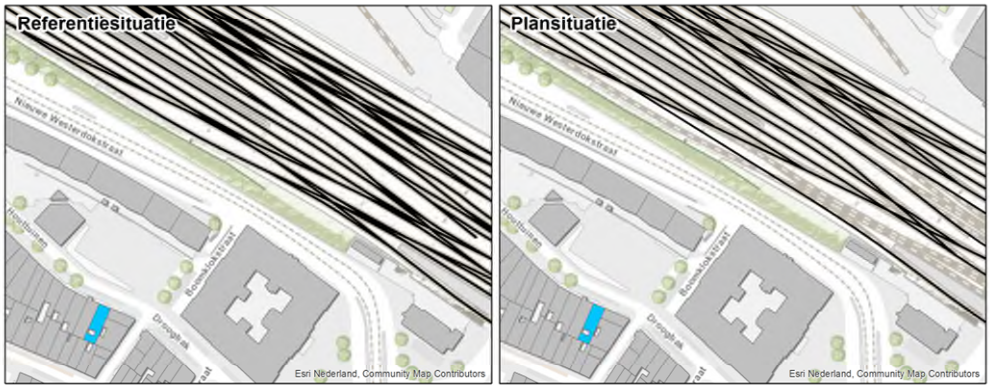
Figuur 288 *Opstelling sensoren bij Haarlemmer Houttuinen 1F*



Figuur 289 *Meetresultaten Haarlemmer Houttuinen 1F*

VIII.36.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 290.



Figuur 290 *Meetlocatie Haarlemmer Houttuinen 1F in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.36.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 127. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 127 *Resultaten referentiesituatie Haarlemmer Houttuinen 1F*

	31, stijf punt			20, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02
Vper, avond	<0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01
Vmax	0.12	0.48	0.27	0.16	0.43	0.30
X (%)	50.18	50.18	12.63	50.18	50.18	50.18
#topX%	143	143	36	143	143	143
μ	-2.54	-1.49	-2.09	-2.25	-1.55	-1.92
σ	0.18	0.32	0.17	0.17	0.32	0.27
β	2.23	2.23	1.64	2.23	2.23	2.23
R	5	9	7	4	9	7

Op deze locatie zijn 4449 reizigers- en 233 goederentreinen gemeten.

VIII.36.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 128.

Tabel 128 *Resultaten berekening plansituatie*

	31, stijf punt			20, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02
Vper, avond	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.01
Vper, nacht	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.01
Vmax	0.11	0.41	0.26	0.14	0.37	0.28
X (%)	6.59	50.00	25.19	50.00	50.00	6.59
#topX%	17	129	65	129	129	17
μ	-2.37	-1.58	-2.29	-2.34	-1.64	-1.59
σ	0.07	0.28	0.17	0.15	0.29	0.10
β	1.24	2.19	1.91	2.19	2.19	1.24
R	3	8	6	4	8	5

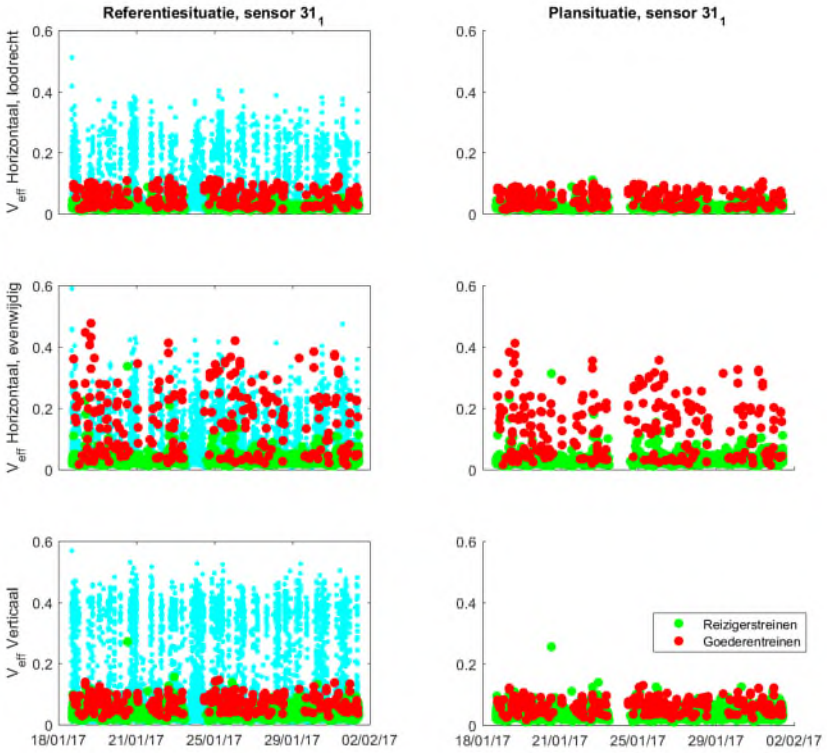
De Q-waarde bedraagt 0.83. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.36.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 291 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 291 *Resultaten sensor 31 van de VKV*

VIII.37 Nieuwe Westerdokstraat 56

De meetlocatie Nieuwe Westerdokstraat 56 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 292.

Figuur 292 *Gevel Nieuwe Westerdokstraat 56*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 10, 35):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (35) op een stijf punt op de 4e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (10) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 4e verdieping op houten vloer.

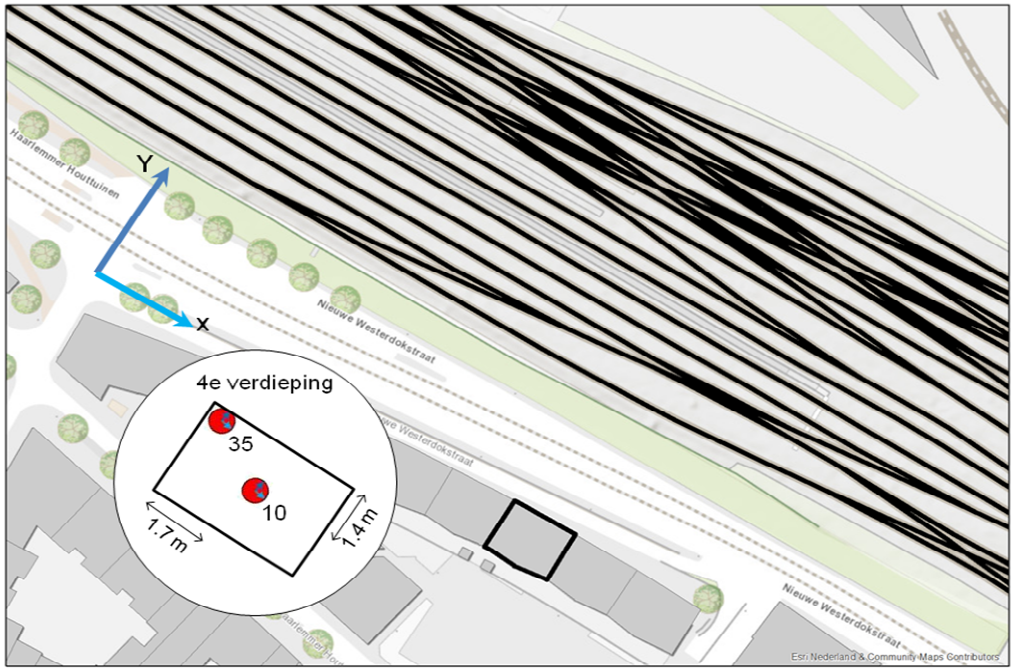
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 129.

Tabel 129 *Gegevens meting Nieuwe Westerdokstraat 56*

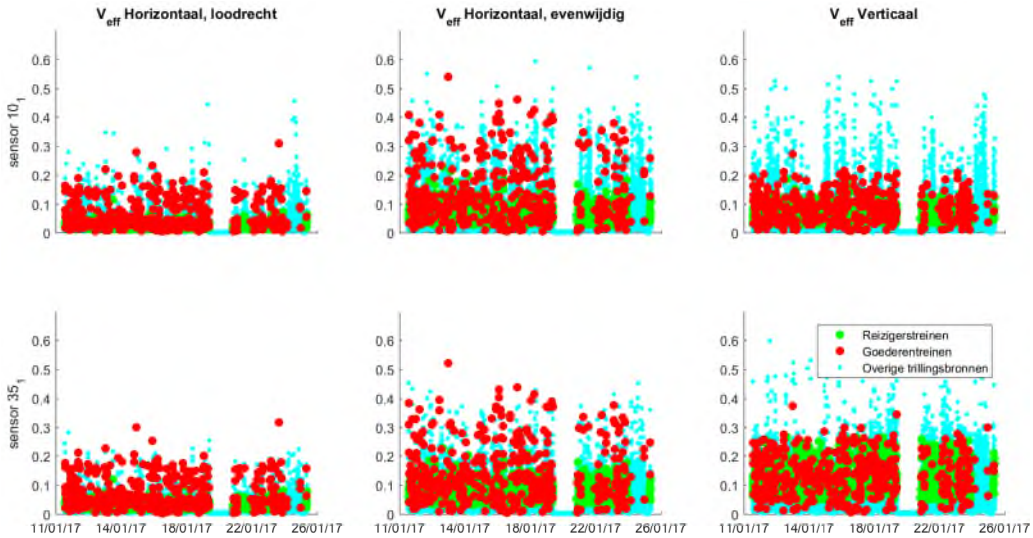
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*11 januari 2017 12:14 tot 25 januari 2017 10:32*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevindt zich op de vierde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 292*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 292*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 294*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 293*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 293, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 294.



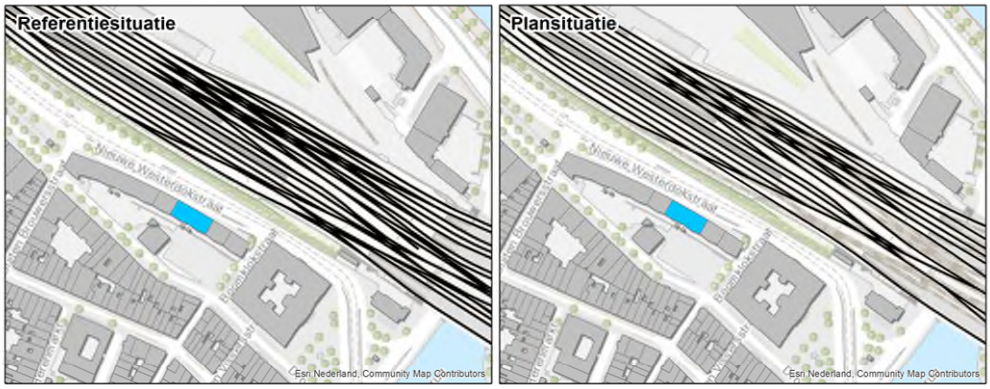
Figuur 293 *Opstelling sensoren bij Nieuwe Westerdokstraat 56*



Figuur 294 *Meetresultaten Nieuwe Westerdokstraat 56*

VIII.37.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 295.



Figuur 295 *Meetlocatie Nieuwe Westerdokstraat 56 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.37.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 130. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 130 *Resultaten referentiesituatie Nieuwe Westerdokstraat 56*

	10, midden vloer			35, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.08
Vper, avond	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.07
Vper, nacht	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	0.05
Vmax	0.31	0.54	0.27	0.32	0.52	0.37
X (%)	12.51	12.51	3.13	12.51	12.51	25.03
#topX%	216	216	54	216	216	432
μ	-2.38	-1.57	-1.73	-2.27	-1.56	-1.61
σ	0.44	0.37	0.12	0.38	0.33	0.16
β	2.38	2.38	1.83	2.38	2.38	2.62
R	10	9	5	9	8	3

Op deze locatie zijn 2023 reizigers- en 412 goederentreinen gemeten.

VIII.37.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 131.

Tabel 131 *Resultaten berekening plansituatie*

	10, midden vloer			35, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.07
Vper, avond	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.07
Vper, nacht	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	0.04
Vmax	0.26	0.50	0.25	0.27	0.48	0.35
X (%)	12.52	1.60	1.60	1.60	1.60	25.05
#topX%	196	25	25	25	25	392
μ	-2.45	-1.08	-1.73	-1.80	-1.11	-1.64
σ	0.39	0.12	0.10	0.18	0.11	0.15
β	2.35	1.46	1.46	1.46	1.46	2.59
R	10	5	4	8	5	3

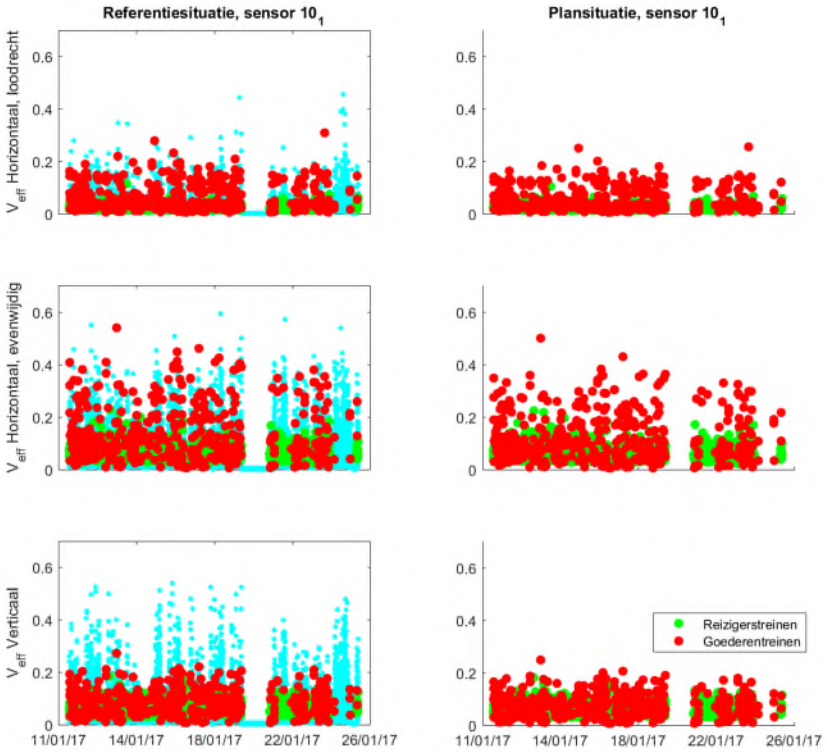
De Q-waarde bedraagt 0.81. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.37.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 296 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 296 *Resultaten sensor 10 van de VKV*

VIII.38 De Ruijterkade 4

De meetlocatie De Ruijterkade 4 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 297.

Figuur 297 *Gevel De Ruijterkade 4*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 26, 39):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (26) op een stijf punt op de 3e verdieping op betonnen vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (39) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op betonnen vloer.

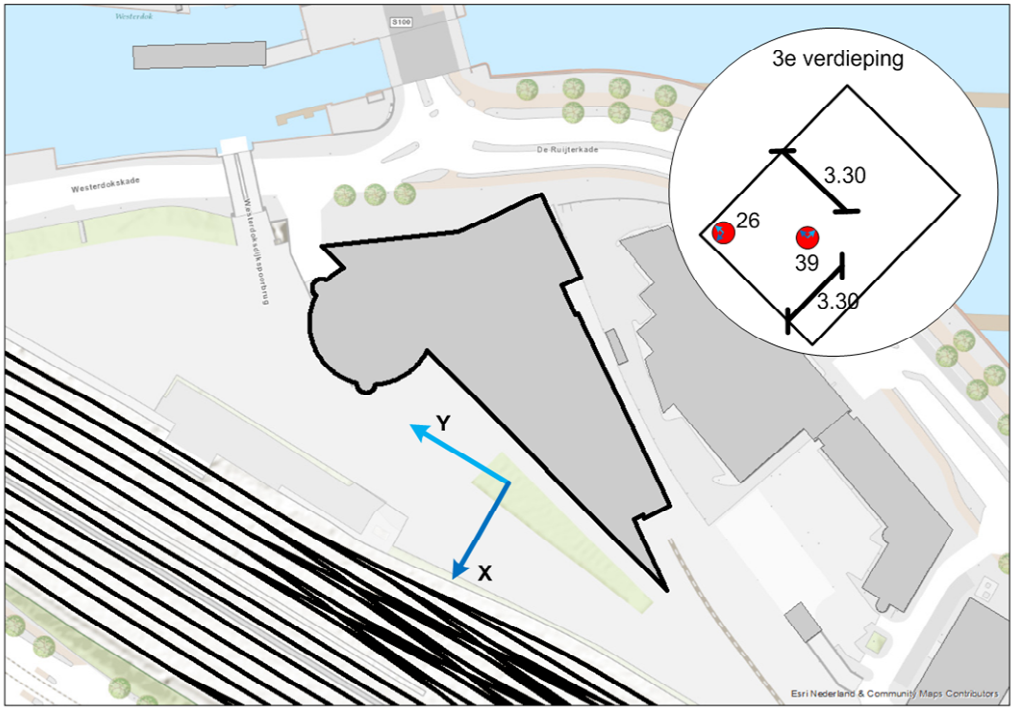
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 132.

Tabel 132 *Gegevens meting De Ruijterkade 4*

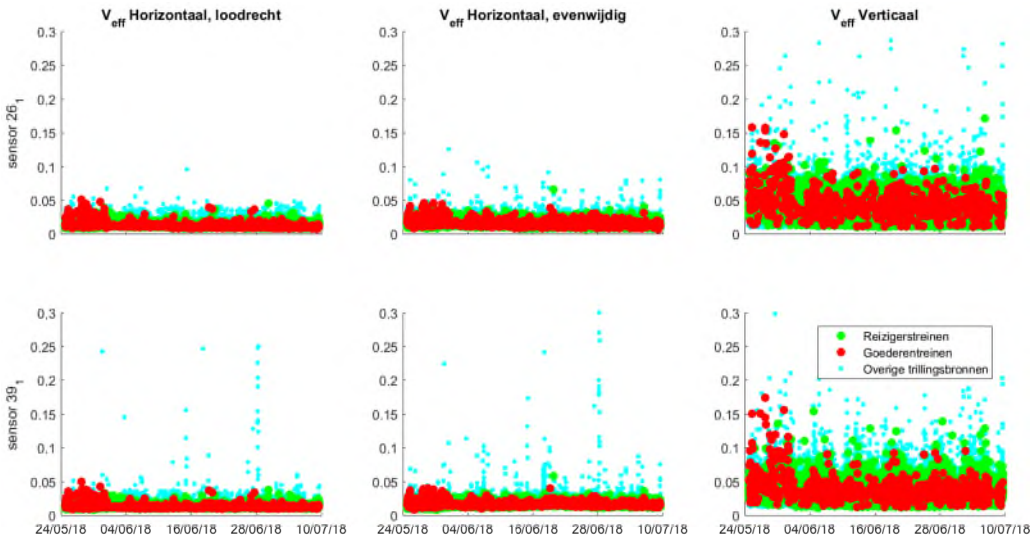
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*24 mei 2018 16:48 tot 09 juli 2018 16:33*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 297*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 297*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 299*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 298*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 298, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 299. Opvallend op deze locatie is dat met name goederentreinen de eerste dagen hogere trillilngen gaven. Mogelijk was er sprake van een andere routering van het goederenvervoer.



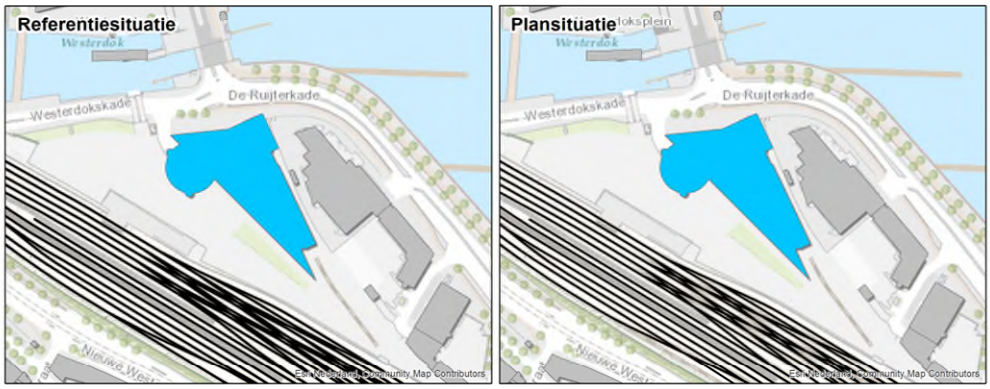
Figuur 298 *Opstelling sensoren bij De Ruijterkade 4*



Figuur 299 *Meetresultaten De Ruijterkade 4*

VIII.38.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 300.



Figuur 300 *Meetlocatie De Ruijterkade 4 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.38.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 133. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 133 *Resultaten referentiesituatie De Ruijterkade 4*

	26, stijf punt			39, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.05	0.07	0.17	0.05	0.06	0.17
X (%)	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58	12.58
#topX%	82	82	82	82	82	82
μ	-3.61	-3.46	-2.29	-3.69	-3.57	-2.30
σ	0.25	0.16	0.17	0.23	0.15	0.18
β	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
R	6	4	4	6	4	4

Op deze locatie zijn 23068 reizigers- en 623 goederentreinen gemeten.

VIII.38.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 134.

Tabel 134 *Resultaten berekening plansituatie*

	26, stijf punt			39, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.05	0.06	0.17	0.05	0.06	0.17
X (%)	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
#topX%	68	68	68	68	68	68
μ	-3.65	-3.51	-2.31	-3.74	-3.61	-2.31
σ	0.25	0.17	0.18	0.23	0.15	0.19
β	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
R	7	4	5	6	4	5

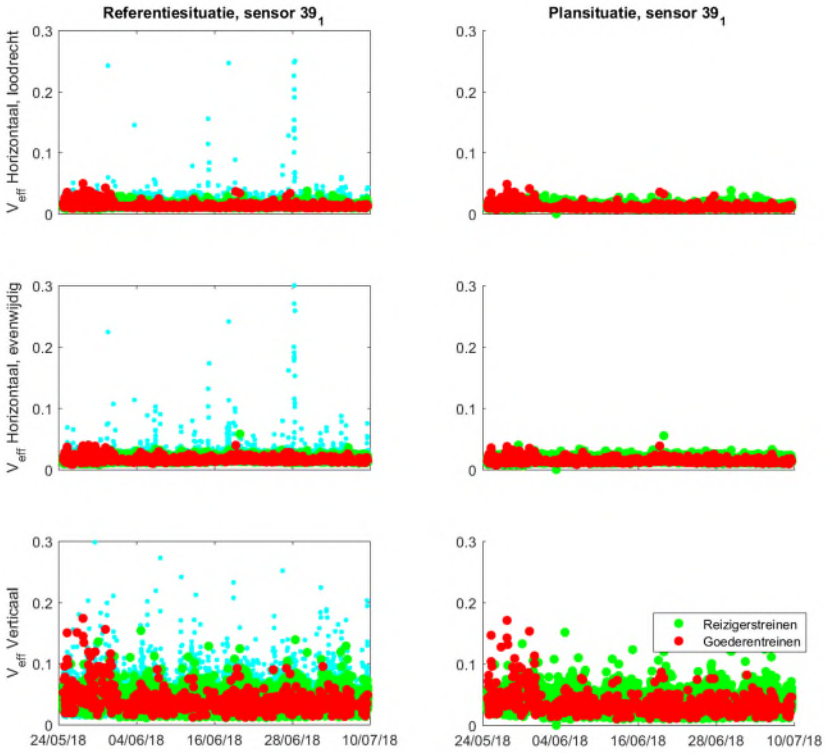
De Q-waarde bedraagt 0.98. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.38.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 301 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 301 *Resultaten sensor 39 van de VKV*

VIII.39 Nieuwe Teertuinen 24-3

De meetlocatie Nieuwe Teertuinen 24-3 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 302.

Figuur 302 *Gevel Nieuwe Teertuinen 24-3*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 37, 16):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de 3e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (16) op een stijf punt op de 3e verdieping.

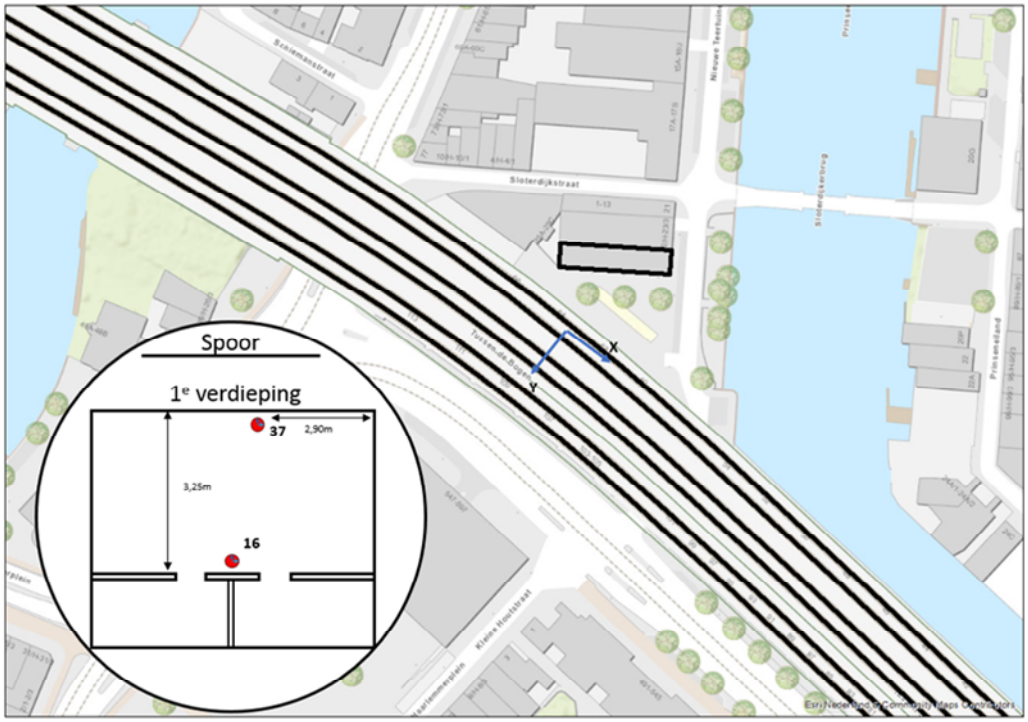
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 135.

Tabel 135 *Gegevens meting Nieuwe Teertuinen 24-3*

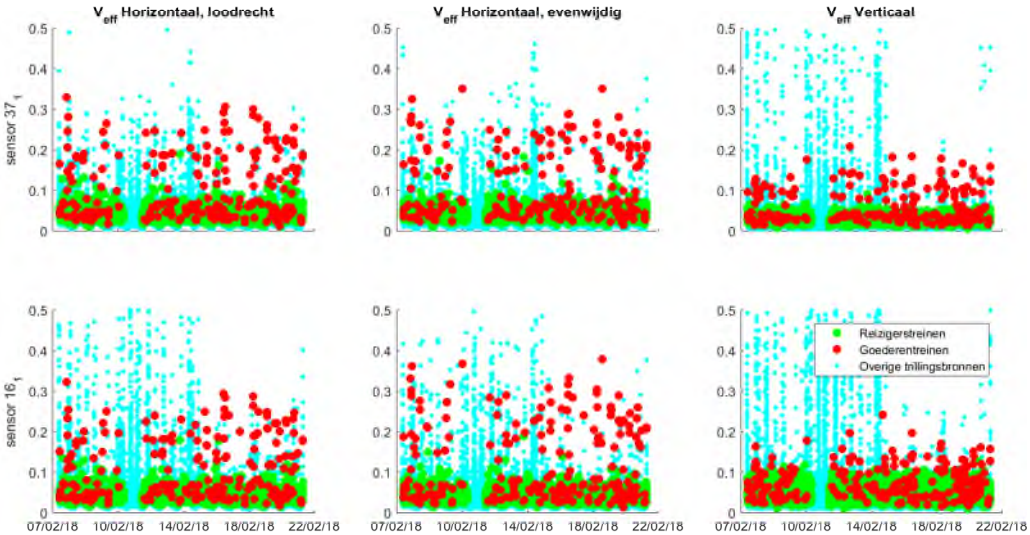
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Charlotte Paiman, Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*07 februari 2018 08:19 tot 21 februari 2018 08:32*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, kantoor bevindt zich op iedere verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 302*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 302*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 304*

11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 303*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 303, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 304.



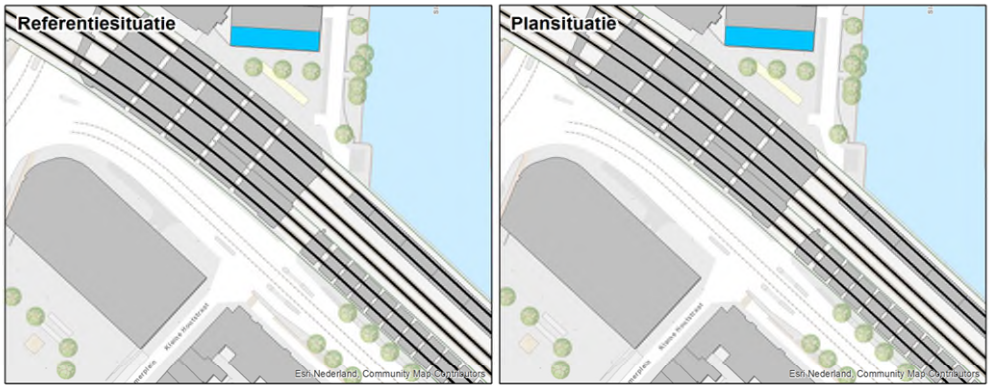
Figuur 303 *Opstelling sensoren bij Nieuwe Teertuinen 24-3*



Figuur 304 *Meetresultaten Nieuwe Teertuinen 24-3*

VIII.39.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 305.



Figuur 305 *Meetlocatie Nieuwe Teertuinen 24-3 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.39.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 136. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 136 *Resultaten referentiesituatie Nieuwe Teertuinen 24-3*

	37, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Vper, avond	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.33	0.35	0.21	0.32	0.38	0.24
X (%)	25.05	25.05	12.58	25.05	25.05	1.64
#topX%	245	245	123	245	245	16
μ	-2.23	-2.23	-2.45	-2.23	-2.19	-1.82
σ	0.46	0.50	0.38	0.44	0.53	0.15
β	2.42	2.42	2.16	2.42	2.42	1.20
R	10	11	11	10	12	8

Op deze locatie zijn 5236 reizigers- en 219 goederentreinen gemeten.

VIII.39.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 137.

Tabel 137 *Resultaten berekening plansituatie*

	37, midden vloer			16, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, avond	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vmax	0.33	0.35	0.19	0.32	0.38	0.22
X (%)	25.05	12.52	12.52	12.52	12.52	1.65
#topX%	274	137	137	137	137	18
μ	-2.28	-1.92	-2.52	-1.95	-1.86	-1.86
σ	0.44	0.43	0.38	0.36	0.46	0.13
β	2.46	2.21	2.21	2.21	2.21	1.27
R	10	12	11	10	13	7

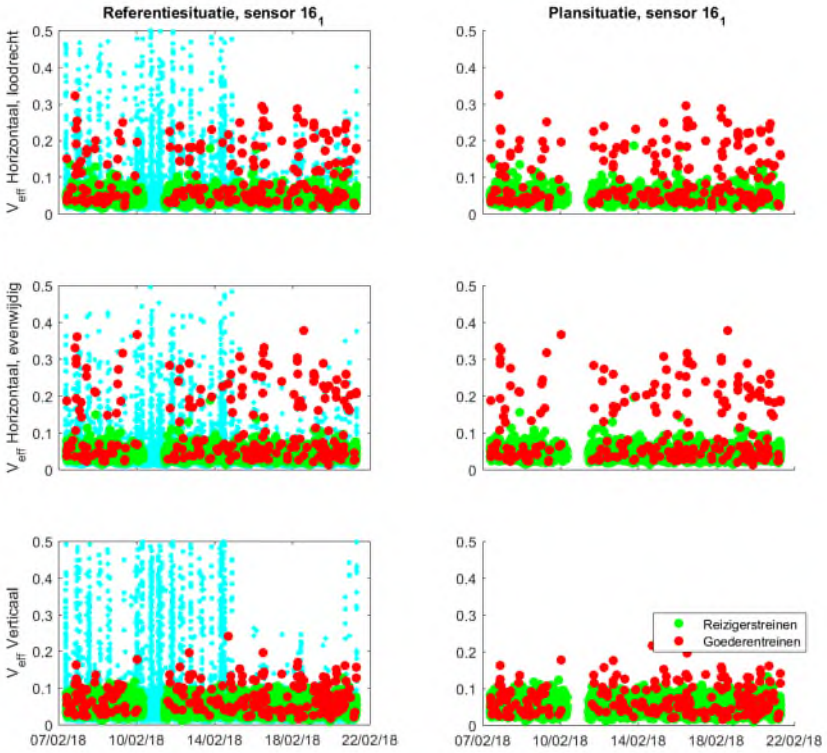
De Q-waarde bedraagt 1.26. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.39.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 306 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 306 *Resultaten sensor 16 van de VKV*

VIII.40 Nieuwe Teertuinen 25C

De meetlocatie Nieuwe Teertuinen 25C heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 307.

Figuur 307 *Gevel Nieuwe Teertuinen 25C*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 29):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (29) op een stijf punt op de 3e verdieping op laminaat vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (23) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op laminaat vloer.

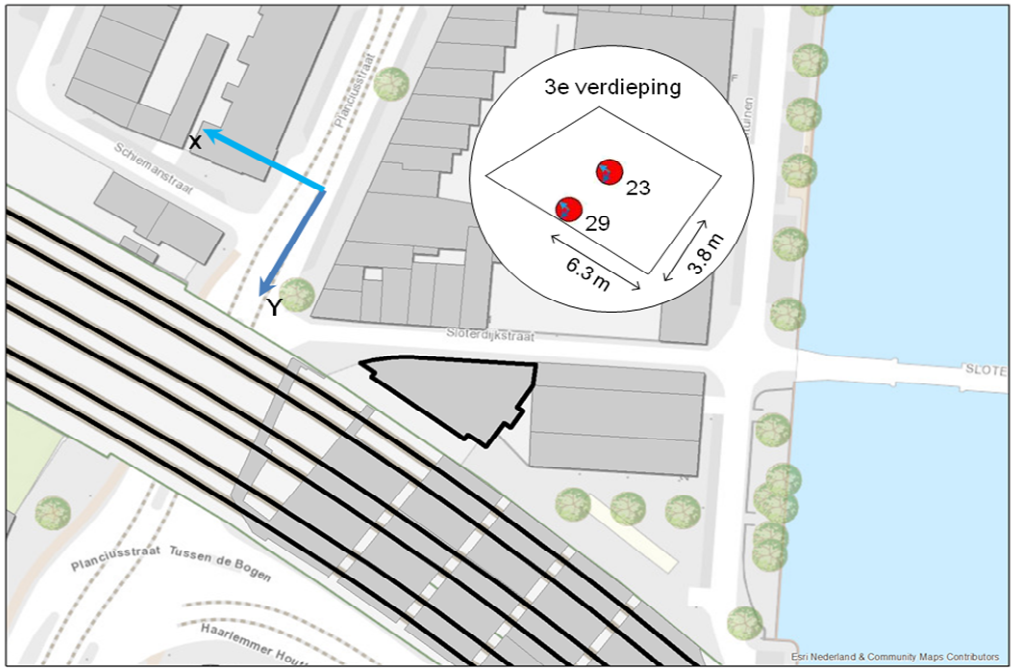
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 138.

Tabel 138 *Gegevens meting Nieuwe Teertuinen 25C*

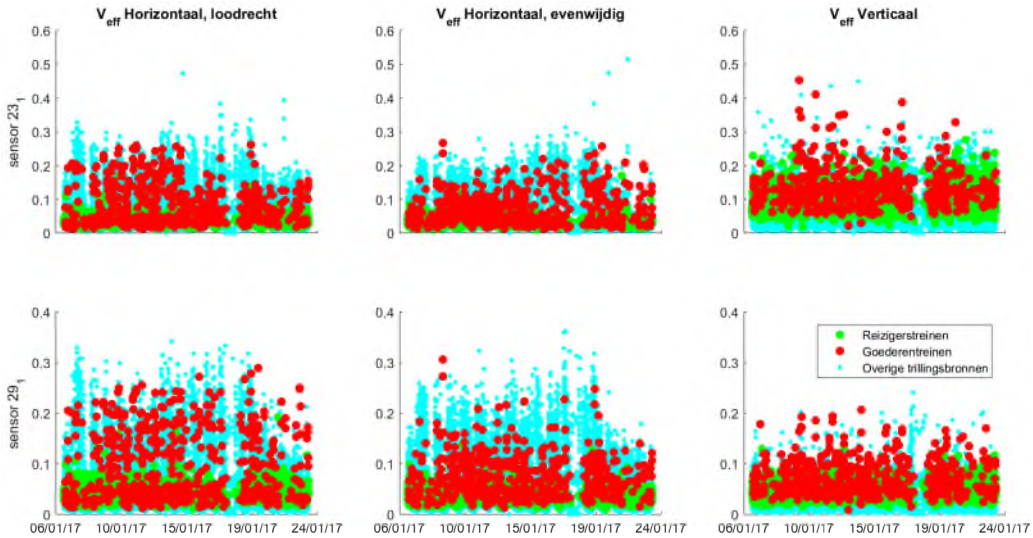
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*06 januari 2017 13:08 tot 23 januari 2017 09:54*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 307*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 307*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 309*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 308*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 308, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 309.



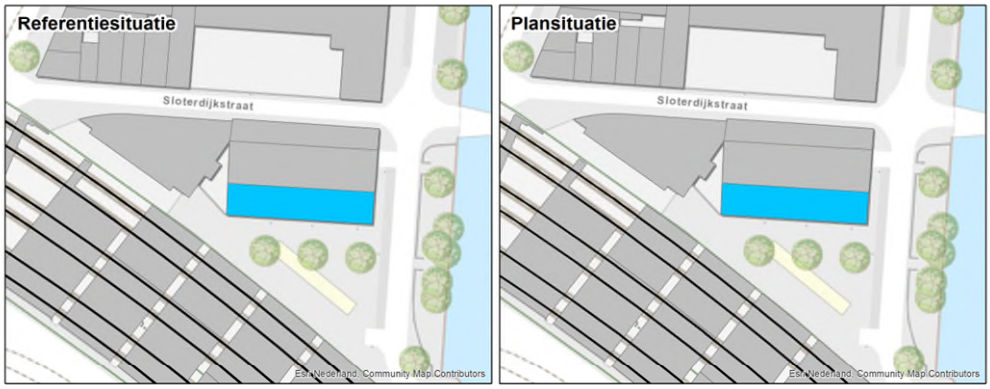
Figuur 308 *Opstelling sensoren bij Nieuwe Teertuinen 25C*



Figuur 309 *Meetresultaten Nieuwe Teertuinen 25C*

VIII.40.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 310.



Figuur 310 *Meetlocatie Nieuwe Teertuinen 25C in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.40.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 139. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 139 *Resultaten referentiesituatie Nieuwe Teertuinen 25C*

	23, midden vloer			29, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.01	0.07	0.02	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.07	0.02	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.26	0.27	0.45	0.29	0.30	0.21
X (%)	25.01	12.51	1.58	50.02	1.58	1.58
#topX%	538	269	34	1076	34	34
μ	-2.49	-2.27	-1.25	-2.71	-1.73	-1.86
σ	0.49	0.34	0.17	0.51	0.19	0.12
β	2.64	2.40	1.54	2.87	1.54	1.54
R	8	7	7	6	8	5

Op deze locatie zijn 1816 reizigers- en 524 goederentreinen gemeten.

VIII.40.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 140.

Tabel 140 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, midden vloer			29, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.01	0.07	0.02	0.01	0.01
Vper, avond	0.02	0.01	0.07	0.02	0.01	0.01
Vper, nacht	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Vmax	0.26	0.24	0.40	0.26	0.27	0.21
X (%)	25.00	12.50	1.57	50.00	1.57	1.57
#topX%	542	271	34	1084	34	34
μ	-2.53	-2.33	-1.30	-2.72	-1.79	-1.91
σ	0.46	0.34	0.14	0.47	0.18	0.15
β	2.65	2.41	1.54	2.87	1.54	1.54
R	7	7	6	6	7	6

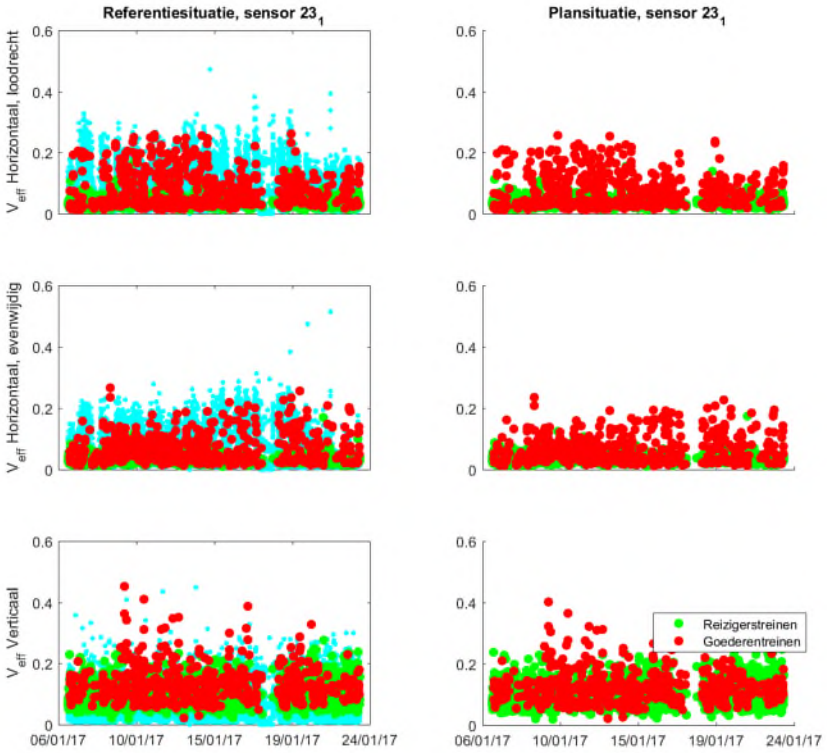
De Q-waarde bedraagt 0.90. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.40.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 311 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 311 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.41 Planciusstraat 77

De meetlocatie Planciusstraat 77 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 312.

Figuur 312 *Gevel Planciusstraat 77*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 38, 37):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de 3e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (38) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op houten vloer.

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 141.

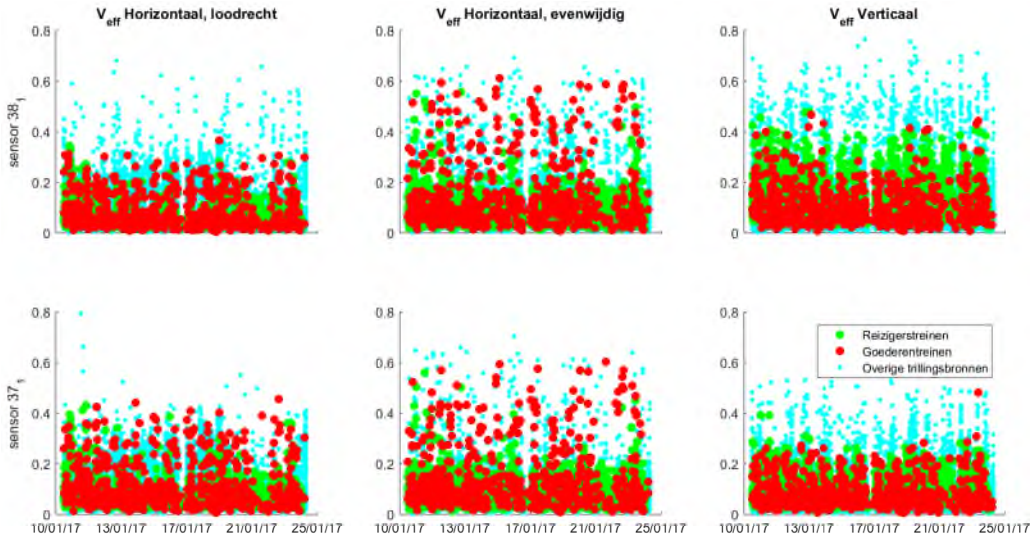
Tabel 141 *Gegevens meting Planciusstraat 77*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*10 januari 2017 11:07 tot 24 januari 2017 08:56*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 312*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 312*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 314*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 313*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 313, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 314.

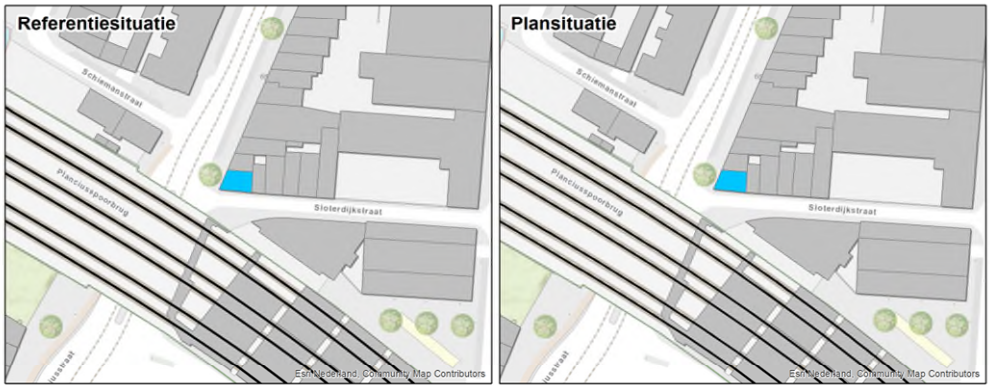
Figuur 313 *Opstelling sensoren bij Planciusstraat 77*



Figuur 314 *Meetresultaten Planciusstraat 77*

VIII.41.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 315.



Figuur 315 *Meetlocatie Planciusstraat 77 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.41.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 142. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 142 *Resultaten referentiesituatie Planciusstraat 77*

	38, midden vloer			37, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.03	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06
Vper, avond	0.03	0.06	0.08	0.04	0.06	0.04
Vper, nacht	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03
Vmax	0.36	0.61	0.48	0.45	0.60	0.48
X (%)	12.51	12.51	25.00	12.51	12.51	25.00
#topX%	467	467	933	467	467	933
μ	-1.90	-1.52	-1.52	-1.69	-1.55	-1.91
σ	0.32	0.42	0.26	0.36	0.39	0.26
β	2.65	2.65	2.87	2.65	2.65	2.87
R	5	7	3	6	7	3

Op deze locatie zijn 3268 reizigers- en 597 goederentreinen gemeten.

VIII.41.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 143.

Tabel 143 *Resultaten berekening plansituatie*

	38, midden vloer			37, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.03	0.07	0.11	0.05	0.07	0.06
Vper, avond	0.03	0.06	0.08	0.04	0.06	0.05
Vper, nacht	0.01	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02
Vmax	0.33	0.61	0.49	0.42	0.61	0.43
X (%)	12.52	12.52	50.01	12.52	6.28	25.02
#topX%	465	465	1857	465	233	929
μ	-1.95	-1.53	-1.78	-1.74	-1.27	-1.91
σ	0.30	0.40	0.33	0.35	0.33	0.25
β	2.65	2.65	3.08	2.65	2.41	2.87
R	5	7	3	6	8	3

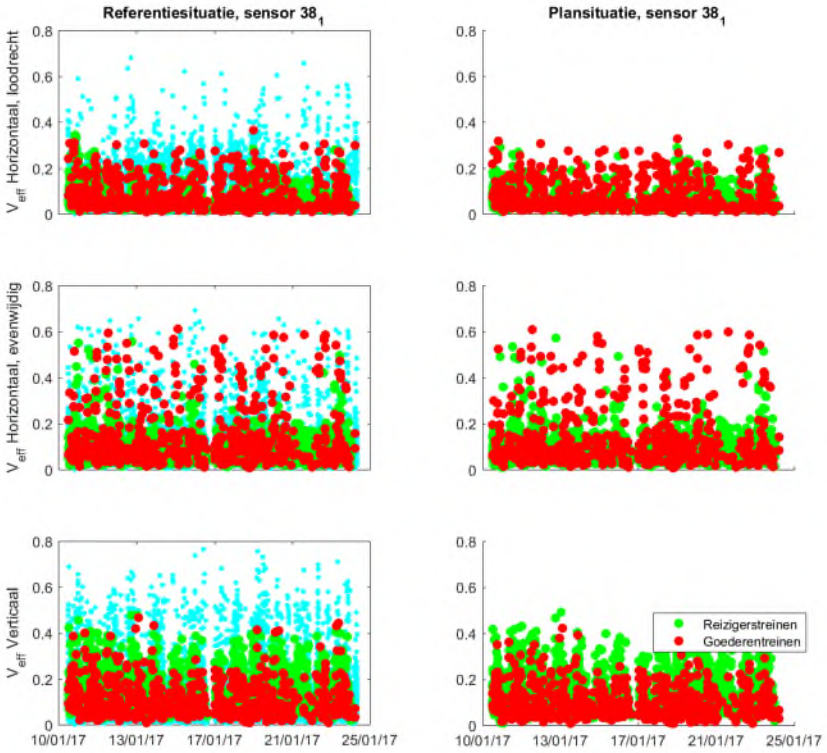
De Q-waarde bedraagt 0.95. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.41.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie hoger dan de grenswaarde, maar neemt niet toe ten opzichte van de trillingsintensiteit in de bestaande situatie. Conform artikel 7 lid 3 van de Bts is een maatregelafweging daarom niet nodig.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 316 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 316 *Resultaten sensor 38 van de VKV*

VIII.42 Schiemanstraat 1

De meetlocatie Schiemanstraat 1 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 317.

Figuur 317 *Gevel Schiemanstraat 1*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 25, 38):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (38) op een stijf punt op de 3e verdieping op houten vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (25) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping op houten vloer.

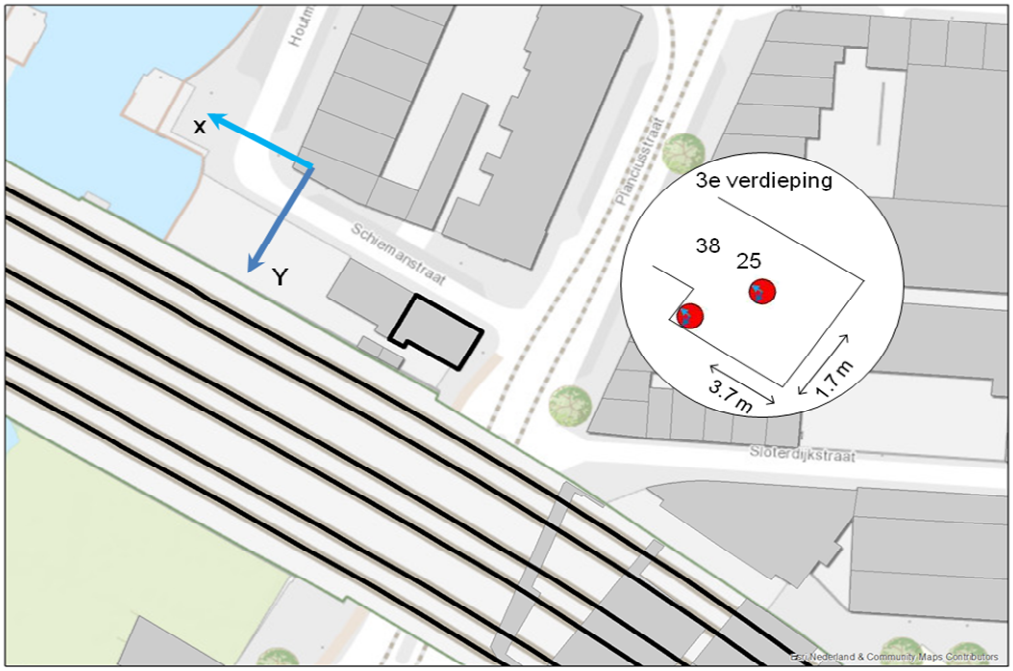
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 144.

Tabel 144 *Gegevens meting Schiemanstraat 1*

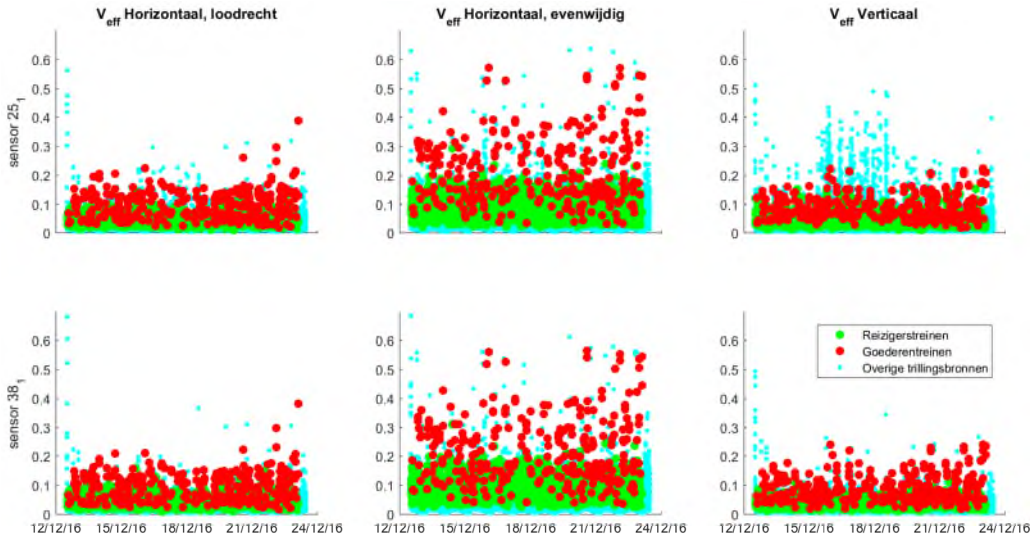
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*12 december 2016 12:25 tot 23 december 2016 11:57*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaagse gebouw, woning bevindt zich op de derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 317*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 317*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 319*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 318*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 318, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 319.



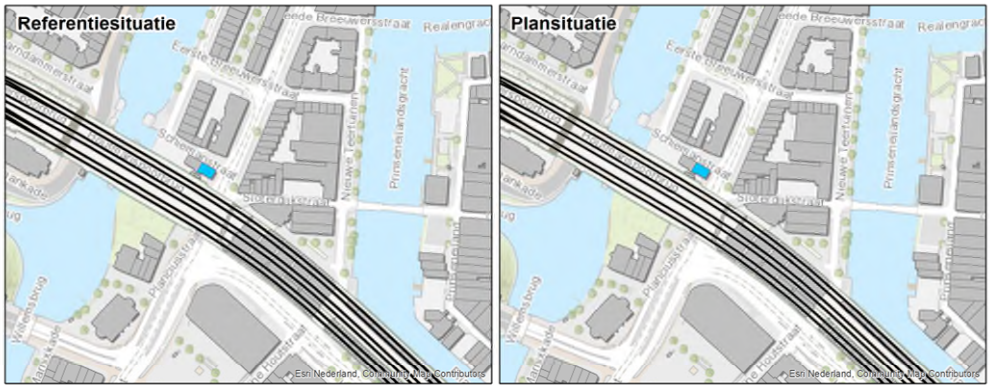
Figuur 318 *Opstelling sensoren bij Schiemanstraat 1*



Figuur 319 *Meetresultaten Schiemanstraat 1*

VIII.42.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 320.



Figuur 320 *Meetlocatie Schiemanstraat 1 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.42.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 145. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 145 *Resultaten referentiesituatie Schiemanstraat 1*

	25, midden vloer			38, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.01	0.06	0.01	0.01	0.06	0.01
Vper, avond	0.01	0.06	0.02	0.01	0.06	0.01
Vper, nacht	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01
Vmax	0.39	0.57	0.22	0.38	0.56	0.24
X (%)	0.40	6.26	0.40	6.26	6.26	0.40
#topX%	16	251	16	251	251	16
μ	-1.53	-1.44	-1.64	-2.19	-1.41	-1.56
σ	0.21	0.34	0.11	0.28	0.33	0.11
β	1.36	2.52	1.36	2.52	2.52	1.36
R	12	8	6	6	8	6

Op deze locatie zijn 3943 reizigers- en 298 goederentreinen gemeten.

VIII.42.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 146.

Tabel 146 *Resultaten berekening plansituatie*

	25, midden vloer			38, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.01	0.06	0.02	0.02	0.07	0.01
Vper, avond	0.02	0.07	0.02	0.02	0.07	0.02
Vper, nacht	0.01	0.04	0.01	0.01	0.04	0.01
Vmax	0.40	0.58	0.23	0.39	0.58	0.25
X (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.79
#topX%	16	16	16	16	16	32
μ	-1.57	-0.73	-1.65	-1.61	-0.72	-1.71
σ	0.26	0.14	0.11	0.25	0.14	0.17
β	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.71
R	15	8	6	14	8	8

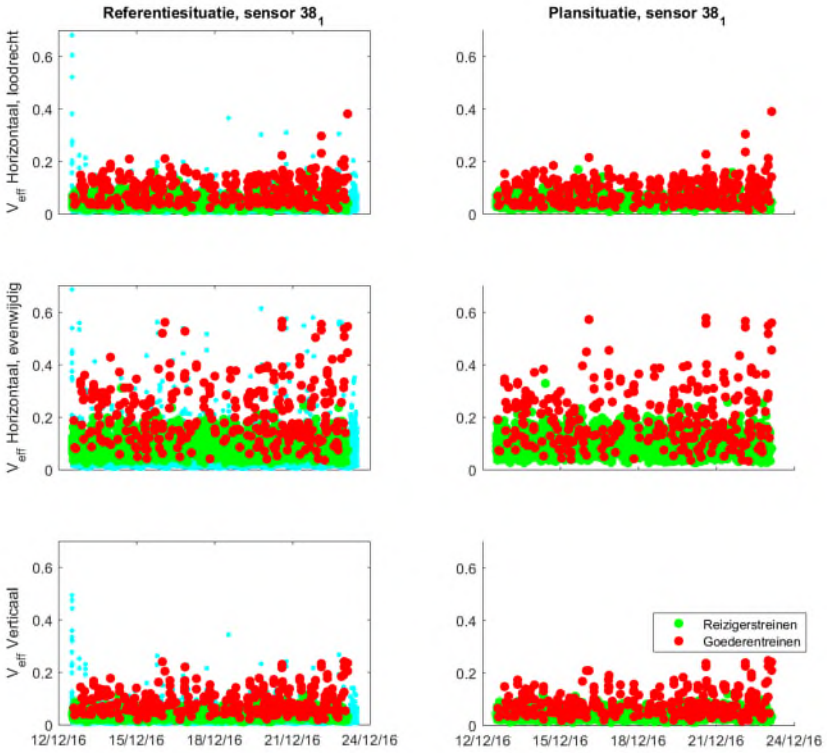
De Q-waarde bedraagt 1.05. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.42.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 321 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen, trams of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur 321 *Resultaten sensor 38 van de VKV*

VIII.43 Houtmankade 332

De meetlocatie Houtmankade 332 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 322.

Figuur 322 *Gevel Houtmankade 332*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 32):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (32) op een stijf punt op de 3e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (23) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping.

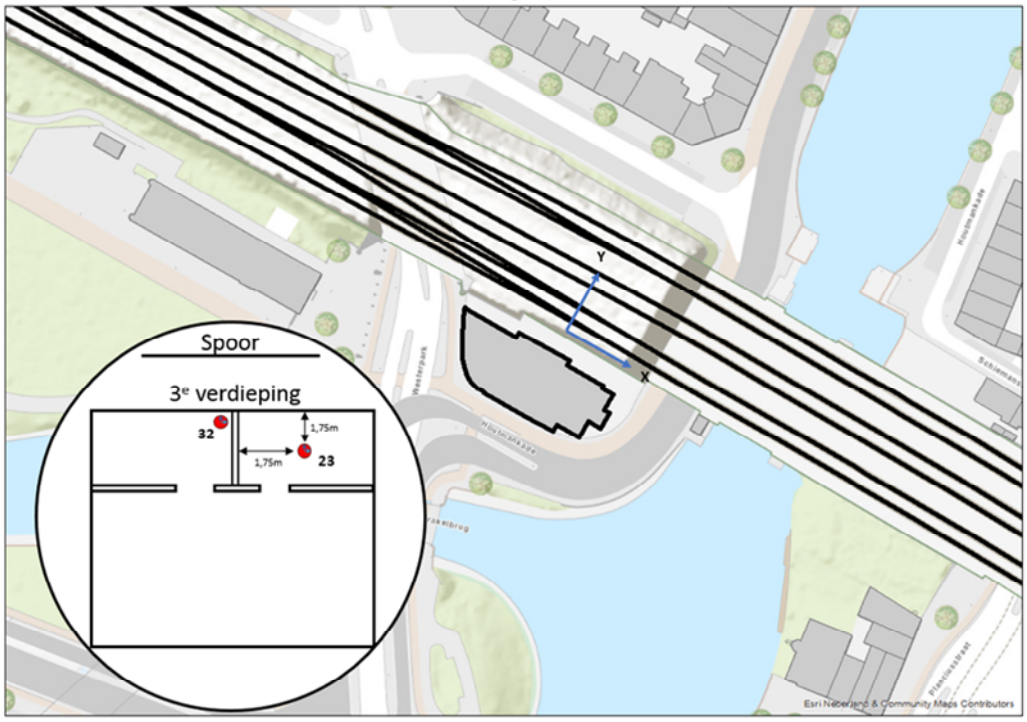
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 147.

Tabel 147 *Gegevens meting Houtmankade 332*

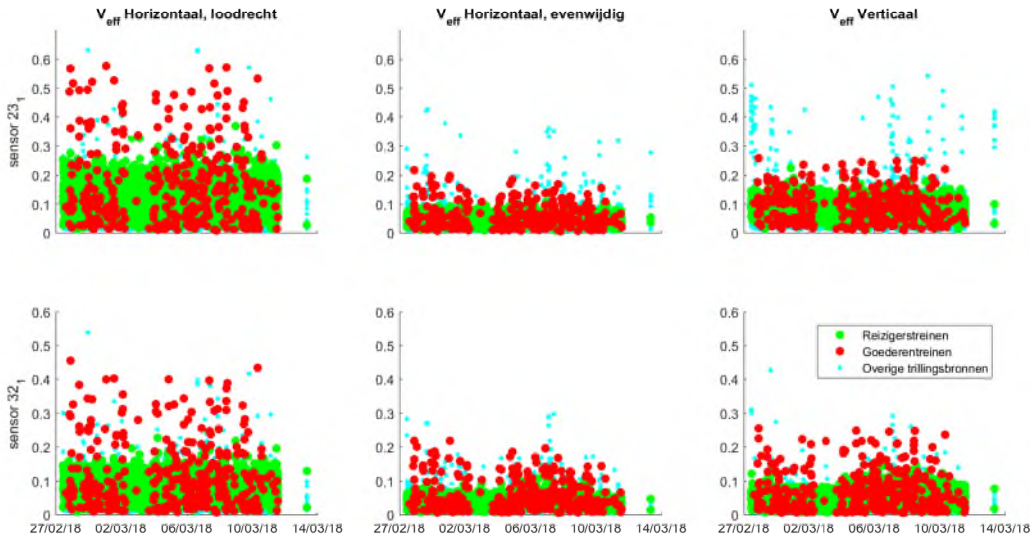
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Wessel Geerlof*
3	Tijdsperiode meting	*27 februari 2018 10:03 tot 13 maart 2018 09:58*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 322*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 322*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 324*

11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 323*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 323, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 324.



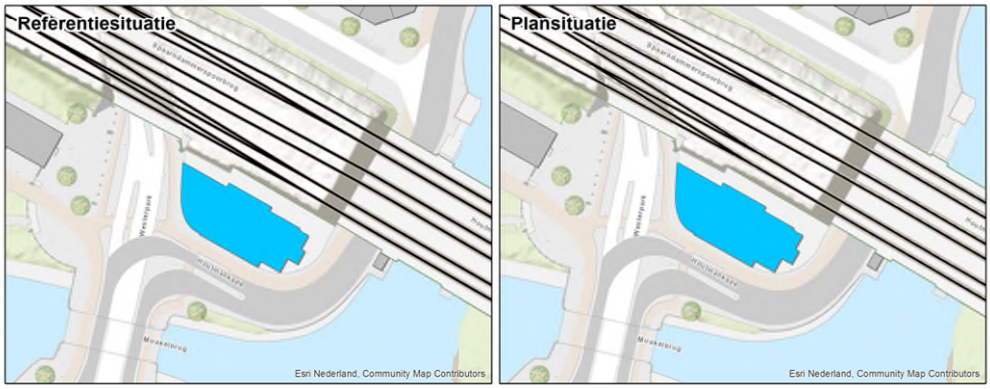
Figuur 323 *Opstelling sensoren bij Houtmankade 332*



Figuur 324 *Meetresultaten Houtmankade 332*

VIII.43.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 325.



Figuur 325 *Meetlocatie Houtmankade 332 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.43.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 148. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 148 *Resultaten referentiesituatie Houtmankade 332*

	23, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.09	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01
Vper, avond	0.09	0.01	0.04	0.04	0.01	0.02
Vper, nacht	0.05	<0.01	0.02	0.03	<0.01	0.01
Vmax	0.58	0.22	0.26	0.45	0.22	0.25
X (%)	1.57	0.40	0.79	3.14	0.40	0.79
#topX%	83	21	42	166	21	42
μ	-0.99	-1.81	-1.58	-1.61	-1.77	-1.66
σ	0.22	0.12	0.12	0.31	0.12	0.16
β	2.00	1.34	1.70	2.27	1.34	1.70
R	7	6	4	8	6	6

Op deze locatie zijn 5301 reizigers- en 339 goederentreinen gemeten.

VIII.43.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 149.

Tabel 149 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.10	0.01	0.05	0.05	0.01	0.02
Vper, avond	0.10	0.01	0.05	0.06	0.01	0.02
Vper, nacht	0.06	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01
Vmax	0.57	0.21	0.26	0.45	0.22	0.28
X (%)	1.57	1.57	0.41	0.41	0.41	0.79
#topX%	85	85	22	22	22	43
μ	-0.97	-2.08	-1.50	-1.03	-1.75	-1.67
σ	0.18	0.20	0.08	0.11	0.12	0.17
β	2.01	2.01	1.37	1.37	1.37	1.71
R	6	6	4	5	6	7

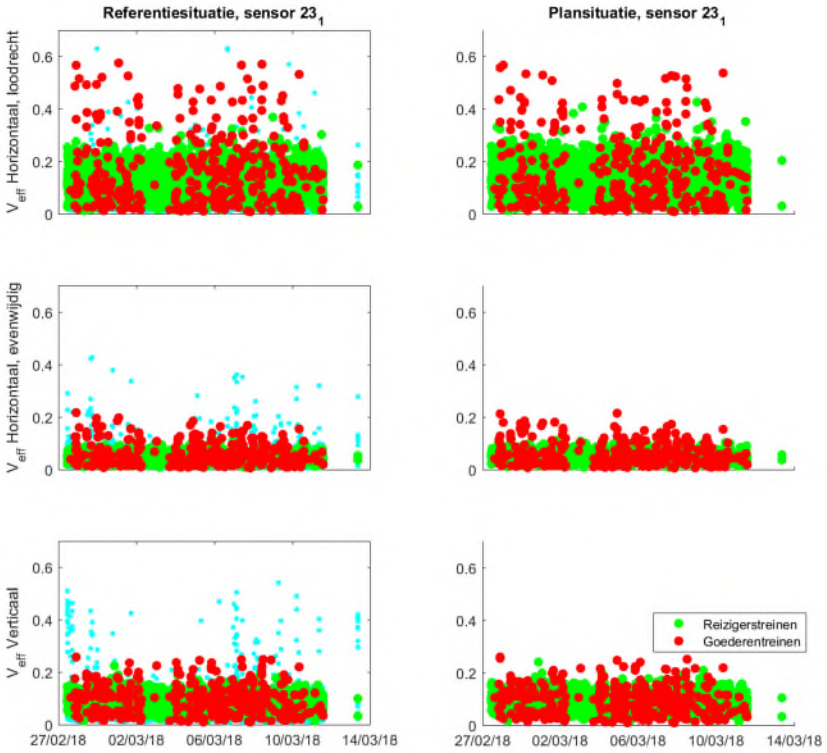
De Q-waarde bedraagt 0.95. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.43.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 326 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 326 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.44 Houtmankade 336

De meetlocatie Houtmankade 336 heeft de functie Kantoor, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 327.

Figuur 327 *Gevel Houtmankade 336*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 23, 32):

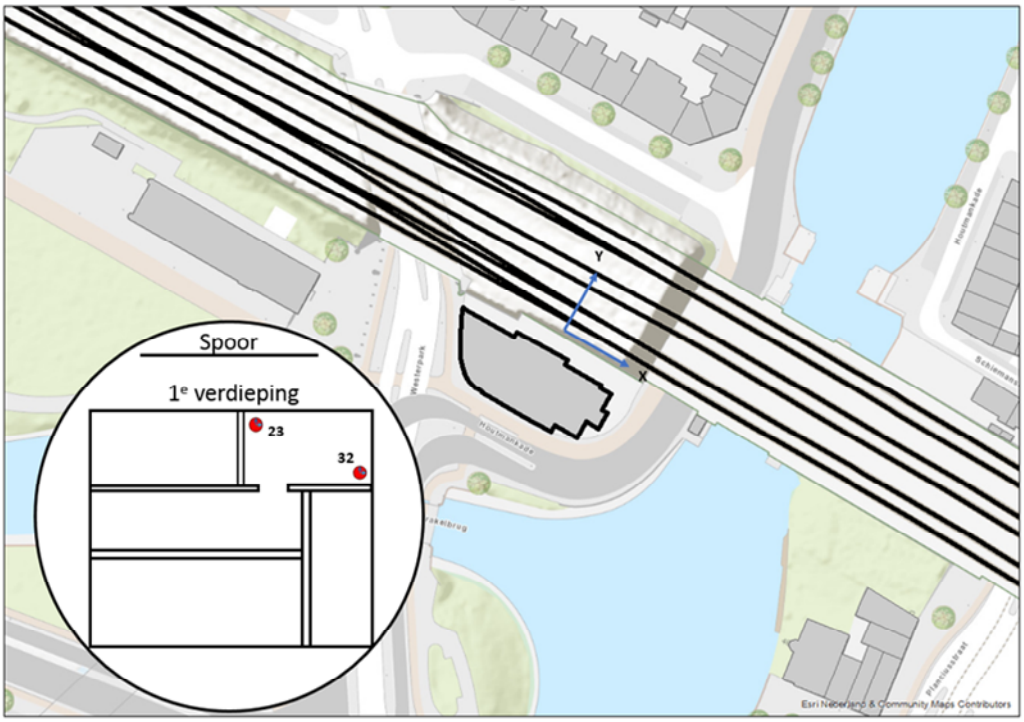
- 1. Een driedimensionale trillingssensor (32) op een stijf punt op de 1e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (23) op een stijf punt op de 1e verdieping.

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 150.

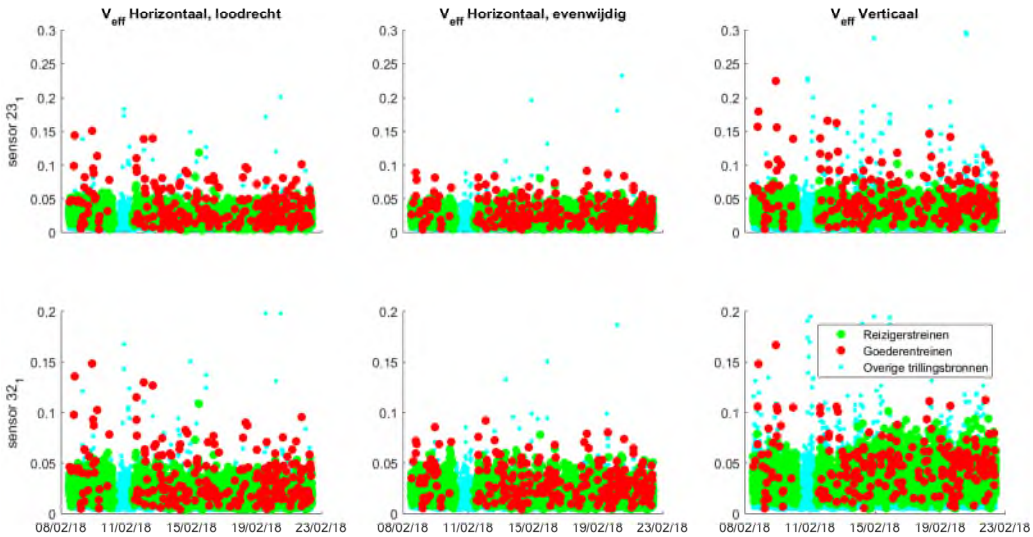
Tabel 150 *Gegevens meting Houtmankade 336*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Mohammed Kabbouch*
3	Tijdsperiode meting	*08 februari 2018 11:01 tot 22 februari 2018 11:34*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 327*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 327*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 329*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 328*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 328, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 329.



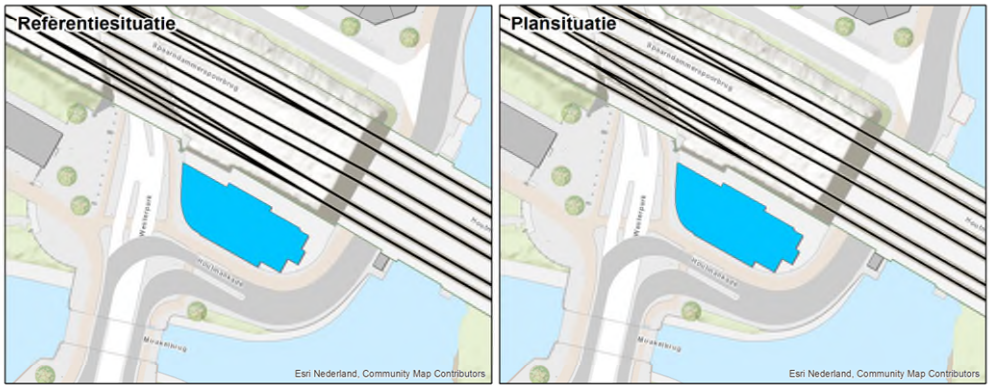
Figuur 328 *Opstelling sensoren bij Houtmankade 336*



Figuur 329 *Meetresultaten Houtmankade 336*

VIII.44.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 330.



Figuur 330 *Meetlocatie Houtmankade 336 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.44.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 151. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 151 *Resultaten referentiesituatie Houtmankade 336*

	23, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.15	0.09	0.22	0.15	0.09	0.17
X (%)	6.41	6.41	6.41	6.41	6.41	6.41
#topX%	15	15	15	15	15	15
μ	-2.21	-2.55	-1.94	-2.26	-2.60	-2.19
σ	0.18	0.10	0.19	0.18	0.09	0.16
β	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
R	10	5	11	10	5	9

Op deze locatie zijn 4631 reizigers- en 230 goederentreinen gemeten.

VIII.44.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 152.

Tabel 152 *Resultaten berekening plansituatie*

	23, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.18	0.10	0.20	0.16	0.09	0.15
X (%)	3.20	6.40	3.20	3.20	3.20	3.20
#topX%	13	26	13	13	13	13
μ	-2.18	-2.61	-1.92	-2.23	-2.54	-2.17
σ	0.18	0.14	0.18	0.18	0.09	0.13
β	1.17	1.56	1.17	1.17	1.17	1.17
R	10	7	10	10	5	8

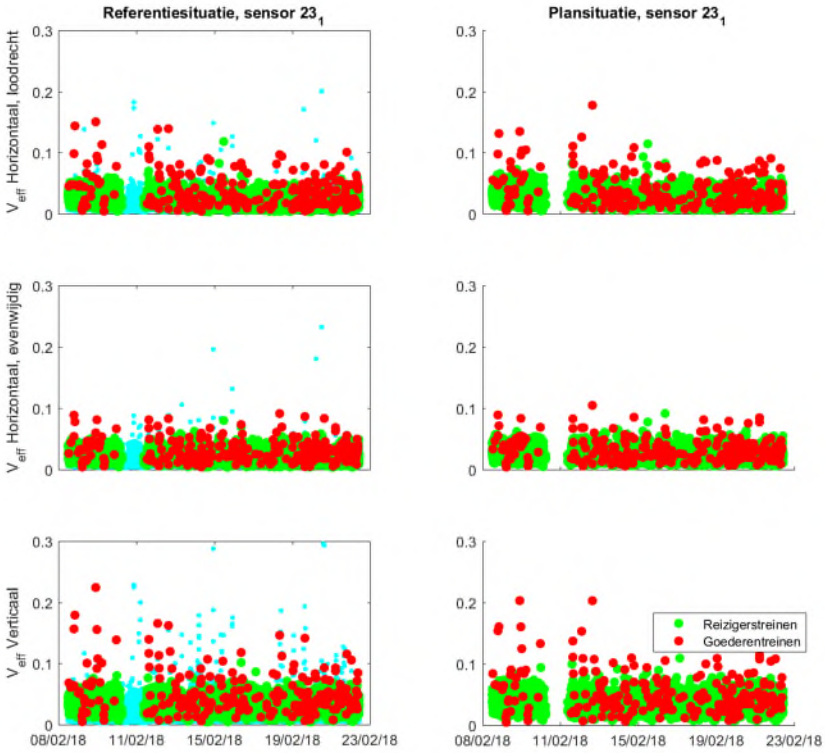
De Q-waarde bedraagt 1.14. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.44.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 331 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 331 *Resultaten sensor 23 van de VKV*

VIII.45 Spaarndammerstraat 12D

De meetlocatie Spaarndammerstraat 12D heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 332.

Figuur 332 *Gevel Spaarndammerstraat 12D*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 37, 38):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (37) op een stijf punt op de 2e verdieping op laminaatvloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (38) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op laminaatvloer.

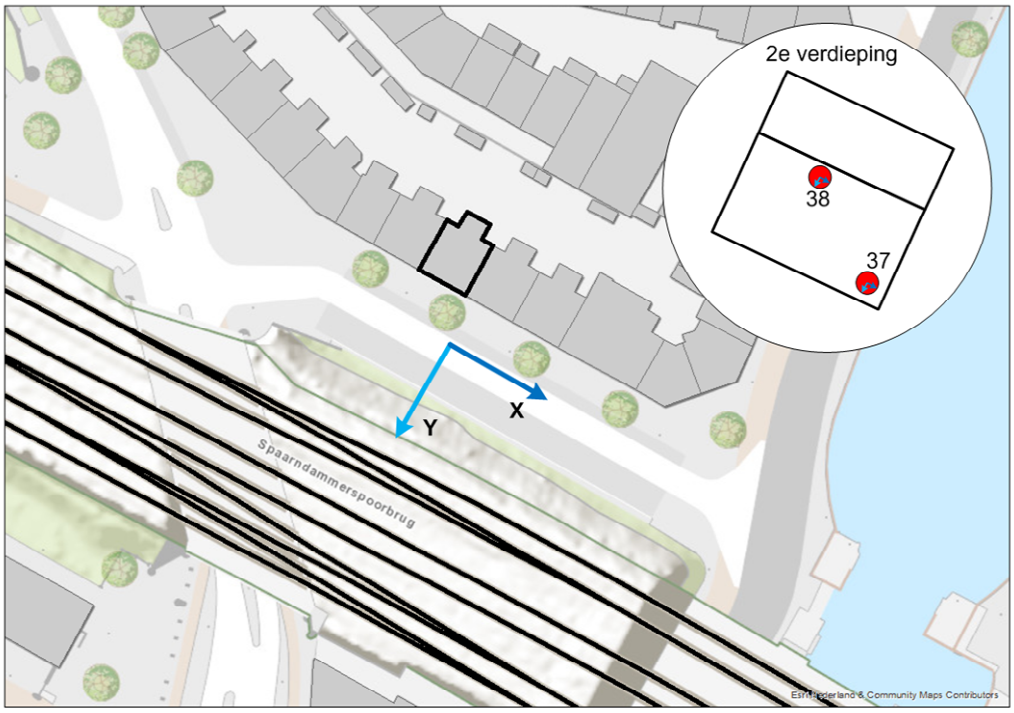
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 153.

Tabel 153 *Gegevens meting Spaarndammerstraat 12D*

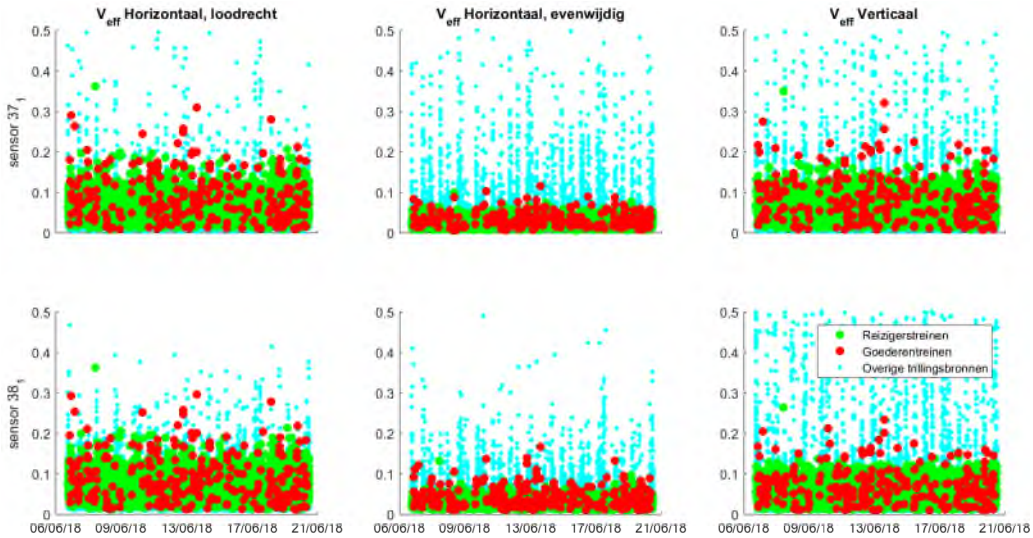
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*06 juni 2018 16:33 tot 20 juni 2018 13:34*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vijflaags gebouw, woning bevindt zich op de tweede verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 332*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 332*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 334*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 333*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 333, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 334.



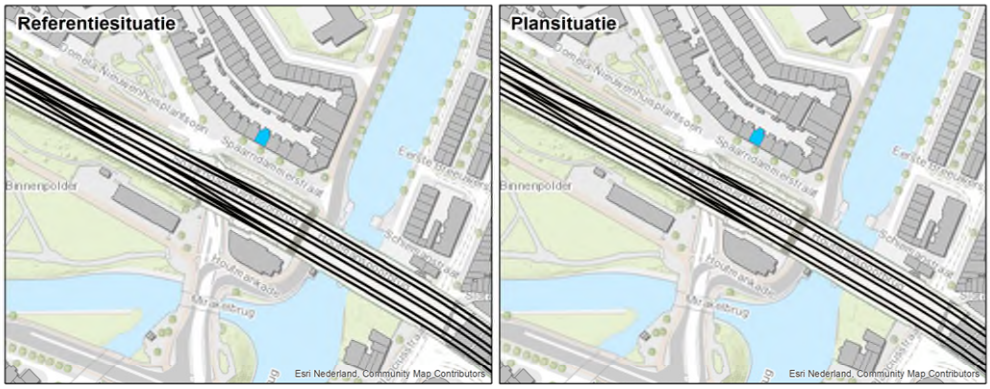
Figuur 333 *Opstelling sensoren bij Spaarndammerstraat 12D*



Figuur 334 *Meetresultaten Spaarndammerstraat 12D*

VIII.45.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 335.



Figuur 335 *Meetlocatie Spaarndammerstraat 12D in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.45.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 154. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 154 *Resultaten referentiesituatie Spaarndammerstraat 12D*

	37, stijf punt			38, midden vloer		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.03	<0.01	0.04	0.03	<0.01	0.03
Vper, avond	0.03	<0.01	0.04	0.03	<0.01	0.03
Vper, nacht	0.02	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01
Vmax	0.36	0.12	0.35	0.36	0.17	0.26
X (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	50.00
#topX%	28	28	28	28	28	1792
μ	-1.53	-2.57	-1.56	-1.52	-2.30	-2.38
σ	0.18	0.15	0.17	0.17	0.20	0.16
β	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	3.07
R	8	7	8	8	9	1

Op deze locatie zijn 5786 reizigers- en 254 goederentreinen gemeten.

VIII.45.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 155.

Tabel 155 *Resultaten berekening plansituatie*

	37, stijf punt			38, midden vloer		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.04	<0.01	0.05	0.04	<0.01	0.04
Vper, avond	0.04	<0.01	0.05	0.04	<0.01	0.04
Vper, nacht	0.02	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01
Vmax	0.32	0.12	0.30	0.32	0.15	0.23
X (%)	0.40	0.40	50.01	0.40	0.40	50.01
#topX%	15	15	1861	15	15	1861
μ	-1.39	-2.36	-2.12	-1.37	-2.20	-2.28
σ	0.10	0.13	0.17	0.09	0.14	0.18
β	1.17	1.17	3.08	1.17	1.17	3.08
R	5	7	1	5	7	1

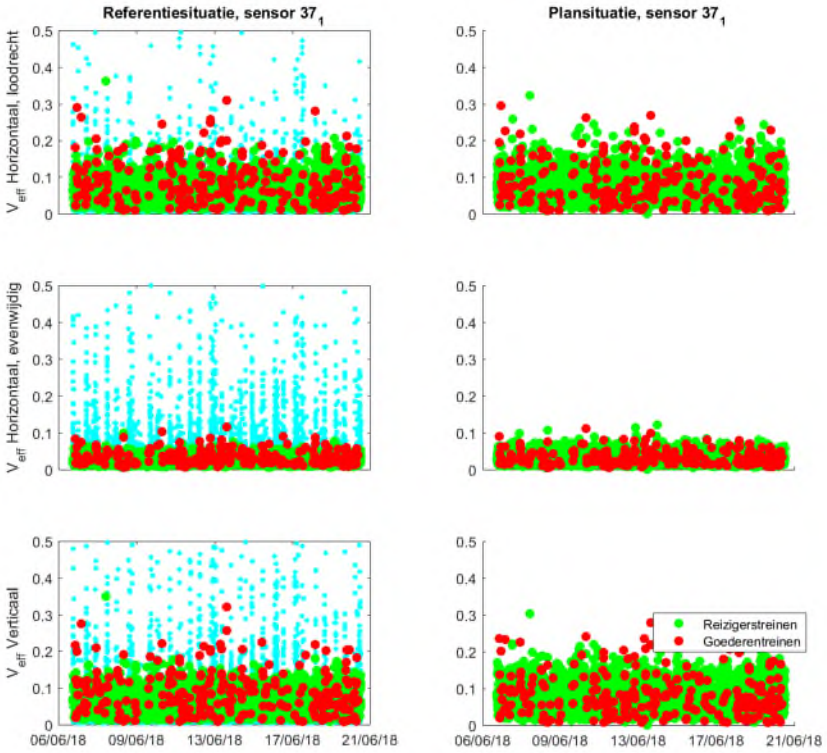
De Q-waarde bedraagt 0.99. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.45.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 336 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 336 *Resultaten sensor 37 van de VKV*

VIII.46 Zaanstraat 26

De meetlocatie Zaanstraat 26 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 337.

Figuur 337 *Gevel Zaanstraat 26*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 29, 32):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (32) op een stijf punt op de 3e verdieping.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (29) in het midden van het vloerveld op de 3e verdieping.

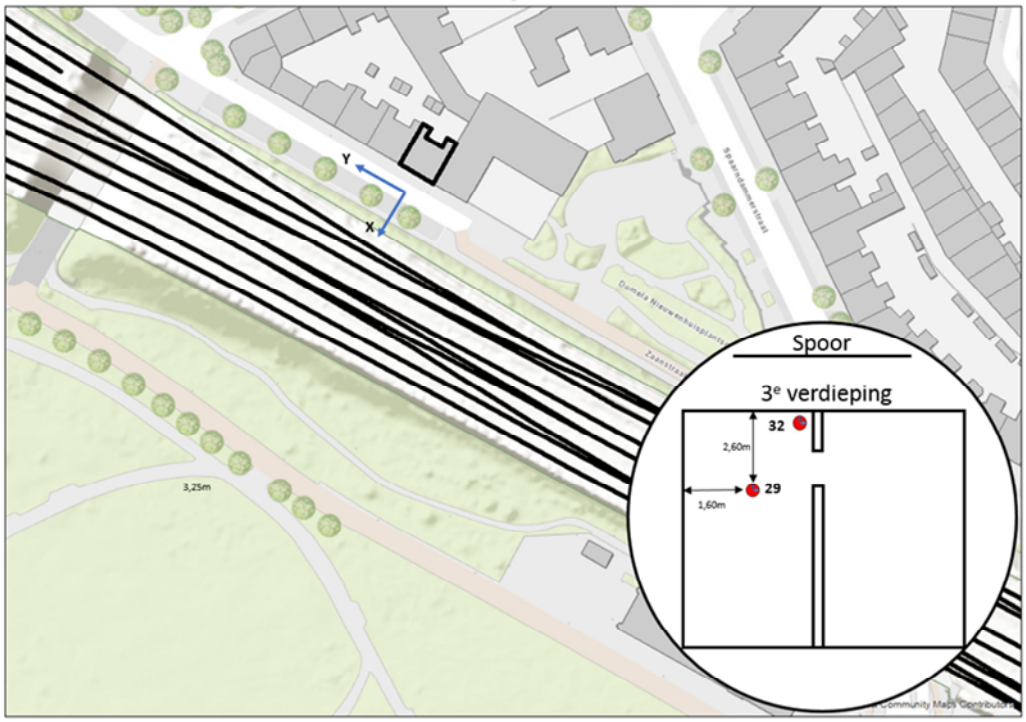
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 156.

Tabel 156 *Gegevens meting Zaanstraat 26*

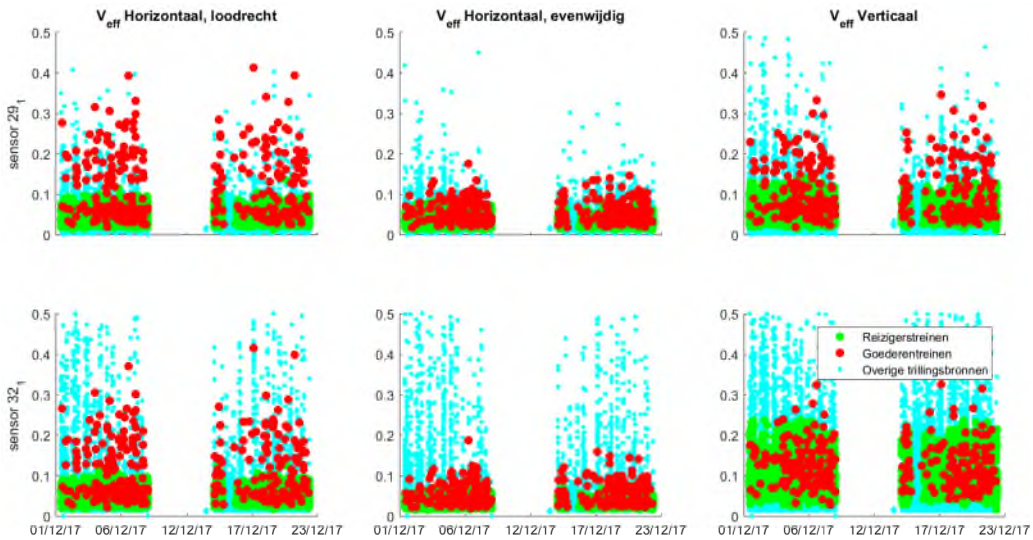
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*01 december 2017 10:41 tot 22 december 2017 08:50*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Vierlaags gebouw, woning bevind zich op derde verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 337*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 337*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*

10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 339*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 338*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 338, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 339.



Figuur 338 *Opstelling sensoren bij Zaanstraat 26*



Figuur 339 *Meetresultaten Zaanstraat 26*

VIII.46.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 340.

Figuur 340 *Meetlocatie Zaanstraat 26 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.46.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 157. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 157 *Resultaten referentiesituatie Zaanstraat 26*

	29, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	0.02	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.07
Vper, avond	0.02	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.06
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.04
Vmax	0.41	0.18	0.35	0.41	0.19	0.32
X (%)	1.59	1.59	6.29	1.59	1.59	50.00
#topX%	31	31	123	31	31	977
μ	-1.27	-2.18	-1.74	-1.35	-2.19	-1.81
σ	0.15	0.15	0.25	0.17	0.17	0.17
β	1.51	1.51	2.12	1.51	1.51	2.85
R	7	6	7	7	7	2

Op deze locatie zijn 3662 reizigers- en 277 goederentreinen gemeten.

VIII.46.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 158.

Tabel 158 *Resultaten berekening plansituatie*

	29, midden vloer			32, stijf punt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.07
Vper, avond	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.07
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.04
Vmax	0.37	0.19	0.34	0.35	0.20	0.31
X (%)	12.54	0.82	0.82	0.82	0.82	50.02
#topX%	260	17	17	17	17	1037
μ	-1.98	-2.07	-1.30	-1.28	-2.07	-1.77
σ	0.37	0.15	0.11	0.11	0.18	0.20
β	2.40	1.17	1.17	1.17	1.17	2.87
R	8	7	5	5	9	2

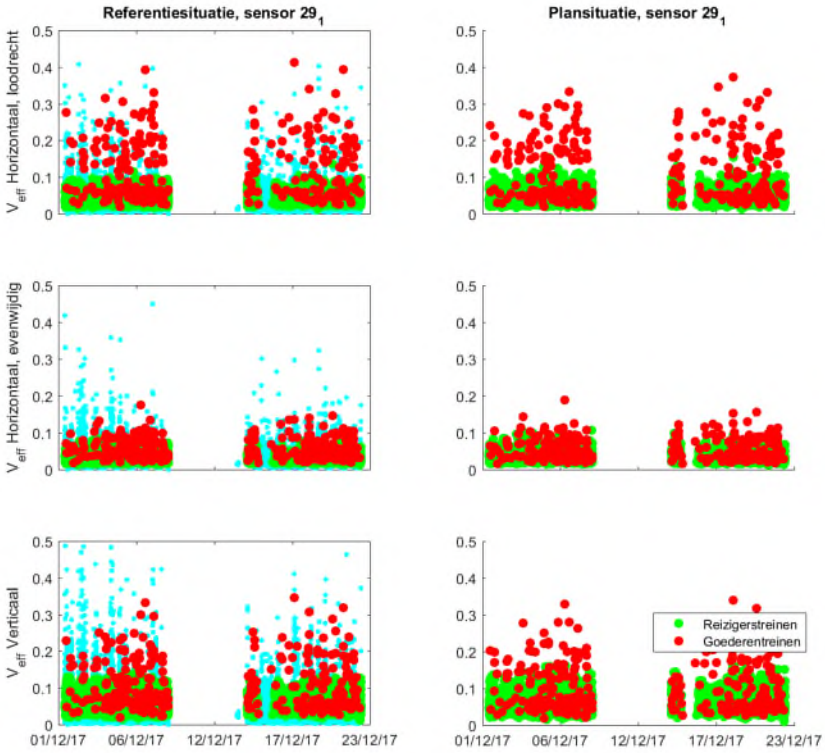
De Q-waarde bedraagt 0.95. De trillingsterkte neemt niet toe.

VIII.46.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 341 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 341 *Resultaten sensor 29 van de VKV*

VIII.47 Spaarndammerdijk 579

De meetlocatie Spaarndammerdijk 579 heeft de functie Wonen, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 342.

Figuur 342 *Gevel Spaarndammerdijk 579*

In dit gebouw is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 2 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 30, 24):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (24) op een stijf punt op de 2e verdieping op tapijt vloer.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (30) zo goed mogelijk in het midden van het vloerveld op de 2e verdieping op tapijt vloer.

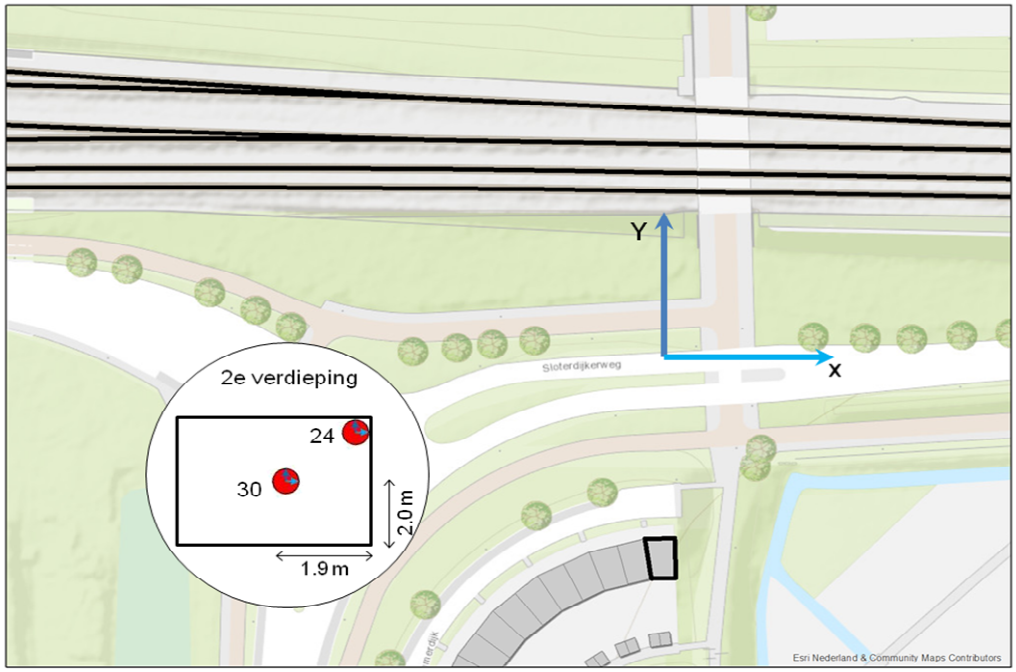
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 159.

Tabel 159 *Gegevens meting Spaarndammerdijk 579*

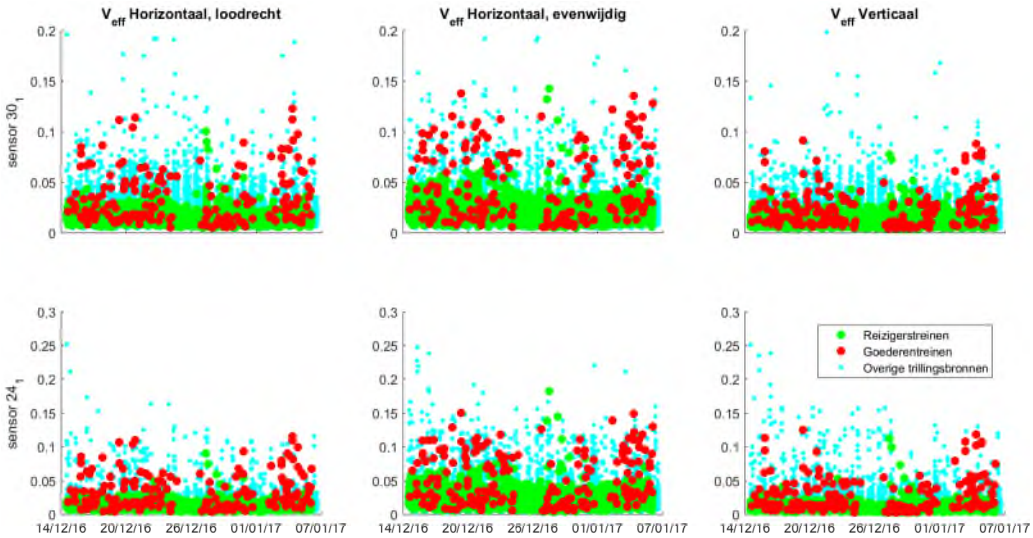
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,* *e-mail: pieter.boon@movares.nl,* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Carolien Christodoulou*
3	Tijdsperiode meting	*14 december 2016 12:42 tot 06 januari 2017 15:59*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse gebouw, woning bevind zich op de tweede verdieping.*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 342*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie Figuur 342*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*

	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 344*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 343*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 343, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 344.



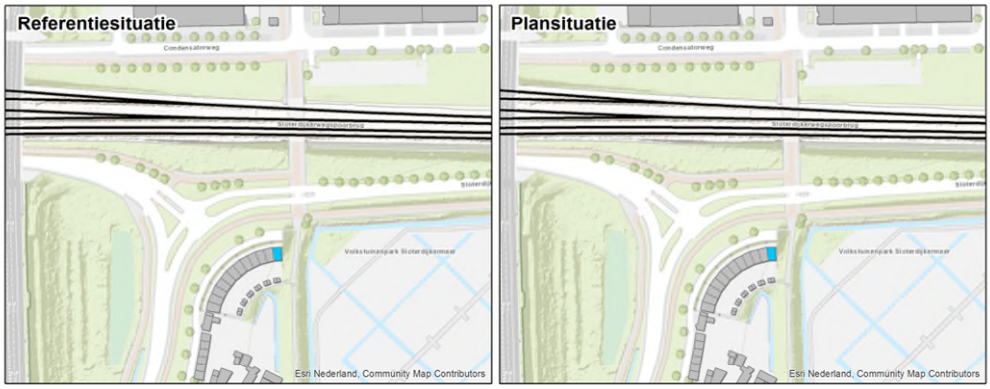
Figuur 343 *Opstelling sensoren bij Spaarndammerdijk 579*



Figuur 344 *Meetresultaten Spaarndammerdijk 579*

VIII.47.1 Wijzigingen

Op deze locatie vinden geen wijzigingen in rijsnelheid, routering of spoorgebruik plaats. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 345.



Figuur 345 *Meetlocatie Spaarndammerdijk 579 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.47.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 160. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 160 *Resultaten referentiesituatie Spaarndammerdijk 579*

	30, midden vloer			24, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax	0.12	0.14	0.09	0.11	0.18	0.12
X (%)	50.53	50.53	50.53	50.53	50.53	50.53
#topX%	48	48	48	48	48	48
μ	-2.63	-2.31	-3.04	-2.69	-2.24	-2.78
σ	0.24	0.16	0.32	0.25	0.17	0.35
β	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
R	8	5	11	9	6	12

Op deze locatie zijn 6709 reizigers- en 188 goederentreinen gemeten.

VIII.47.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 161.

Tabel 161 *Resultaten berekening plansituatie*

	30, midden vloer			24, stijf punt		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Vmax	0.12	0.14	0.09	0.12	0.18	0.13
X (%)	50.55	50.55	50.55	50.55	50.55	50.55
#topX%	46	46	46	46	46	46
μ	-2.63	-2.30	-3.02	-2.68	-2.22	-2.76
σ	0.24	0.15	0.32	0.26	0.17	0.35
β	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
R	9	5	11	9	6	13

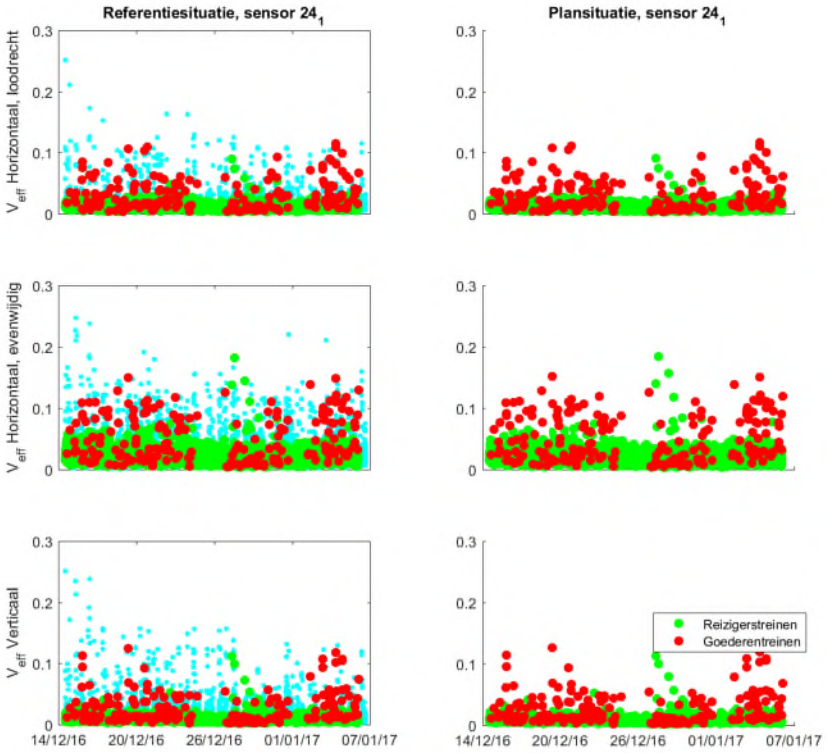
De Q-waarde bedraagt 1.01. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.47.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur 346 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen.



Figuur 346 *Resultaten sensor 24 van de VKV*

VIII.48 Dijksgracht 21

De meetlocatie Dijksgracht 21 heeft de functie Wonen, een foto van deze woonboot is weergegeven in Figuur 347.

Figuur 347 *Gevel Dijksgracht 21*

In deze woonboot is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er zijn 3 meetpunten geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 18, 8, 14):

- 1. Een driedimensionale trillingssensor (18) op het dek.
- 2. Een driedimensionale trillingssensor (8) op de kade.
- 3. Een driedimensionale trillingssensor (14) in het ruim van de boot. Deze sensor is buiten beschouwing gelaten in de analyse omdat deze gedurende een groot deel van de meting last had van een 30 Hz-stoortrilling, waardoor de meetresultaten dusdanig vervuild waren dat treinen niet meer herkenbaar waren in het signaal. De resultaten zijn daarom niet bruikbaar en verder buiten beschouwing gelaten.

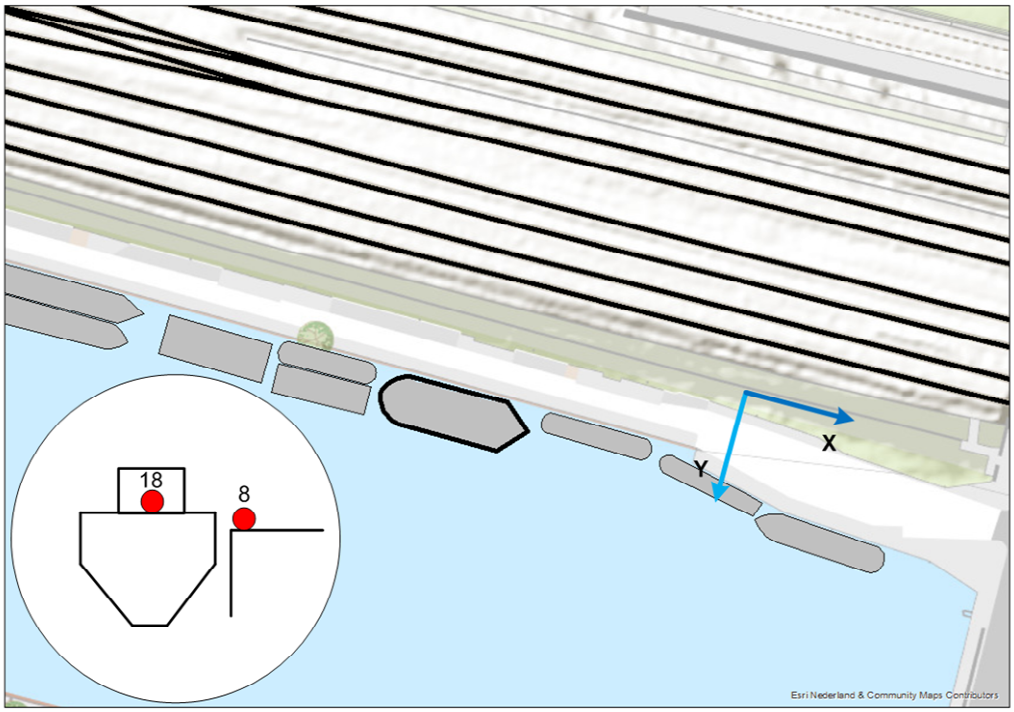
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel 162.

Tabel 162 *Gegevens meting Dijksgracht 21*

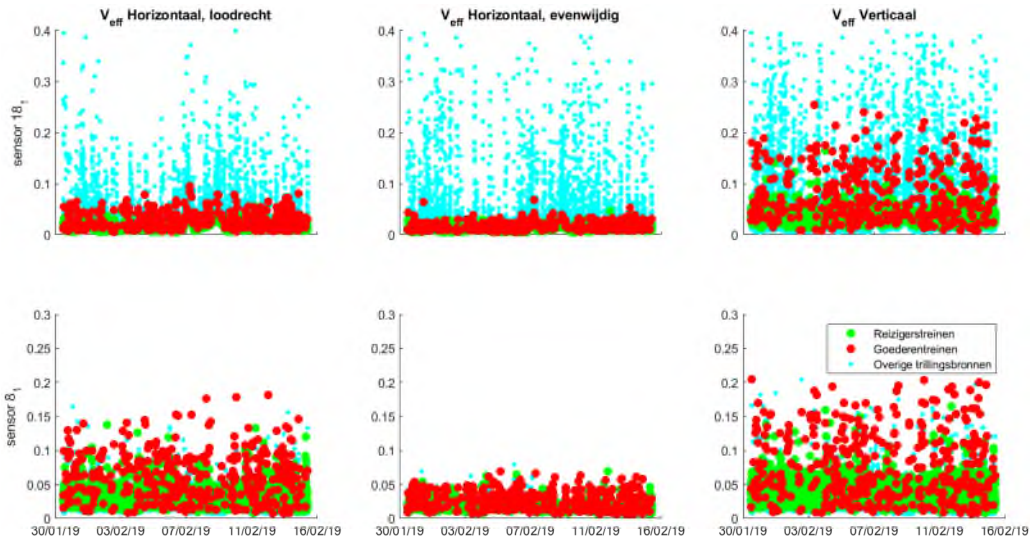
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
		Daalseplein 101
		3511 SX Utrecht
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon,*
		e-mail: pieter.boon@movares.nl,
		tel.: 06-10039454
2	Meting uitgevoerd door	*Guido Bastiaens*
3	Tijdsperiode meting	*30 januari 2019 11:45 tot 15 februari 2019 09:40*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse boot*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur 347*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*

8	Meetposities	*Zie Figuur 347*
9	Gebruikte meetopnemers	*2 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*D-meetcomputer met 2 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur 349*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie Figuur 348*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie Bijlage VI*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur 348, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 349.



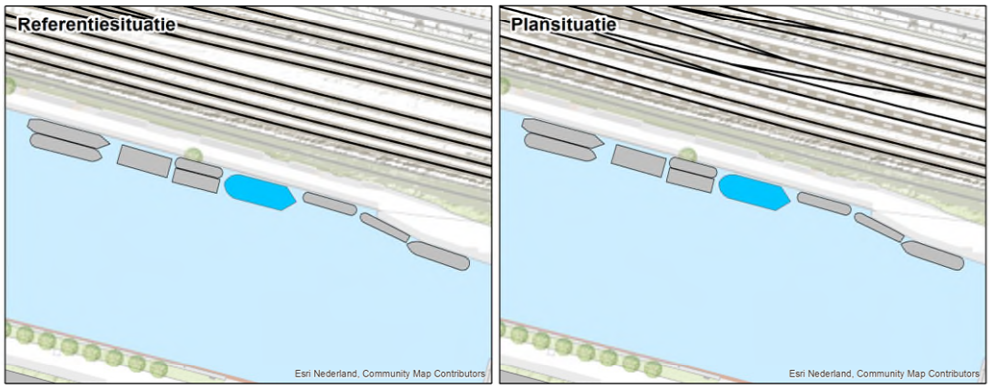
Figuur 348 *Opstelling sensoren bij Dijksgracht 21*



Figuur 349 *Meetresultaten Dijksgracht 21*

VIII.48.1 Wijzigingen

De belangrijkste wijziging op deze locatie is een wijziging van de rijsnelheid van de treinen, een wijziging in spoorligging en deels een wijziging in spoorgebruik. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 350.



Figuur 350 *Meetlocatie Dijksgracht 21 in referentiesituatie (links) en het voorkeursalternatief (rechts)*

VIII.48.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 163. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel 163 *Resultaten referentiesituatie Dijksgracht 21*

	18, midden vloer			8, maaiveld		
	H1	H2	V	H1	H2	V
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.10	0.07	0.25	0.18	0.07	0.22
X (%)	6.41	6.41	50.00	6.41	50.00	50.00
#topX%	25	25	195	25	195	195
μ	-2.66	-3.24	-2.09	-1.96	-3.24	-2.12
σ	0.14	0.19	0.28	0.11	0.21	0.25
β	1.38	1.38	2.29	1.38	2.29	2.29
R	6	9	7	5	5	6

Op deze locatie zijn 4446 reizigers- en 375 goederentreinen gemeten.

VIII.48.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage VI beschreven model. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald. De resultaten van de berekening voor de drie varianten zijn weergegeven in Tabel 164.

Tabel 164 *Resultaten berekening plansituatie*

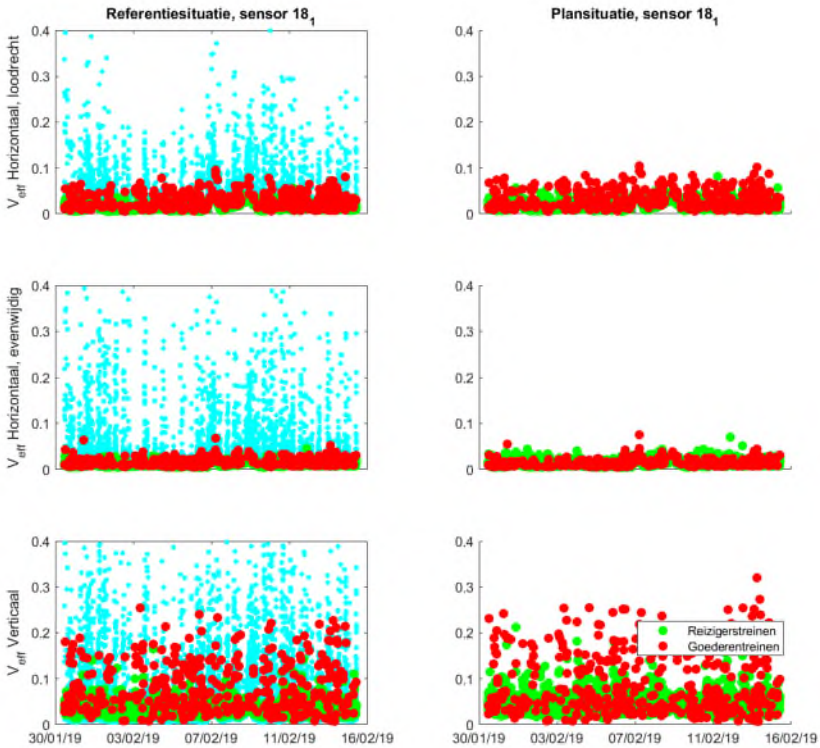
	18, midden vloer			8, maaiveld		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax	0.10	0.08	0.32	0.20	0.12	0.29
X (%)	3.18	3.18	50.05	3.18	3.18	25.03
#topX%	31	31	488	31	31	244
μ	-2.56	-3.23	-2.32	-1.84	-2.67	-1.99
σ	0.13	0.21	0.40	0.13	0.17	0.26
β	1.49	1.49	2.61	1.49	1.49	2.37
R	6	9	7	5	7	6

De Q-waarde bedraagt 1.16. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

VIII.48.4 Conclusies

De trillingssterkte Vmax neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit Vper is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

In Figuur 351 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen van de maatgevende sensor. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen en de wind (m.n. in horizontale richting, dwars op de boot).



Figuur 351 *Resultaten sensor 18 van de VKV*

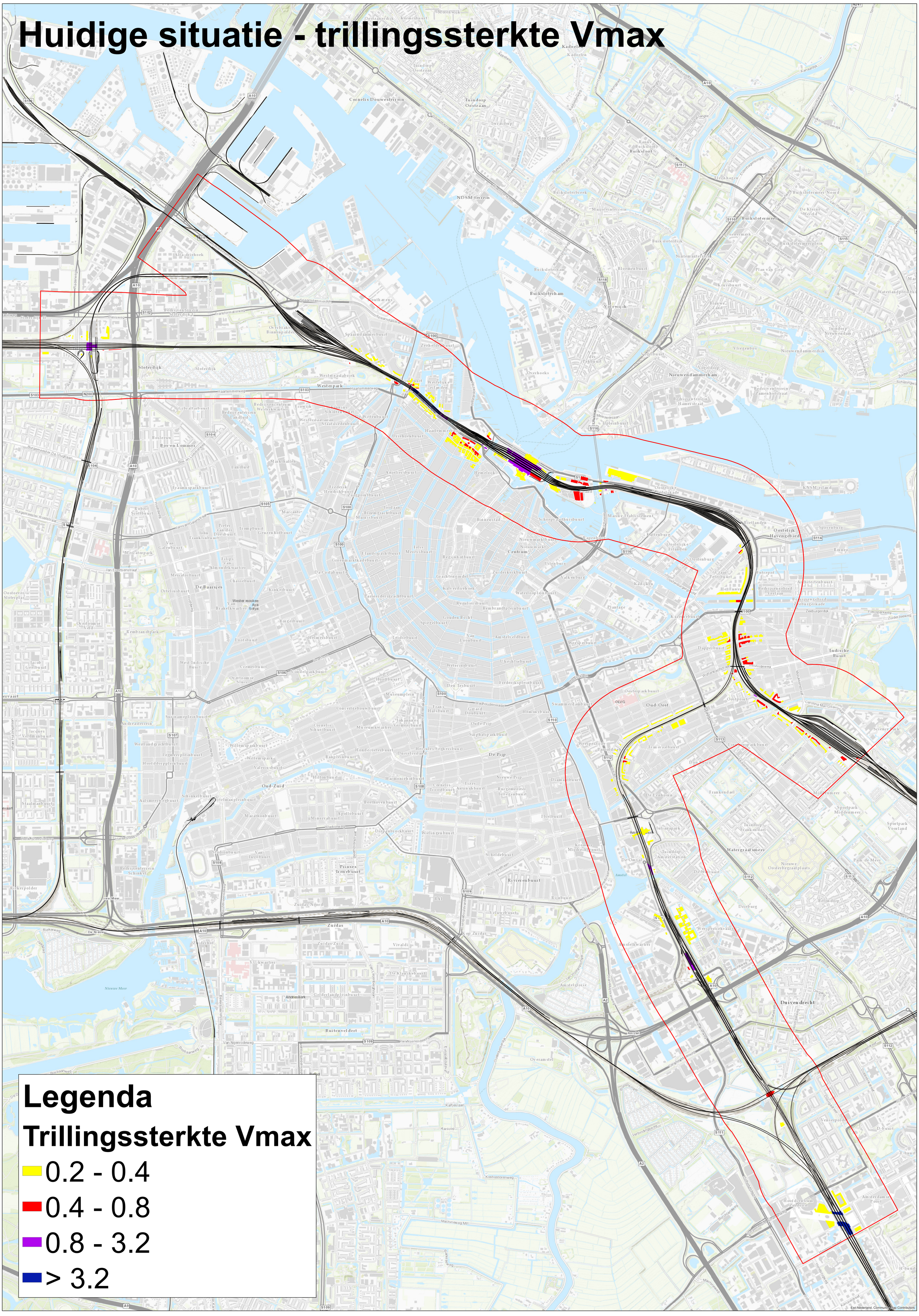
Bijlage IX - Resultaten modelberekeningen

Deze bijlage bevat kaarten met de volgende onderdelen:

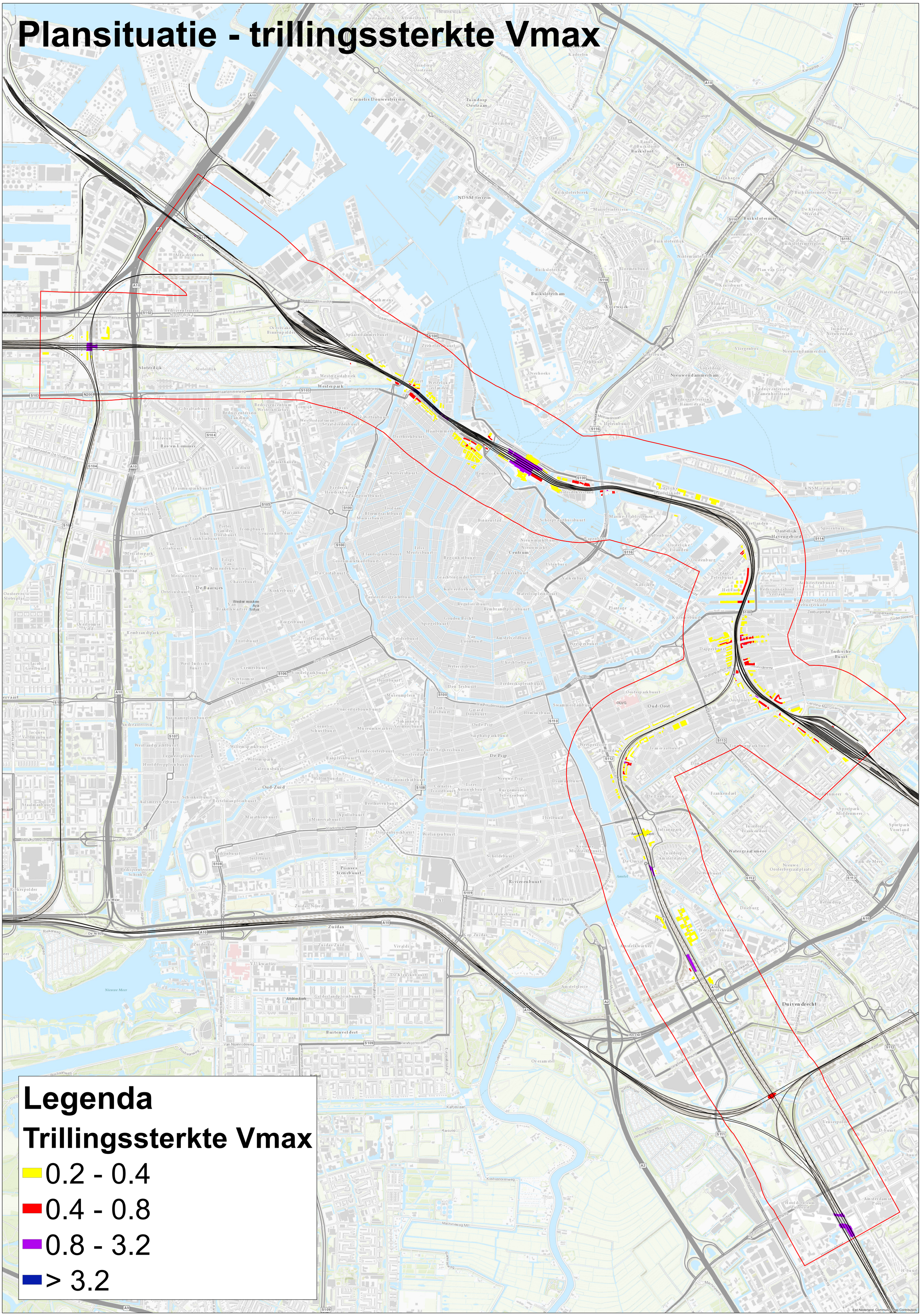
1. Trillingssterkte V_{max} in de bestaande situatie en de VKV. In de referentiesituaties is er slechts een beperkt verschil met de bestaande situatie, deze kaarten zijn daarom niet weergegeven.
2. Trillingsintensiteit V_{per} is niet weergegeven, omdat deze in de meeste woningen erg laag is.
3. Kans op hinder in de bestaande situatie en de VKV. In de autonome groeisituatie is er slechts een beperkt verschil met de bestaande situatie, deze kaarten zijn daarom niet weergegeven.
4. Toename van de trillingssterkte Q voor gebouwen waar de trillingen hoger zijn dan de streefwaarde voor woningen (0.2).

De berekeningen zijn uitgevoerd met Vibra*Dyna* (zie Bijlage I), waarbij gebruik is gemaakt van maaiveldmetingen (Bijlage V) om model te verfijnen en woningmetingen (Bijlage VIII) om de resultaten uit de modelberekeningen te corrigeren voor in woningen gemeten resultaten.

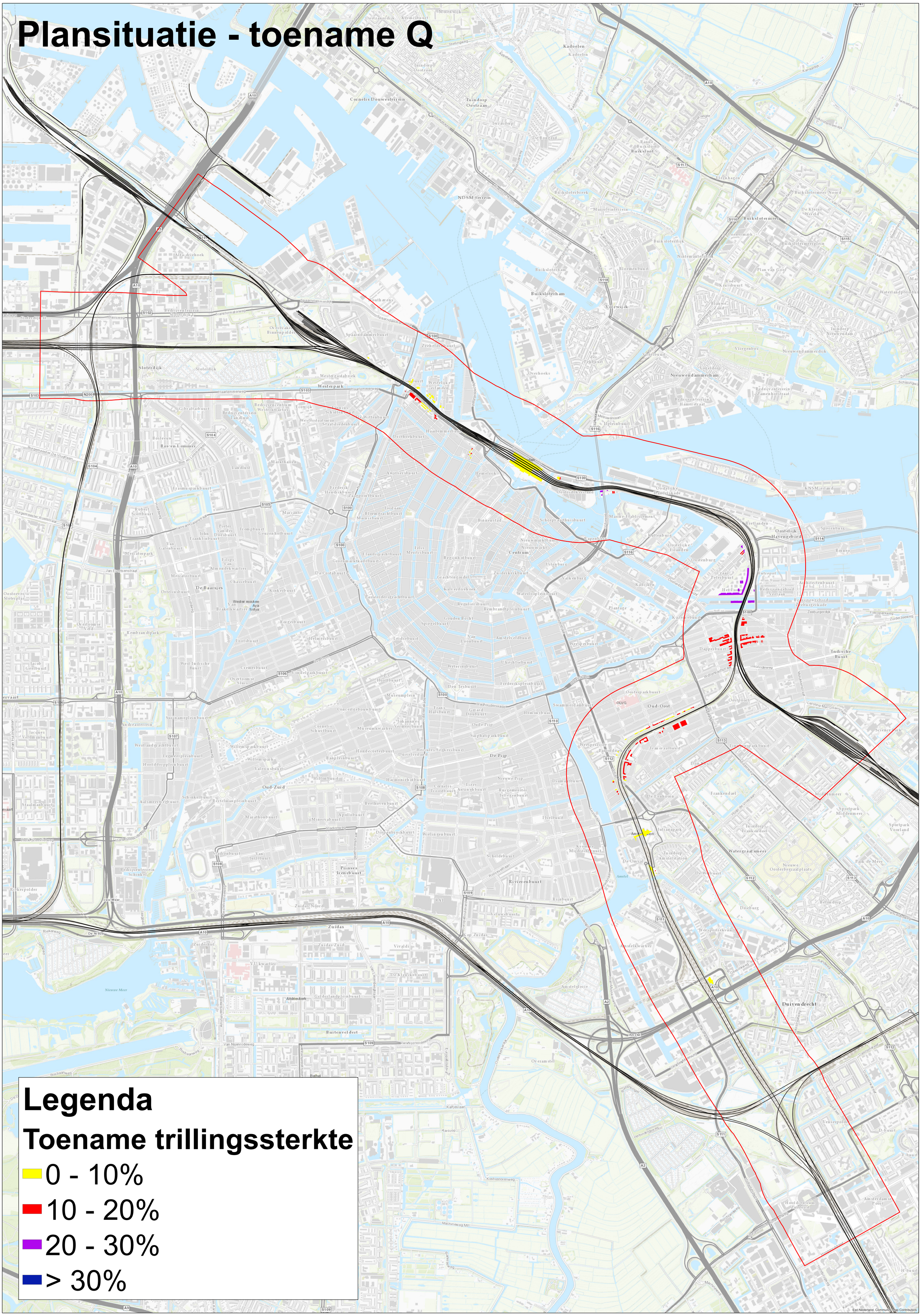
Huidige situatie - trillingssterkte Vmax



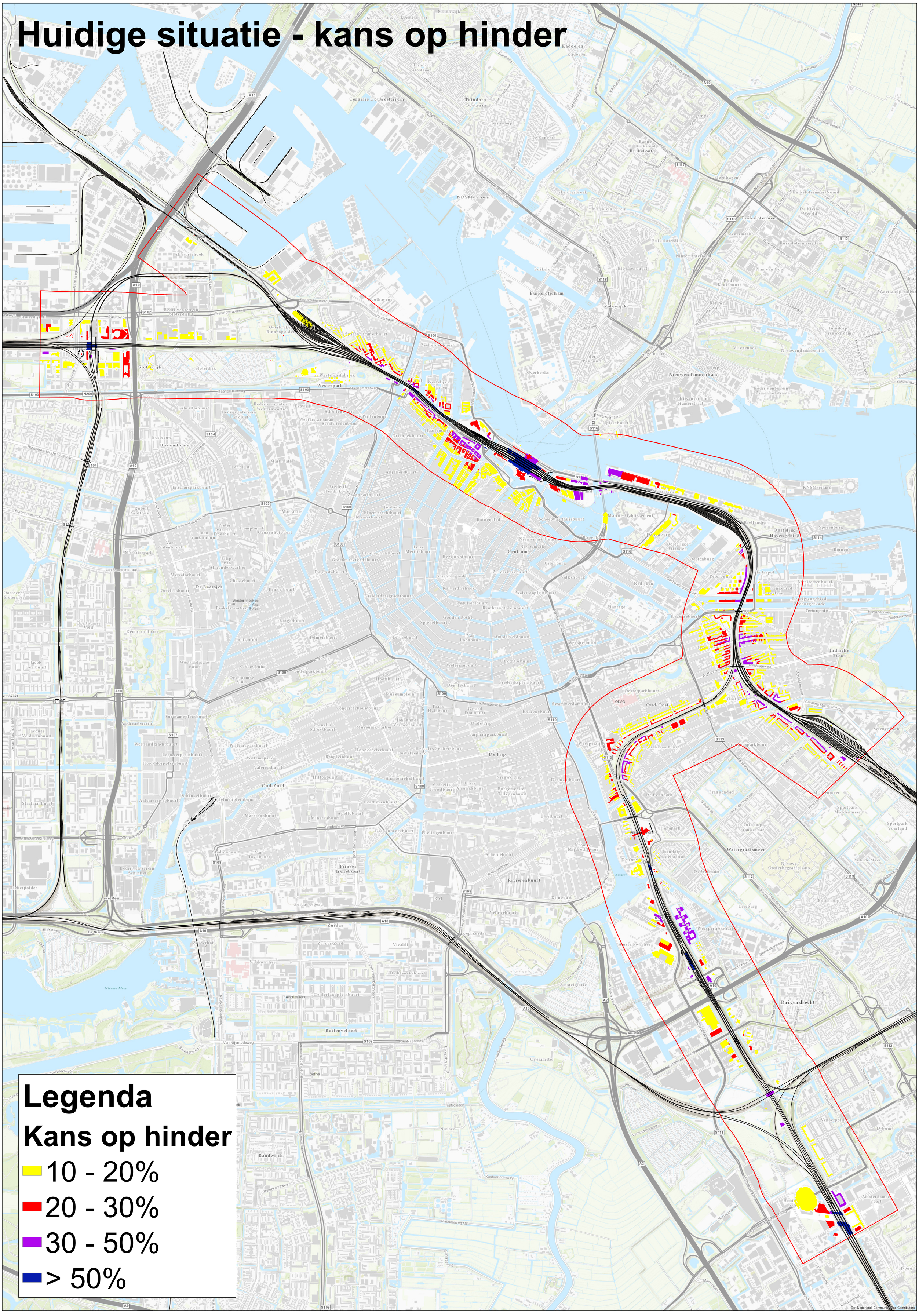
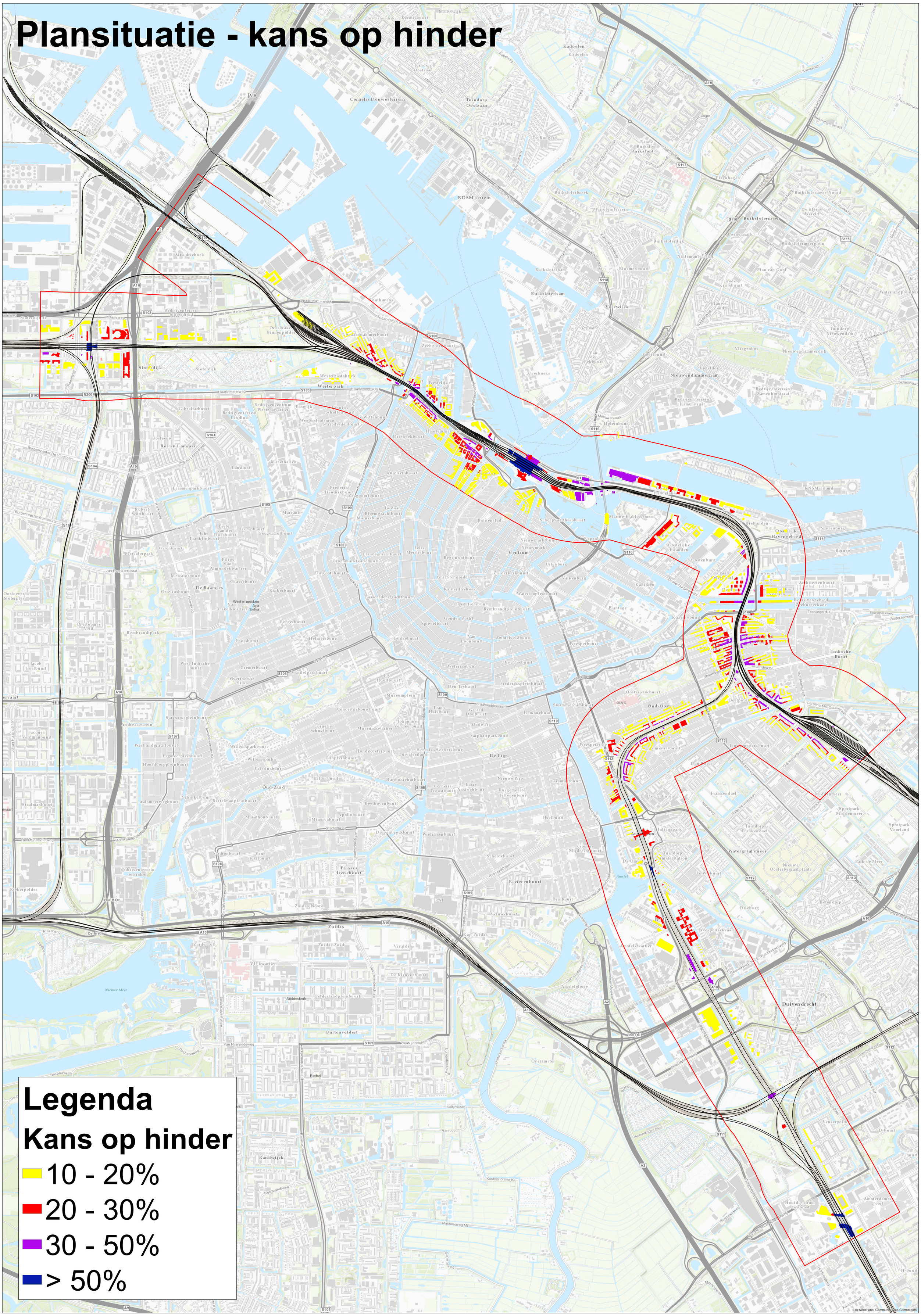
Plansituatie - trillingssterkte Vmax



Plansituatie - toename Q



Huidige situatie - kans op hinder



Plansituatie - kans op hinder