

Havenstraatterrein in Amsterdam
Trillingen GVB-remise

Opdrachtgever

Gemeente Amsterdam Stadsdeel Zuid

Contactpersoon

de heer O. Terpstra

Kenmerk

R057209ag.2174K3U.md

Versie

04_003

Datum

31 augustus 2021

Auteur

ir. M.T. (Mike) Dijkstra

ing. D. (David) Vrolijk

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Uitgangspunten.....	4
2.1	Situatie	4
2.2	Normen	4
3	Metingen.....	5
3.1	Meetmethode	5
3.2	Onbemande metingen	5
3.3	Bemande metingen	7
3.4	Resultaten voor het plan	10
4	Maatregelen	12
5	Conclusie	14

Bijlage

Bijlage I Figuren

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Amsterdam, de heer Terpstra, is een onderzoek verricht naar de mogelijke trillinghinder in de woningen die mogelijk worden gemaakt door het bestemmingsplan Havenstraatterrein. In dit plan is woningbouw voorzien op korte afstand van de remise van GVB aan de Havenstraat. Doel van het onderzoek is te bepalen of trillinghinder kan optreden in de verschillende bouwblokken van het plan als gevolg van de activiteiten van de remise.

In een eerder onderzoek (notitie V057209ag.20dys7n.md van 2 november 2020) is geconcludeerd dat vooral de uitrijdende trams voelbaar kunnen zijn binnen circa 50 m van de remise. Binnen circa 40 m van de remise kunnen ook de normen van het Activiteitenbesluit worden overschreden. Dit onderzoek was gebaseerd op twee meetposities in het plan. Om de knelpunten nauwkeuriger in kaart te brengen, zijn aanvullend metingen verricht.

2 Uitgangspunten

2.1 Situatie

In figuur I.1 in bijlage I is de verbeelding van het bestemmingsplan weergegeven. Ten noordwesten van het plan bevindt zich de remise. Trams rijden de remise op en af aan de noordoostzijde van de remise. Trams worden 's nachts gestald op het buitenterrein en in de loodsen. De kortste afstand van een trambaan tot een woonbestemming is circa 10 m.

2.2 Normen

Voor de remise gelden de voorschriften van het Activiteitenbesluit.

- 1 Trillingen, veroorzaakt door de tot de inrichting behorende installaties of toestellen alsmede de tot de inrichting toe te rekenen werkzaamheden of andere activiteiten, bedragen in geluidsgevoelige ruimten en verblijfsruimten, met uitzondering van geluidsgevoelige ruimten en verblijfsruimten gelegen op een gezondeer industrieterrein, niet meer dan de trillingsterkte, genoemd in tabel 2 van de Meet- en beoordelingsrichtlijn deel B «Hinder voor personen in gebouwen» van de Stichting Bouwresearch Rotterdam, voor de gebouwfunctie wonen.

De bedoelde tabel luidt als volgt:

Tabel 2: Streefwaarden voor continue trillingen voor zowel nieuwe als bestaande situaties

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Bovenstaande voorschriften betekenen dat trillingsterktes in woningen tot hooguit V_{max} 0,2 mm/s (de A₂-waarde in de nacht) toelaatbaar zijn, mits het aantal trillingen niet te hoog is. Trillingsterktes hoger dan V_{max} 0,1 mm/s (de A₁-waarde bij woningen) zijn in principe voelbaar. De voorschriften gelden in (geluid)gevoelige gebouwen zoals woningen, scholen en bepaalde vormen van gezondheidszorg. De normen gelden onder andere niet voor kantoren.

3 Metingen

3.1 Meetmethode

Om de trillingen in het plangebied te bepalen zijn verschillende meetonderzoeken verricht. Dit betreft de volgende:

- Onbemande metingen op twee posities in de periode van 8 tot 18 september 2020 (eerder gerapporteerd in de notitie V057209ag.20dys7n.md van 2 november 2020. Dit rapport vervangt die notitie).
- Onbemande metingen op negen aanvullende posities tussen 5 februari en 10 maart 2021. In deze periode is op iedere positie 6 tot 14 dagen gemeten.
- Bemande metingen op drie posities in het plangebied en drie posities op de remise op 23 april 2021.
- Onbemande metingen op een aanvullende positie tussen 27 mei en 8 juni 2021.

De metingen zijn verricht met Profound Vibra-meetsets en een zelfbouw-meetset bestaande uit drie versnellingsopnemers gekoppeld aan een data-acquisitie-systeem. De metingen zijn verricht conform de SBR-methode deel B.

Bij de onbemande metingen zijn continu alle trillingen geregistreerd. De GVB-remise was tijdens deze metingen normaal in bedrijf, behoudens een periode rond 9 februari toen door sneeuwval geen of minder trams reden. Om onderscheid te maken tussen trillingen van de GVB-remise en overige trillingbronnen is voor de periode van 8 tot 18 september 2020 gebruikgemaakt van de door de GVB aangeleverde in- en uitrijstaten van de meetperiode. Met deze informatie is met voldoende zekerheid bepaald dat de gemeten trillingen afkomstig waren van de GVB-remise. Daarbij bleek dat behalve de GVB-remise zich nauwelijks andere relevante trillingbronnen in dit gebied bevinden. Voor de periode februari tot maart is daarom geen gebruikgemaakt van de dagelijkse in- en uitrijstaten, maar is met vergelijking van de punten onderling en de bekende in- en uitrijtijden, onderscheid gemaakt tussen verstoringen en trams.

De historische tram was tijdens het gehele meetonderzoek niet in bedrijf.

Bij de bemande metingen was de GVB-remise wel in bedrijf, maar werd op ons verzoek met trams over bepaalde sporen gereden.

3.2 Onbemande metingen

De onbemande metingen zijn op de volgende locaties uitgevoerd (zie figuur I.1 en I.2 voor de locaties):

- 23: Unit 23 op de vloer van stoeptegels van 3 tot 10 maart 2021
- 21: Unit 21 op de betonnen vloer van 18 tot 24 februari 2021
- 26: Unit 26 op een houten draagbalk van de houten vloer van 18 februari tot 3 maart 2021
- 14a, b en c: Op drie locatie op de betonnen vloer in unit 14 van 24 februari tot 10 maart 2021
- 11: Unit 11 op de betonnen vloer van 18 februari tot 3 maart 2021
- 12: Unit 12 op de betonnen vloer van 5 februari tot 18 februari 2021
- 4: Unit 4 op de betonnen vloer van 18 tot 24 februari 2021

- Total: De Total-tankshop op de betonnen vloer van 5 tot 18 februari 2021
- 1a en b: Op twee locaties in unit 1 op de betonnen vloer van 9 tot 18 februari 2021
- 17: Unit 17 op de betonnen vloer van 8 tot 18 september 2020
- 10: Naast unit 10 op het maaiveld van een grasstrook van 8 tot 18 september 2020
- GVB-kantoor: Op de eerste verdieping van het kantoorgebouw op het GVB-terrein van 27 mei tot 8 juni. Een sensor is in de hoek van de ruimte geplaatst en een sensor is op de stenen schouw geplaatst. Deze posities zijn gekozen om de opslingering van de vloer niet mee te meten.

De sensor is indien mogelijk op een betonnen vloer geplaatst. Dit was niet mogelijk bij 23, 26 en 10. Bij deze posities is daardoor mogelijk een afwijkende waarde gemeten dan als op een betonnen vloer was gemeten. De foto's in bijlage I geven enkele opstelwijzen van de sensoren aan. De afwijkende waarde kan hoger of lager zijn. Hiervoor is niet gecorrigeerd.

Bij de uitwerking van de metingen is gebruikgemaakt van de gegevens die door GVB zijn aangeleverd met tijdstippen van in- en uitrijdende trams tijdens de meetperiode in september 2020. Hieruit blijkt dat per dag bijna 120 voertuigen in- en uitrijden. Uitrijden vindt voornamelijk plaats tussen 05.00 en 07.00 uur (ruim 80%). Inrijden vindt voornamelijk plaats tussen 00.00 en 02.00 uur (ruim 50%) en tussen 18.00 en 22.00 uur (ruim 30%). Figuur I.12 en I.13 geven de gemeten trillingen over een hele nacht weer met de in- en uitrijdende trams duidelijk zichtbaar.

Per meetpositie zijn de hoogste waarden opgenomen in tabel 3.1. De dominante frequentie is 4 tot 15 Hz, meestal 5 Hz. In figuur I.14 en I.15 is een typisch spectrum van de trillingen weergegeven.

Tabel 3.1

Resultaten

Meetpositie	Afstand tot dichtstbijzijnde spoor	Waarde SBR-B Vmax Z-richting	Opmerking
23	5 m	0,6 à 0,8 soms 1,3	Geen betonvloer
17	10 m	0,4 tot 0,55	
21	10 m	0,3 tot 0,35 soms 0,45	
26	30 m	0,2 tot 0,25	Geen betonvloer b.
12	10 m (uitrijzijde)	0,15 tot 0,2	a.
Gvb-kantoor	12 m (uitrijzijde)	0,12 tot 0,15	In gebouw 4/5 lagen. d.
14	25 à 36 m	0,12 tot 0,15	
11	45 m	< 0,1	
10	45 m	Tot circa 0,1	Geen betonvloer
4	45 m (uitrijzijde)	< 0,1	
Total	25 m	Tot circa 0,1	c.
1	40 m (uitrijzijde)	0,1 tot 0,15	

Uit tabel 3.1 is af te leiden dat globaal geldt dat een grotere afstand tot lagere waarden leidt.

Uitzondering hierop is:

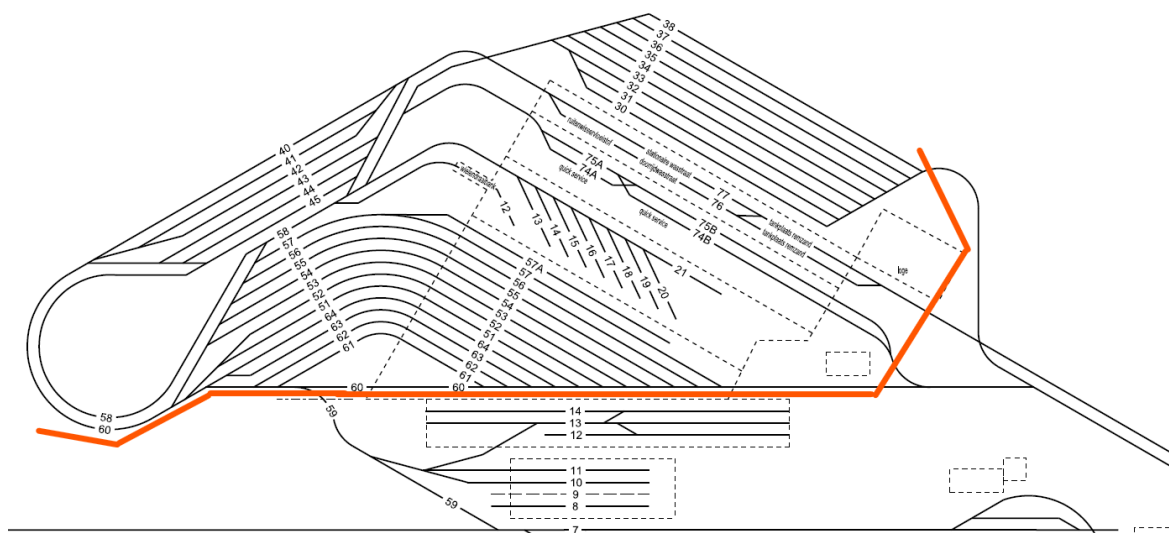
- De lage waarde bij positie 12. Mogelijk worden hier lagere waarden dan bij positie 17 en 21 gemeten doordat zich geen wissel in de directe nabijheid van positie 12 bevindt.
- De relatief hoge waarde bij positie 26. Dit kan komen doordat de sensor zich niet op een betonnen vloer bevond maar op een houten balk.
- De lage waarde bij positie Total. Hier worden lagere waarden gemeten dan bij positie 1. Mogelijk is de tankshop onderheid en het gebouw (de Kringloop) van positie 1 niet.
- De lage waarde bij positie GVB-kantoor. Dit betrof een meetpositie in een gebouw van 4 à 5 bouwlagen. Ook bevindt zich hier (net als bij positie 12) geen wissel in de directe omgeving.

3.3 Bemande metingen

Op 23 april 2021 zijn aanvullend metingen verricht deels op het GVB-terrein. Hierbij zijn metingen verricht in de buurt van de keerlus om het effect hiervan te bepalen en is nader onderzoek gedaan naar de optredende trillingen.

Keerlus

Om het effect van de keerlus te meten zijn op meetpositie A en B (zie figuur I.1 en I.2) metingen verricht terwijl een tram over de keerlus en over spoor 60 reed. Meetpositie A ligt op het punt van het plan dat het dichtstbij de keerlus ligt (vergelijkbaar met meetpunt 23 van de onbemande metingen). Meetpunt B ligt op gelijke afstand als A van spoor 60. In navolgende tabel zijn de meetresultaten samengevat.



Figuur 3.1

Sporen-lay-out. Gebouwen zijn met stippellijnen weergegeven. De rode lijn is globaal de erfgrans. Sporen 7-14 horen bij de historische tramlijn

Tabel 3.2

Meetresultaten positie A en B bij zes passages van een tram over keerlus en spoor 60

Positie A, Vmax-waarde Z-richting	Positie B, Vmax-waarde Z-richting
0,51	0,5
0,3	0,25
0,5	0,41
0,39	0,32
0,41	0,49
0,37	0,29
Gemiddelde 0,41	Gemiddelde 0,38

Uit tabel 3.2 wordt geconcludeerd dat de waarden praktisch vergelijkbaar zijn. Hiermee is de invloed van de keerlus verwaarloosbaar. Voor horizontale richting zijn de waarden bij de keerlus, positie A, zelfs lager dan bij positie B.

Tramtype

Ook is het effect onderzocht van het nieuwe tramtype 15g. De overgrote meerderheid van de trams op de remise betreft het Combino-type. Onderzocht is of de 15g tot hogere trillingen leidt.

Tabel 3.3

Meetresultaten (Vmax-waarde Z-richting) bij Combino en bij 15g bij verschillende passages en meetposities

Meting	Tramtype Combino	Tramtype 15 g
Positie A route 60	0,51 / 0,45 / 0,4	0,3 / 0,39 / 0,37
Positie B route 60	0,53 / 0,41 / 0,52	0,23 / 0,37 / 0,29
Positie C route 60	0,33 / 0,45 / 0,32 / 0,43	0,24 / 0,29 / 0,21 / 0,29

Uit tabel 3.3 blijkt dat de 15g structureel circa 30% lagere trillingen geeft. Dit betekent dat de onbemande metingen ook representatief zijn voor de toekomstige situatie (met meer 15g-trams).

Sporen en wissels

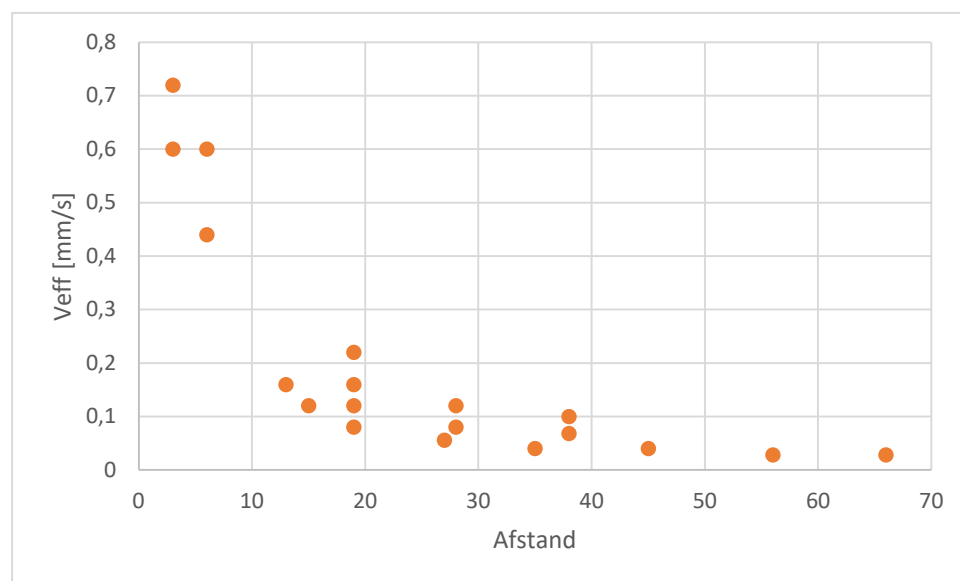
In tabel 3.1 is de afstand tot het dichtstbijzijnde spoor (spoor 60) als parameter opgenomen. Het is echter mogelijk dat andere sporen tot hogere trillingen leiden. Hiervoor zijn metingen verricht op positie B, C, D, E en F terwijl een tram over spoor 60, 61, 64, 53 en 54 reed. In navolgende tabel zijn de resultaten samengevat. Bij positie E en F zijn praktisch gelijke waarden gemeten.

Tabel 3.4

Meetresultaten Vmax Z-waarde SBR B

Spoor	Positie B	Positie C	Positie D	Positie E/F
60	0,6 à 0,72	0,44 à 0,6	0,08 à 0,12	0,03
61	n.v.t	0,16 à 0,22	0,06	0,03
64	n.v.t	0,08 à 0,12	0,07	< 0,03
53/54	0,12 à 0,16	0,04	< 0,03	< 0,03

Door per meetpositie de afstand tot het spoor te bepalen en deze uit te zetten tegen de gemeten trillingen wordt figuur 3.2 verkregen. Deze waarden gelden voor de Combino. De waarden komen goed overeen met die van tabel 3.1. Dit betekent dat het belangrijkste criterium de afstand is en de trillingsterkte minder van bepaalde toevalligheden (bij bepaalde sporen) afhangt. Enige kanttekening hierop is waarschijnlijk de invloed van wissels. Bij meetpositie E zijn lage waarden gemeten terwijl op positie 14 en 11 bij de onbemande meting hogere waarden zijn gemeten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van wissels. Positie E ligt verder (ruim 50 m) van wissels dan positie 14 en 11 (circa 45 m). Deze afstand tot wissels verklaart ook waarom bij positie 12 relatief lage waarden zijn gemeten (zie opmerking a. bij tabel 3.1). Ondanks dat positie 12 dichtbij een spoor ligt, is de dichtstbijzijnde wissel ook ruim 50 m verder gelegen.



Figuur 3.2

Gemeten waarden bemande meting uitgezet tegen meetafstand

Wissels zijn dus een relevante bron van trillingen. Het gaat om de wissels na de keerlus (vooral die om te kiezen voor de sporen 61-64) en de wissels in de remise die in spoor 60 liggen (en waar de sporen 61-64 en 51-57 in uitkomen).

3.4 Resultaten voor het plan

In de nieuwbouw zal de trillingsterkte afwijken van de trillingsterkte zoals gemeten. Dit is het gevolg van de volgende effecten:

- *Reductie*: De fundering van het gebouw zal anders reageren op de bodemtrilling dan de meetsensoren. Hierbij is de massa en stijfheid van het gebouw van belang als ook de funderingswijze. Bij een niet al te groot betonnen/gemetseld gebouw op palen treedt in het algemeen hierbij een reductie op met een factor van 0,5 tot 0,7. Dit doet zich bijvoorbeeld voor bij het punt GVB-kantoor dat zich in een gemetseld gebouw bevindt, waarbij de waarden circa een factor 0,7 lager zijn dan verwacht op die afstand. In deze situatie worden relatief hoge gebouwen (16 à 19 m hoog) toegepast en zal - vooral in verticale richting - de reductie groter zijn (een factor van circa 0,4 à 0,6 in plaats van 0,5 tot 0,7).
- *Versterking*: In de nieuwbouw kan nog versterking van verticale trillingen optreden doordat het midden van vloervelden sterker trilt dan de oplegpunten. Over het algemeen is deze versterking een factor 2 à 3.

In figuur 3.3 is de geplande invulling met bouwblokken gegeven.



Figuur 3.3

Planinvulling met nummering van bouwblokken

De genoemde effecten kunnen netto een lichte versterking (factor 1,2) opleveren. Dit betekent dat midden op de vloeren van de gebouwen de trillingen circa 20% hoger zijn dan nu gemeten.

- Blok 1 ligt ter hoogte van meetpunten Total en 1. Hier worden Vmax-waarden verwacht van tot 0,18 mm/s. Deze zijn overigens het gevolg van de trams die tussen remise en doorgaand spoor rijden (het raccordement).
- Blok 2 ligt ter hoogte van meetpunten 12 en 4. Hier worden niveaus verwacht van tot 0,24 mm/s.
- Blok 3 ligt ter hoogte van meetpunten 14, 11 en 10. Hier worden niveaus verwacht tot 0,3 à 0,36 mm/s.
- De oostelijke helft van blok 4 ligt ter hoogte van meetpunten 21, 17 en 26. Hier worden niveaus verwacht tot 0,42 à 0,66 mm/s.
- Bij de westelijke helft van blok 4 kunnen nog hogere waarden optreden tot circa 1,0 mm/s. Hier zijn echter geen woningen of andere geluidgevoelige functies voorzien. Vanuit het Activiteitenbesluit gelden hier geen normen. De SBR-richtlijn geeft wel streefwaarden voor bijvoorbeeld bijeenkomstfuncties en kantoorfuncties. Deze zijn ruimer dan voor woningen (zie paragraaf 2.2) maar worden ook overschreden.

Bovenstaande waarden betekenen dat in alle blokken trillingen voelbaar kunnen zijn (Vmax hoger dan 0,1). In blok 2, 3 en 4 worden ook de normen overschreden (Vmax hoger dan 0,2) als hier woningen worden gerealiseerd.

4 Maatregelen

Bij trillingreducerende maatregelen geldt dezelfde voorkeur als bij geluidreducerende maatregelen: bronmaatregelen hebben de voorkeur ten opzichte van overdrachts- en ontvangersmaatregelen.

Bronmaatregelen

Bronmaatregelen kan men als volgt onderverdelen:

- Logistieke maatregelen. Dit kan bestaan uit het verplaatsen in de tijd van de bron. Is het mogelijk om trams niet in de nachtperiode te laten rijden? Voor de nachtperiode is de norm strenger dan voor de dagperiode. De norm van de dagperiode wordt alleen overschreden bij blok 4. Gezien de dienstregeling van de Amsterdamse tram is het echter niet mogelijk om de activiteiten alleen tot de dag- en avondperiode te beperken.
- Verplaatsing van bron / vergroting afstand. Met het vergroten van de afstand tussen bron en ontvanger is bij trillingen een belangrijke reductie te verkrijgen. In deze situatie zou een verplaatsing van 20 à 30 m betekenen dat de norm niet of nauwelijks meer wordt overschreden. Echter, dit zou betekenen dat het belangrijke spoor 60 (uitrijspoor) moet worden verplaatst of dat de bouwblokken verder van de remise moeten worden geplaatst.
- Verplaatsing van een deel van de bron. De wissels in spoor 60 zijn waarschijnlijk een belangrijke trillingbron. In principe kan het mogelijk zijn om de sporen-lay-out zodanig te wijzigen dat de wissels uit spoor 60 kunnen worden gehaald en op grotere afstand van de bouwblokken komen. Dit betekent echter een compleet andere sporen-lay-out en compleet ander gebouwgebruik bij de remise. Dit is weinig realistisch.
- Rails op trillingdempende voorziening plaatsen (floating slab track). De rails van de sporen binnen circa 20 à 30 m zouden op trillingdempende matten kunnen worden geplaatst. Dit is uiteraard een kostbare maatregel, maar helaas is ook het effect onzeker. Eventueel zou dit alleen beperkt kunnen worden tot de wissels, maar gezien het grote aantal wissels is dit nog steeds een kostbare operatie. Het effect is bekend voor railvoertuigen op doorgaand spoor (met hogere snelheid), maar bij railvoertuigen in een remise is het effect minder zeker.
- Vervanging van de wissels. Bij ons zijn geen trillingarme wissels bekend.
- Snelheid. Er is geen nader onderzoek gedaan naar het effect van snelheid. Op het hele terrein is de snelheid al begrensd tot 10 km/u.

Overdrachtsmaatregelen

Een overdrachtsmaatregel betreft het aanbrengen van grondschermen. Deze bestaan in principe uit materiaal dat veel zwaarder is dan grond (betonnen diepwand) of juist veel lichter (lucht in de vorm van een greppel of een elastisch materiaal - niet EPS). Met grondschermen is echter nog niet voldoende (positieve) ervaring opgedaan. Het effect van deze maatregel is daardoor onzeker.

Een bijzondere vorm van grondschermen is het bekleden van de fundering en ondergrondse bouwdelen met een elastische laag. Hiermee zijn in Rotterdam bij woningen proeven gedaan. Het resultaat hier is echter ook onzeker aangezien geen goede meetresultaten van het effect van de maatregel beschikbaar zijn.

In deze situatie is het toepassen van een grondschermdoel logischer dan het bekleden van de funderingen ondergrondse bouwdelen. Doordat het nieuwbouw betreft en gezien de ruimte (vooral bij blok 2 en 3) biedt een grondschermdoel kansen.

Ook is het vermoeden dat trillingen van trams zich vooral aan de oppervlakte van de bodem verplaatsen en minder relevant zijn voor de grotere dieptes. Dit zou betekenen dat een grond-scherm niet zo diep hoeft te zijn als de fundatiepalen van de bouwblokken.

Ontvangersmaatregelen

Bij ontvangersmaatregelen is de meest praktische maatregel het plaatsen van de gebouwen op een trillingdempende fundering. Dit betekent dat stalen veren of kunststof blokken in de fundering worden opgenomen. Dit is een bewezen techniek, maar uiteraard kostbaar en ingrijpend voor het ontwerp van een gebouw. Als een ondergrondse (parkeer)laag aanwezig is, kan deze trilling-demping ter hoogte van het maaiveld in het gebouw worden opgenomen. Bij ontvangers-maatregelen kan ook gedacht worden aan stijvere vloeren of zwaardere gebouwen, maar het effect hiervan is beperkt en mogelijk onvoldoende.

In tabel 4.1 zijn de mogelijke maatregelen weergegeven.

Tabel 4.1

Overzicht maatregelen

Maatregel	Effect	Schatting kosten
Spoor 60 en nabijgelegen sporen trillingdempend opstellen	Redelijk tot goed maar enigszins onzeker	10 à 20 miljoen
Diepwand	Redelijk tot goed maar enigszins onzeker	2 à 3 miljoen
Gebouw fundering trillinggedempt uitvoeren	Goed	5.000 per woning?
Gebouw en vloeren stijf en zwaar	Beperkt (onvoldoende voor blok 4)	0 tot 5.000 per woning?

5 Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat zonder maatregelen in de vier bouwblokken de trillingen van de rijdende trams voelbaar zijn. Voor blok 2 t/m 4 wordt ook verwacht dat de trillingen hinderlijk zullen zijn. In tabel 5.1 zijn de verwachte waarden weergegeven. Waarden hoger dan 0,1 mm/s zijn voelbaar en waarden hoger dan 0,2 mm/s zijn in de nachtperiode mogelijk hinderlijk.

De trillingen worden veroorzaakt door het rijden van trams over met name het dichtstbijzijnde spoor (spoor 60) dat over de hele lengte van de remise langs de erfgrans loopt op korte (circa 10 m) afstand van het plan. Ter plaatse van wissels (veel aanwezig) treden sterkere trillingen op.

Het verdient de voorkeur om de bouwblokken met woningen op trillingdempende voorzieningen te plaatsen. Dit betekent een aanpassing van de fundering. Rekening moet worden gehouden met een dominante frequentie van de trillingen van 4 à 5 Hz. Bij blok 2 en 3 zou eventueel het verst gelegen deel (afstand tot erfgrans GVB groter dan 40 m) niet van trillingdemping kunnen worden voorzien mits dit bouwdeel gedilateerd wordt van het trillinggedempte deel. Voor het westelijk deel van blok 4 wordt aanbevolen geen woningen te bouwen aangezien niet verwacht wordt dat voldoende reductie kan worden bereikt met maatregelen. In dit westelijk deel is onder andere bedrijven, detailhandel, dienstverlening en horeca voorzien. Hier zullen duidelijk voelbare trillingen optreden waarvoor maatregelen ook aan te bevelen zijn. Bij functies zoals kantoren en bijeenkomstfuncties adviseren we het gebouw ook op een trillinggedempte fundering te plaatsen. Ook 'rustige' horeca (hotel of restaurant) en 'rustige' detailhandel/dienstverlening zouden gehinderd kunnen worden bij de verwachte trillingen als geen maatregelen worden getroffen. De wettelijke norm van het Activiteitenbesluit geldt overigens alleen voor woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen.

Mogelijk kan voor blok 2 en/of 3 worden volstaan met een minder ingrijpende maatregel zoals het aanbrengen van een diepwand. Het effect van deze maatregel is echter onzeker.

Tabel 5.1

Overzicht resultaten en maatregelen

Blok	Prognose Vmax midden vloer [mm/s]	Normoverschrijding	Maatregel
1	Tot 0,18	Geen	Geen
2	Tot 0,24	Factor 1,2 (norm = 0,2)	Trillingdemping fundatie Of diepwand? Of stijf bouwen?
3	0,3 tot 0,36	Factor 1,5 à 1,8 (norm = 0,2)	Trillingdemping fundatie Of diepwand?
4 oostelijke deel	0,42 à 0,66	Factor 2,1 à 3,3 (norm = 0,2)	Trillingdemping fundatie
4 westelijk deel	Tot 1,0	Factor 1,7 (norm = 0,6 geen woning)	Geen woning, desgewenst ook trillingdemping fundatie voor kantoor- of bijeenkomstfunctie

Aanbevolen wordt een maatwerkvoorschrift op te stellen voor de GVB-remise waarin de trillingnormen van het Activiteitenbesluit niet binnen in de woningen worden getoetst, maar op een andere locatie.

LBP|SIGHT BV



ir. M.T. (Mike) Dijkstra



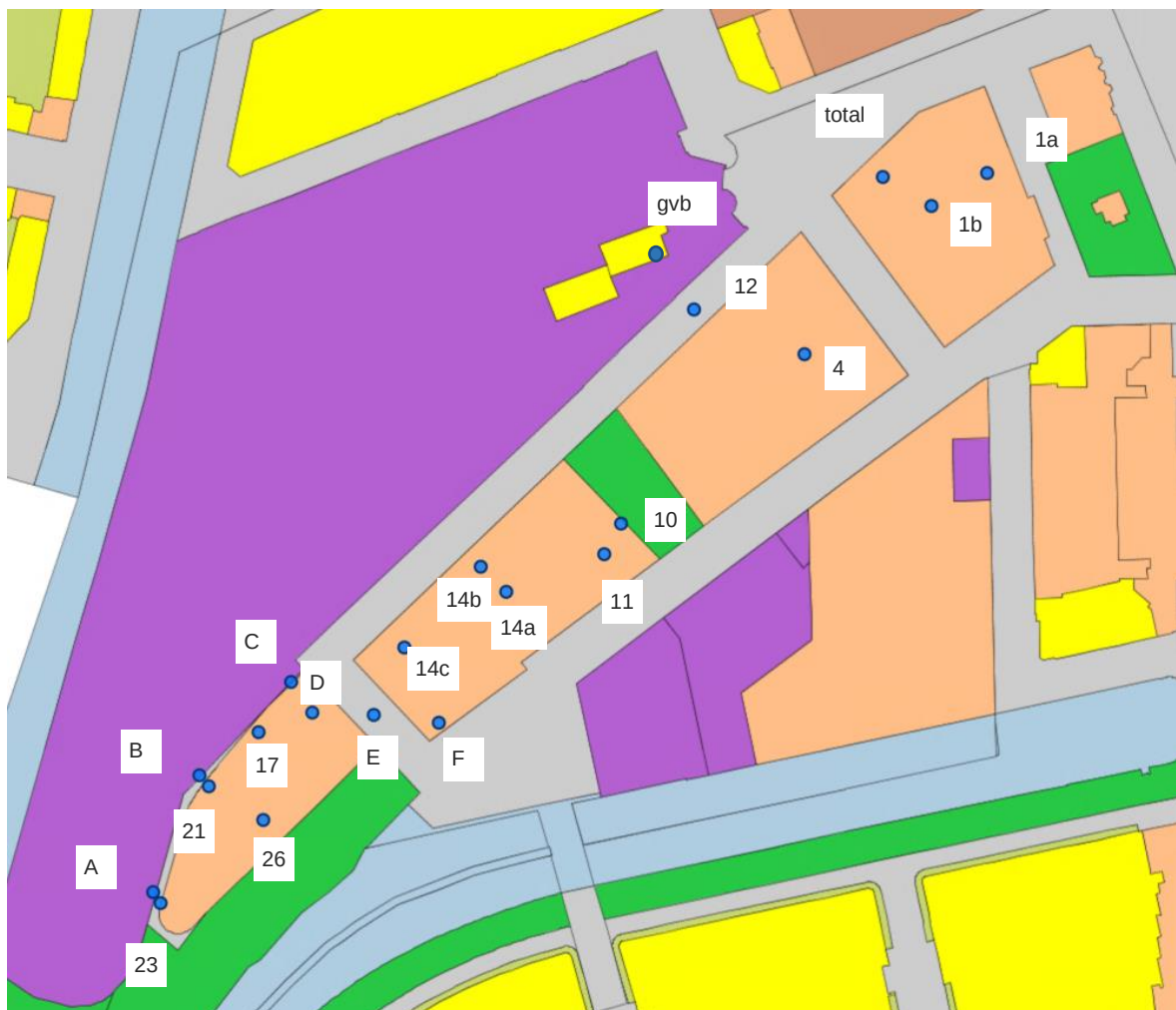
ing. D. (David) Vrolijk

Bijlage I

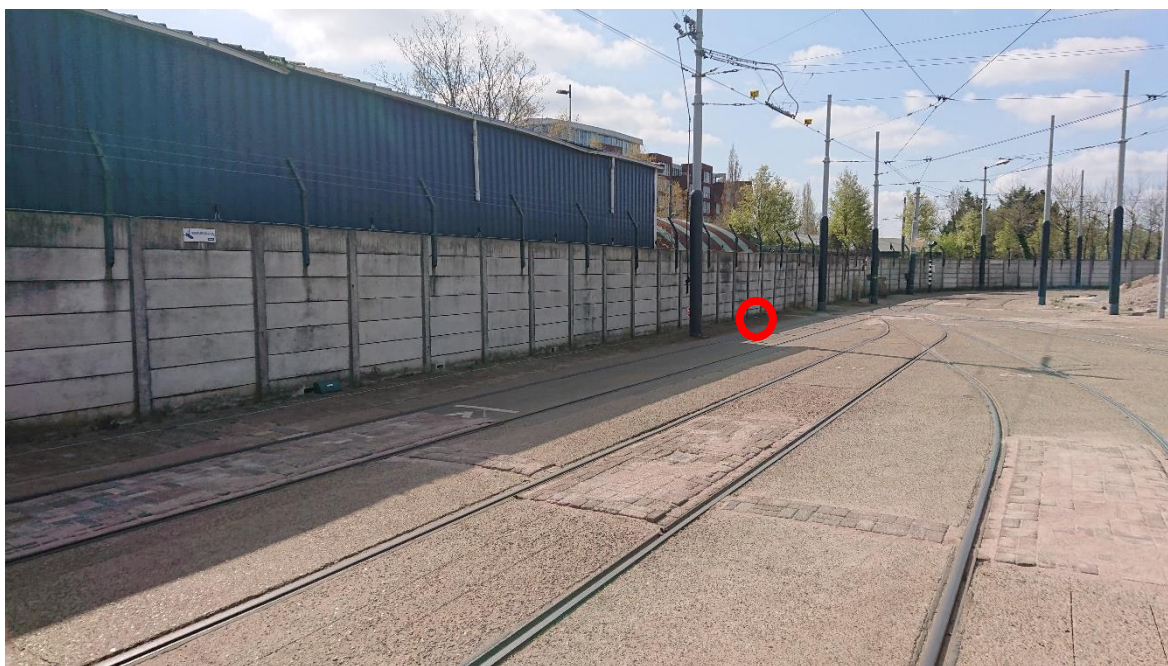
Figuren



Figuur I.1. Meetposities



Figuur I.2. Meetposities



Figuur I.3. Meetpositie A



Figuur I.4. Meetpositie B



Figuur I.5. Meetpositie C



Figuur I.6. Meetpositie D (het spoor rechts hoort niet bij de remise, op de achtergrond is in blauw unit 14 te zien)



Figuur I.7. Meetpositie E (het spoor hoort niet bij de remise), linksachter is positie D



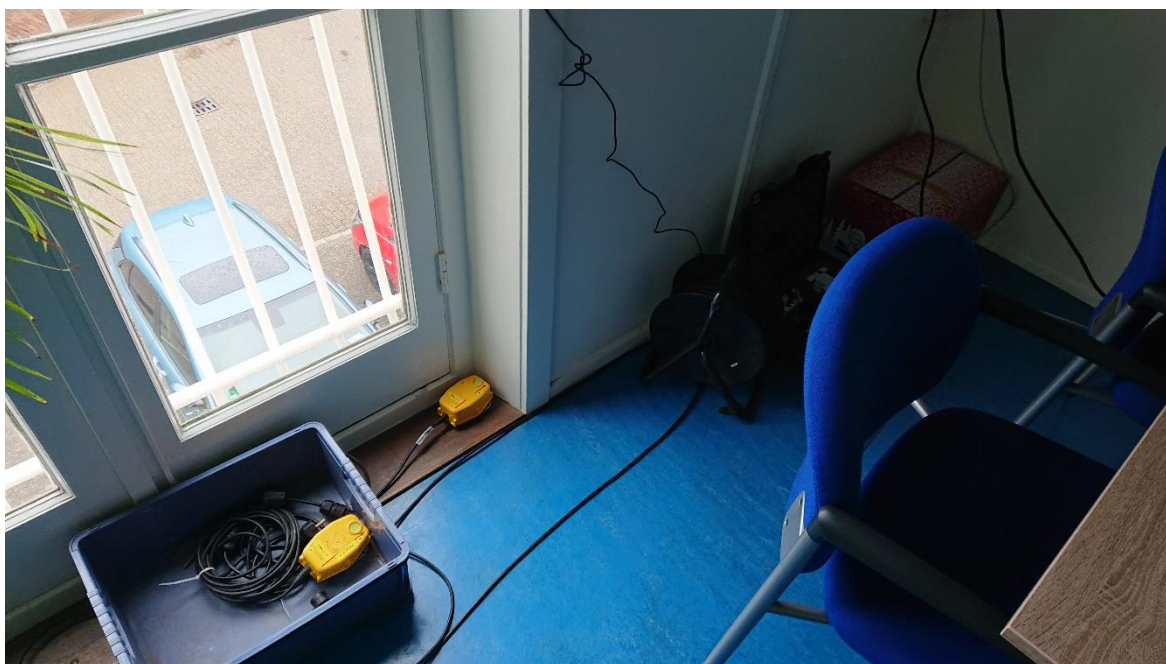
Figuur I.8. Meetpositie 17. De meeste sensoren zijn op een dergelijke (kleine) betonnen vloer geplaatst



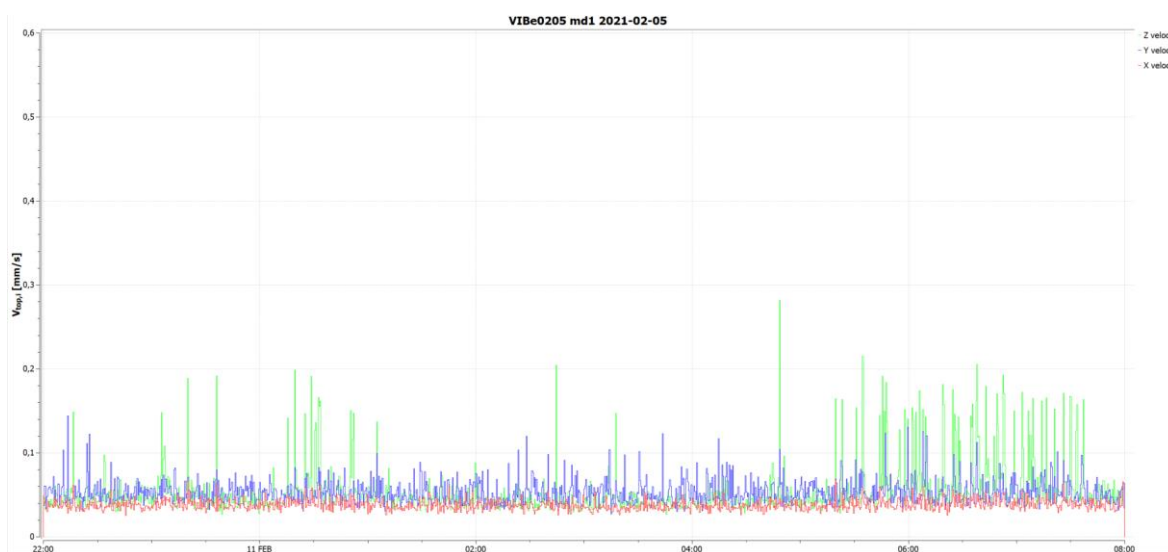
Figuur I.9. Meetpositie 10 in de grond



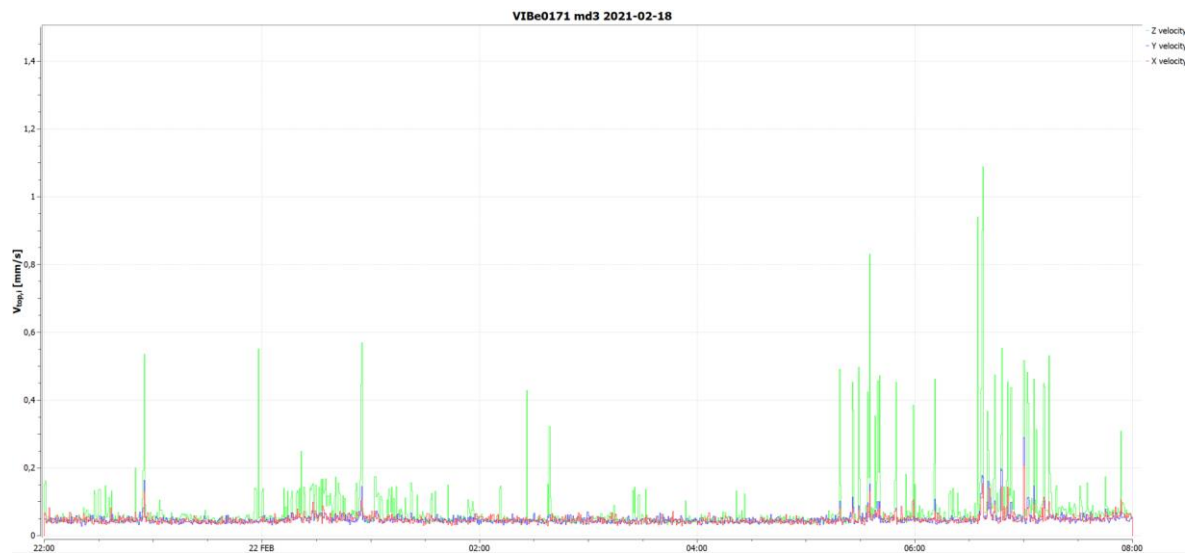
Figuur I.10. Meetpositie 26 op een houten draagbalk



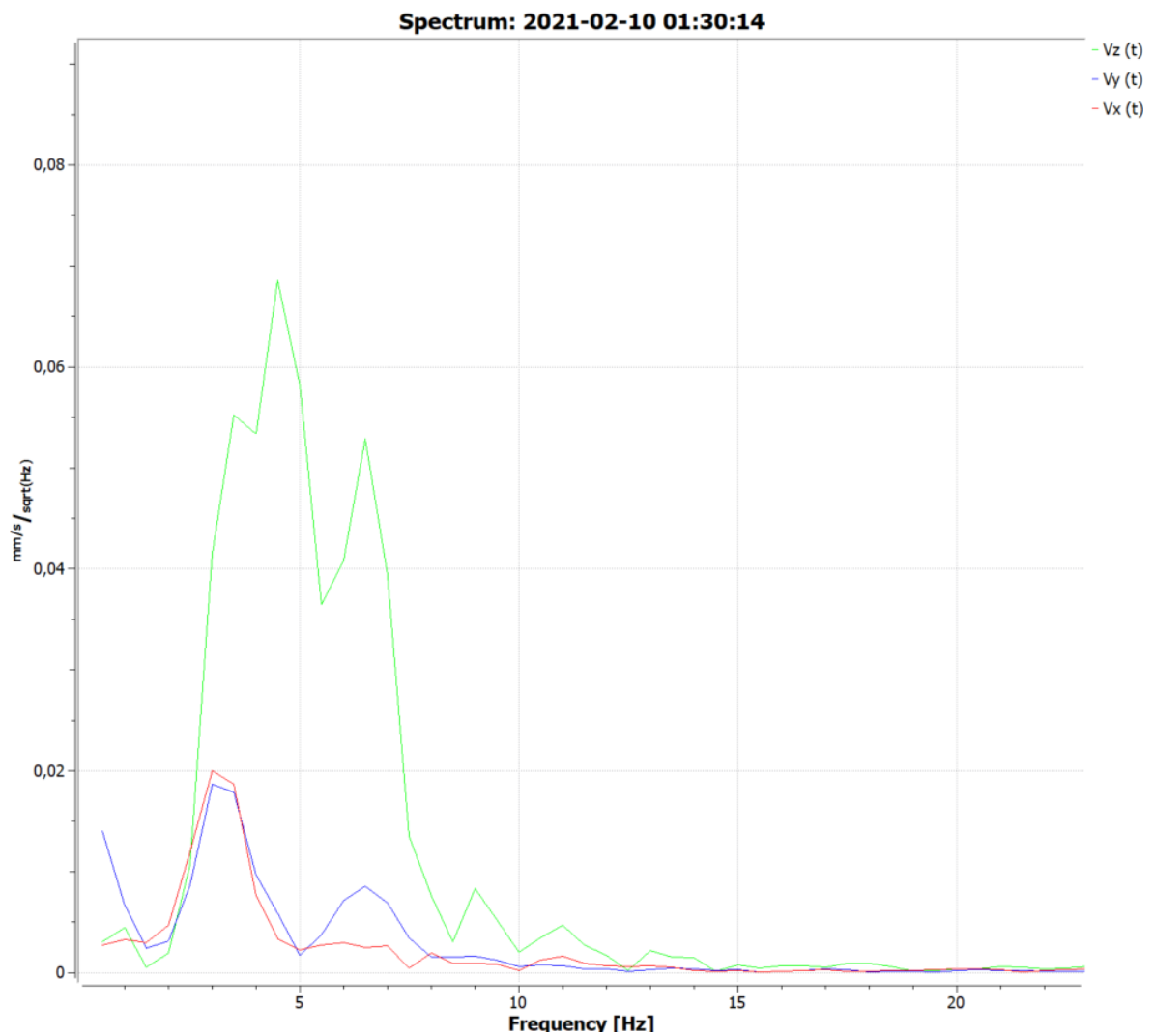
Figuur I.11. Meetpositie GVB-kantoor in stijve hoek van kantoor op eerste verdieping



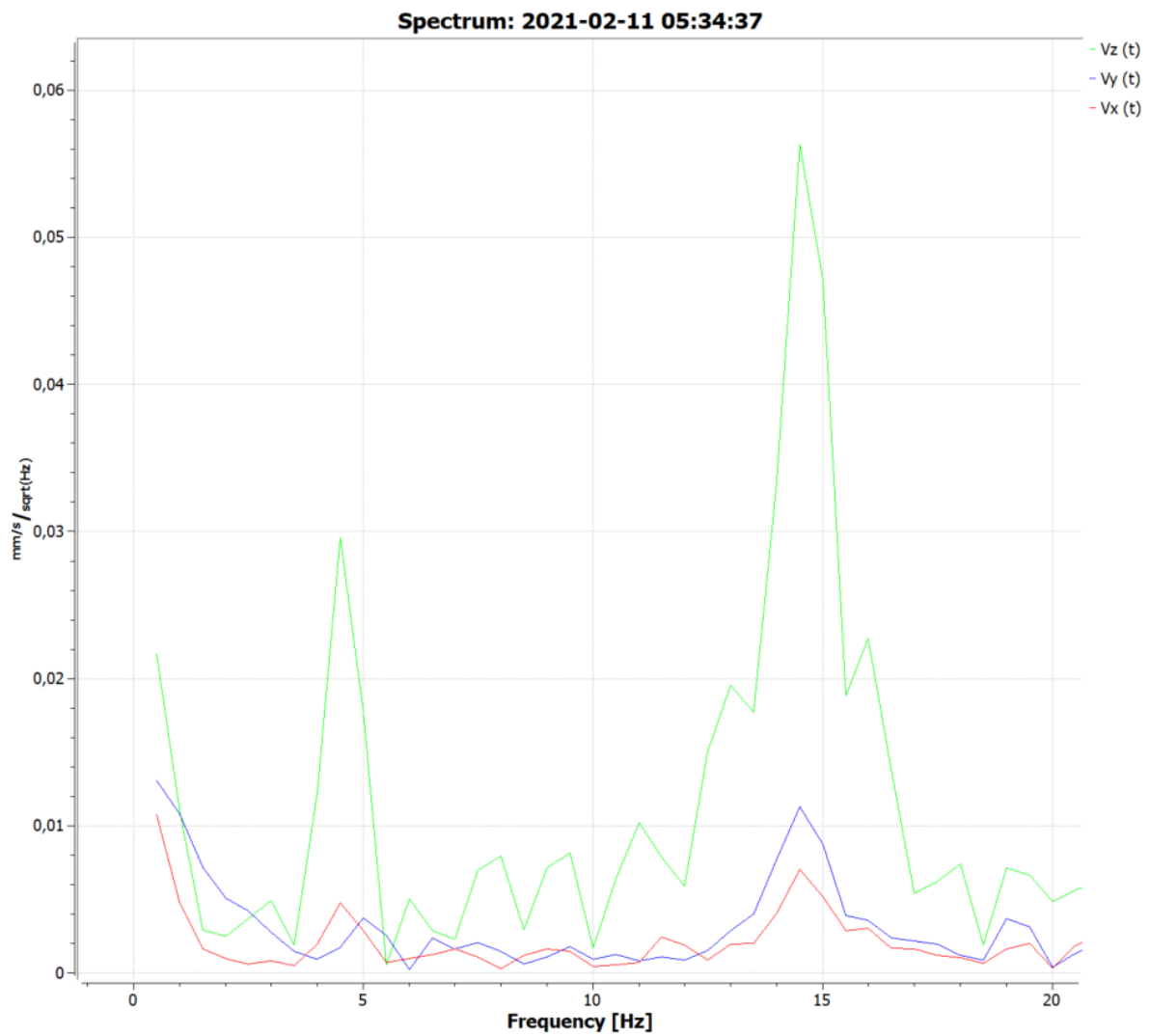
Figuur I.12. Meetpunt 12. Voorbeeld van een typische nacht met inrijdende trams vlak voor en na middernacht en uitrijdende trams vanaf circa 04.00 uur



Figuur I.13. Meetpunt 21. Voorbeeld van een typische nacht met inrijdende trams vlak voor en na middernacht en uitrijdende trams vanaf circa 04.00 uur



Figuur I.14. FFT-spectrum van een passage



Figuur I.15. FFT-spectrum van een passage



Figuur I.16. Zicht op spoor 60 (links)