



TRILLINGSONDERZOEK RUIJTERKADE 5 AMSTERDAM

TEN BEHOEVE VAN BESTEMMINGSPLAN

TAUW B.V.

Project	Trillingsonderzoek Ruijterkade 5 Amsterdam
Titel rapport	Trillingsonderzoek Ruijterkade 5 Amsterdam
Referentie	CC-REP20230701
Opdrachtgever	Tauw B.V.
Status	Definitief
Versie	1.0
Datum	14 juli 2023
Opgemaakt door	ir. E.J. Vlijm
Gecontroleerd door	dr. ir. S.Slob
Bestandsnaam	cc-rep20230701 trillingsonderzoek ruijterkade 5 amsterdam definitief
Paraaf	



Digitaal ondertekend door Eliam
Vlijm
DN: cn=Eliam Vlijm, c=NL, o=
Cohere Consultants, email=eliam.
vlijm@cohereconsult.com
Datum: 2023.07.14 09:14:48 +02'00'

Copyright © 2021 Cohere Consultants. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Cohere Consultants. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

INHOUD

1	Inleiding	1
2	Uitvoering metingen	2
2.1	Metingen bestaande gebouw	2
2.2	Meetopstellingen	3
2.3	Meetperiodes	4
2.4	Specificaties meetapparatuur	4
2.5	Uitvoeringsaspecten.....	4
3	Toetsingskader trillingen.....	5
3.1	Streefwaarden trillingsniveaus $V_{\max}$ (maximum) en V_{per} (periodiek).....	5
3.2	Kwalificatie voor hinder door weg- en railverkeer	6
4	Meetresultaten	7
4.1	Resultaten maximale trillingsniveaus $V_{\text{eff,max}}$	7
4.2	Resultaten periodieke (gemiddelde) trillingsniveaus V_{per}	11
4.3	Frequentie-inhoud signalen	12
5	Quick Scan.....	18
5.1	Treinbeeld	18
5.2	Spooropbouw en onregelmatigheden	20
5.3	Bodemopbouw	21
6	Predictie toekomstige Nieuwbouw.....	23
6.1	Voorzien ontwerp.....	23
6.2	Predictie toekomstige niveaus	24
7	Conclusies en aanbevelingen	27
7.1	Conclusies.....	27
7.2	Aanbevelingen.....	28
	Referenties	29

1

INLEIDING

Ten behoeve van een nieuw op te stellen bestemmingsplan voor de Ruijterkade 5 in Amsterdam is een trillingsonderzoek uitgevoerd. Het gebied ligt naast het druk bereden spoor juist ten westen van Amsterdam Centraal, waardoor hinder als gevolg van spoortrillingen niet op voorhand is uit te sluiten. Met het trillingsonderzoek is inzicht verkregen in welke trillingsniveaus in de omgeving optreden door het huidige spoorverkeer en is een doorkijk gegeven naar de toekomstige nieuwbouw met als doel mogelijke trillingshinder voor deze nieuwbouw te voorkomen. Figuur 1 geeft het plangebied schetsmatig weer (rood omkaderd).

Figuur 1 Plangebied toekomstige ontwikkeling Ruijterkade 5



Als onderdeel van het onderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd en is een quick scan uitgevoerd naar de trillingsgevoeligheid van de locatie en de toekomstige nieuwbouw. Vervolgens is een predictie van verwachte trillingsniveaus gemaakt op basis van factoren uit literatuur en ervaring uit trillingsmetingen. Een gedetailleerde predictie op basis van het ontwerp en uitwerking van mitigerende maatregelen zit niet in de scope van dit onderzoek. In voorliggende rapportage worden de resultaten beschreven.

2

UITVOERING METINGEN

2.1 Metingen bestaande gebouw

In Figuur 2 wordt het huidige gebouw van de Kamer van Koophandel (KvK-gebouw) weergegeven. Tussen het KvK-gebouw en het spoor is het kantoorgebouw van ProRail aanwezig. Het meest zuidoostelijke punt van het KvK-gebouw ligt het dichtst op het spoor. Op deze locatie is zowel aan de fundering als op de verdieping gemeten (meetpunt 2 en 4). In Figuur 2 worden de meetpunten weergegeven.

Figuur 2 Meetlocaties trillingsmetingen ten opzichte van de geprojecteerde nieuwbouw



2.2 Meetopstellingen

Op vier meetpunten zijn over de periode van een week trillingsmetingen uitgevoerd. De meetpunten zijn onder te verdelen in meetpunt 1 welke op maaiveld is gelegen. Het tweede en derde meetpunt zijn aan de fundering van het bestaande gebouw bevestigd. En het vierde meetpunt is op de vijfde verdieping midden op de vloer.

- Meetlocatie 1: meetpunt maaiveld;
- Meetlocatie 2: funderingspunt dichtst op het spoor;
- Meetlocatie 3: funderingspunt achter gebouw ProRail
- Meetlocatie 4: bovenin gebouw (vijfde verdieping)

In Figuur 3 zijn foto's van meetpunten 2 en 3 aan de fundering van het bestaande gebouw weergegeven. In Figuur 4 worden foto's van de meetpunten 1 (maaiveld) en 4 (vijfde verdieping) weergegeven.

Het meetpunt op maaiveld was in eerste instantie voorzien in de berm nabij meetpunt 2. Echter, vanwege veel vandalisme en rondzwervende personen buiten kantoortijden is besloten de meter afgesloten in het fietsenhok te plaatsen. Hierdoor wordt alsnog het trillingsniveau op maaiveld gemeten, maar is er mogelijk meer schaduweffect gemeten van het ProRail-gebouw. Voor het meetpunt boven in het gebouw is gekozen voor de vijfde verdieping op een locatie het dichtst op het spoor in een afgesloten ruimte waar geen personen aanwezig waren tijdens de meting.

Figuur 3 Meetpunten fundering 2 (links) en 3 (rechts)



Figuur 4 Meetpunten 1 (maaiveld) en 4 (vijfde verdieping)



2.3 Meetperiodes

In Tabel 1 wordt de meetperiode weergegeven.

Tabel 1. Meetperiode trillingsmetingen.

Type meting	meetperiode
Weeklange meting	8 mei 12:00 –15 mei 12:00 2023

2.4 Specificaties meetapparatuur

In Tabel 2 worden de specificaties van de ingezette meetapparatuur weergegeven.

Tabel 2. Type trillingsmeters.

Type meting	type
Weeklange meting meetpunten 1, 2 en 3	Profound Vibra

2.5 Uitvoeringsaspecten

De metingen zijn uitgevoerd door TAUW B.V. De verwerking van de ruwe meetdata, de interpretatie en nadere verwerking is uitgevoerd door Cohere Consultants.

Voor de metingen geldt dat zoveel mogelijk de volgende definitie van meetrichtingen is aangehouden:

- X-richting: horizontaal parallel aan het spoor;
- Y-richting: horizontaal loodrecht op het spoor;
- Z-richting: verticaal.

3

TOETSINGSKADER TRILLINGEN

Bij toetsing van hinder door trillingen wordt in Nederland doorgaans de SBR-richtlijn deel B gehanteerd, aangezien er momenteel geen wetgeving bestaat met daarin grenswaarden voor trillingshinder (zie [ref. 1]). De SBR-richtlijn deel B kent twee toetsingsgrootheden, namelijk $V_{\max}$ en V_{per} . De $V_{\max}$ representeert het maximale te verwachten trillingsniveau. De V_{per} is een periodiek trillingsniveau, wat wil zeggen een (energetisch) gemiddelde waarde over een beoordelingsperiode. Zie ook hoofdstuk 9 van de SBR-richtlijn.

3.1 Streefwaarden trillingsniveaus $V_{\max}$ (maximum) en V_{per} (periodiek)

De SBR-richtlijn maakt gebruik van streefwaarden. Over het algemeen is voor een mens een $V_{\max}$ groter dan 0,1 voelbaar. De richtlijn geeft aan dat er bij nieuwbouw wordt voldaan aan de richtlijn als de $V_{\max}$ -niveaus onder de streefwaarde A1 (0,1 voor woningen) liggen. Er wordt ook voldaan aan de richtlijn als de $V_{\max}$ -niveaus hoger zijn dan de streefwaarde A1, maar onder de streefwaarde A2 (0,6 voor kantoren) én als V_{per} onder de streefwaarde A3 ligt (0,07 voor kantoren). Tabel 3 geeft de streefwaarden weer voor een nieuwe situatie (waaronder nieuwbouw langs het spoor), Tabel 4 geeft de streefwaarden weer volgens de richtlijn voor een bestaande situatie. De streefwaarden voor een bestaande situatie zijn ruimer dan die voor nieuwbouw. Onderscheid wordt gemaakt tussen de dag-, avond- en nachtperiode, waarvoor geldt:

- Dagperiode: 07:00-19:00
- Avondperiode: 19:00-23:00
- Nachtperiode: 23:00-07:00

Figuur 5 geeft de toetsing schematisch weer.

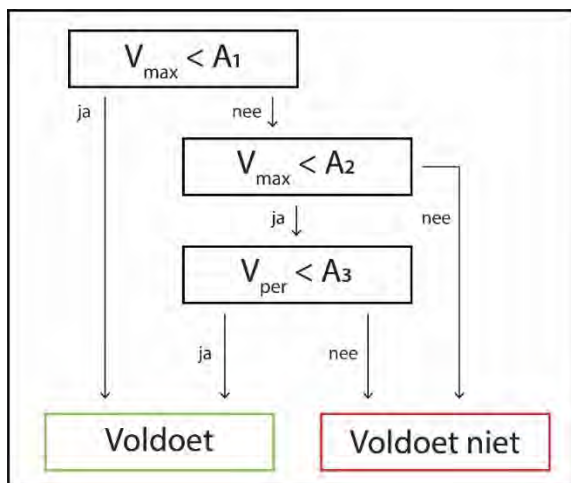
Tabel 3 Gehanteerde streefwaarden volgens uit de SBR B (nieuwbouw).

Gebouwfunctie	Streefwaarde dag- en avondperiode			Streefwaarde nachtperiode		
	$V_{\max}$ (A1)	$V_{\max}$ (A2)	V_{per} (A3)	$V_{\max}$ (A1)	$V_{\max}$ (A2)	V_{per} (A3)
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
kantoor en onderwijs	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomsten	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 4 Gehanteerde streefwaarden volgens uit de SBR B (bestaande bouw).

Gebouwfunctie	Streefwaarde dag- en avondperiode			Streefwaarde nachtperiode		
	$V_{\max}$ (A1)	$V_{\max}$ (A2)	V_{per} (A3)	$V_{\max}$ (A1)	$V_{\max}$ (A2)	V_{per} (A3)
gezondheidszorg	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1
wonen	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1
kantoor en onderwijs	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
bijeenkomsten	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Figuur 5 Toetsingsschema trillingshinder SBR richtlijn deel B.



3.2 Kwalificatie voor hinder door weg- en railverkeer

De SBR-richtlijn geeft ter aanvulling in bijlage V waarden voor de kwalificatie van hinder voor weg- en railverkeer. Deze waarden zijn gegeven in Tabel 5. Bij de afweging van maatregelen kan hier rekening mee worden gehouden.

Tabel 5. Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer volgens SBR B bijlage V.

$V_{\max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 – 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

4

MEETRESULTATEN

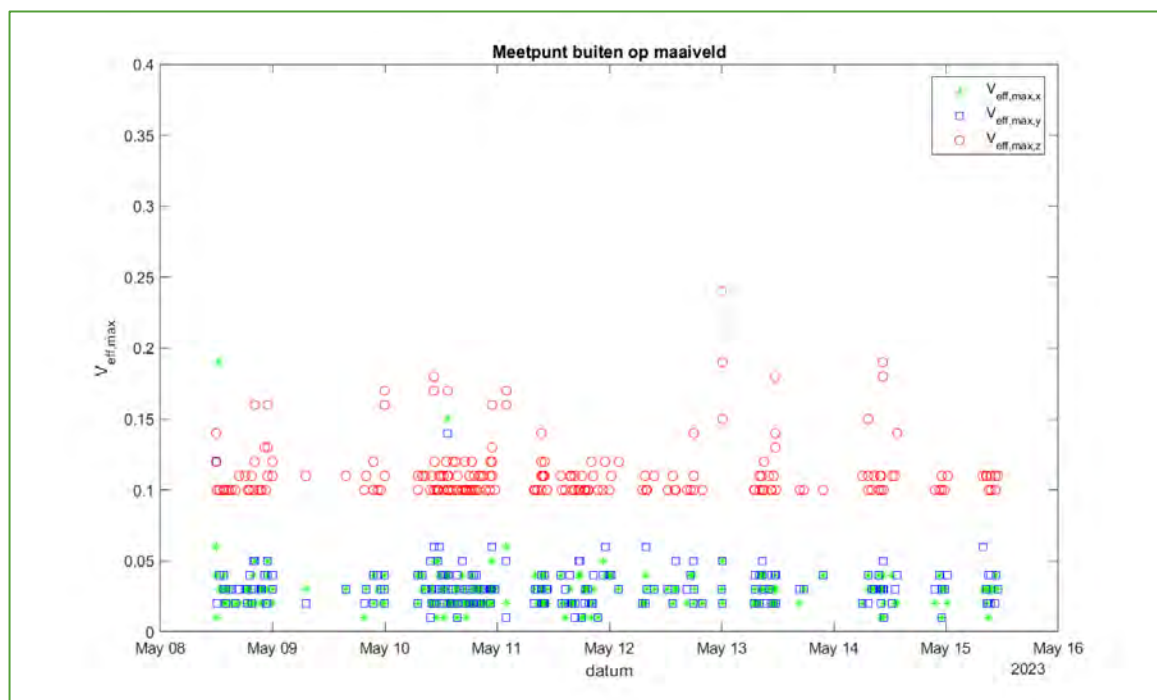
4.1 Resultaten maximale trillingsniveaus $V_{\text{eff,max}}$

In het plangebied is op vier locaties gemeten (zie hoofdstuk 2). De resultaten worden in dit hoofdstuk besproken. Eerst wordt ingegaan op de maximale trillingsniveaus $V_{\text{eff,max}}$ ¹ en vervolgens op de periodieke niveaus V_{per} en de frequentie-inhoud van de gemeten signalen.

4.1.1 Meetpunt 1 - maaiveld

In Figuur 6 worden de gemeten $V_{\text{eff,max}}$ waarden op maaiveld weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de z-richting de hoogste niveaus laat zien. Op één enkele waarde na liggen alle niveaus onder de waarde $V_{\text{max}}=0,2$.

Figuur 6 Gemeten trillingsniveaus uitgezet tegen de tijd meetpunt 1



¹ De benaming $V_{\text{eff,max}}$ betreft individuele opgetreden trillingsniveaus, de benaming V_{max} betreft het overall hoogste niveau.

Van de 15 hoogste $V_{\text{eff,max}}$ waarden is een statistisch maximum bepaald. Dit wordt in de SBR-richtlijn deel B omschreven in artikel 9.6. De statistische waarde geeft een beeld van het te hanteren toetsniveau V_{max} wanneer er veel variatie en onduidelijkheid is over de maatgevende bron. De statische waarde kan dan verschillen van het maximaal gemeten niveau. Uit de resultaten blijkt dat dit niet het geval is.

De SBR-richtlijn deel B maakt verschil tussen de toetsing van dag- avond- en nachtperiode. Wordt gekeken naar de streefwaarde A2 bij nieuwbouw voor kantoor en bijeenkomstfunctie dan volgt voor alle beoordelingsperioden een waarde van $A_6=0.6$. De meetresultaten in combinatie met het treinbeeld (zie paragraaf 5.1) laten zien dat goederentreinen maatgevend zijn, welke zowel overdag als 's nachts passeren. Voor het maatgevende toetsniveau V_{max} is daarom verder geen opdeling gemaakt in de verschillende beoordelingsperioden (dag, avond, nacht). De gemeten waarde op maaiveld liggen onder de streefwaarde A2 voor kantoren.

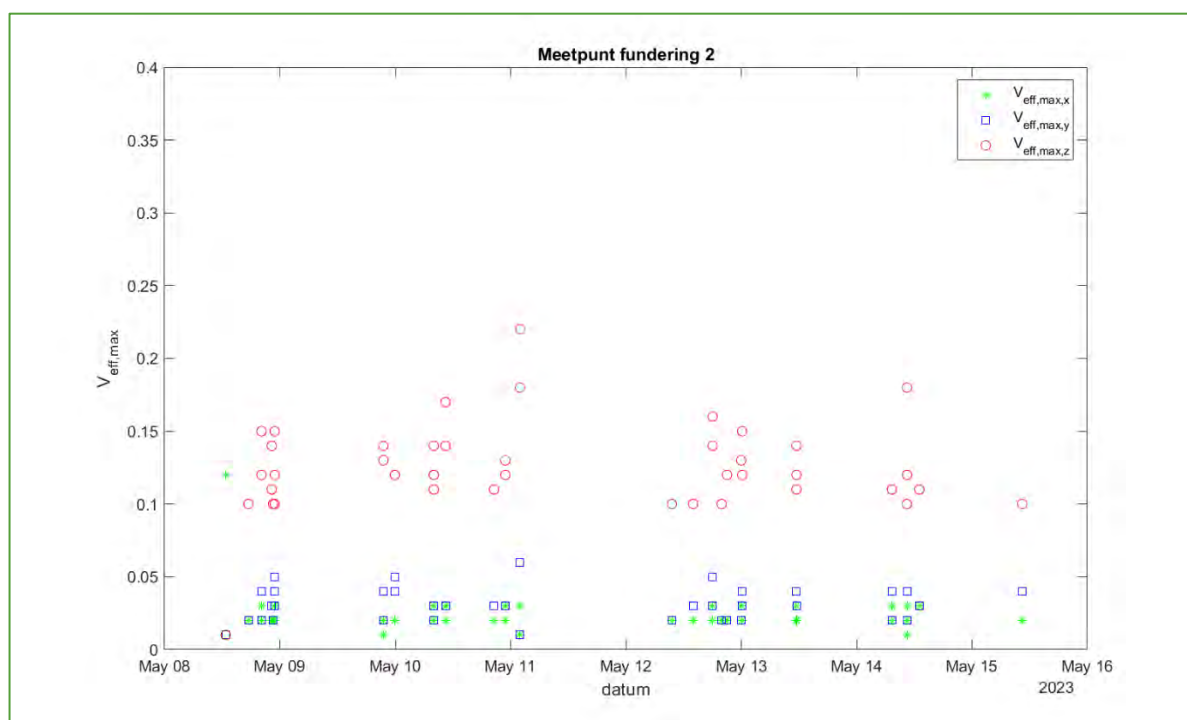
Tabel 6 Top 15 hoogst gemeten niveaus locatie 1 maaiveld.

Datum*	Tijdstip*	$V_{\text{eff,max}}$ X	$V_{\text{eff,max}}$ Y	$V_{\text{eff,max}}$ Z
12-5-2023	23:59:0	0,15	0,14	0,24
13-5-2023	0:11:0	0,06	0,12	0,19
14-5-2023	10:28:0	0,06	0,12	0,19
10-5-2023	10:28:0	0,05	0,06	0,18
13-5-2023	11:28:30	0,05	0,06	0,18
14-5-2023	10:28:30	0,05	0,06	0,18
9-5-2023	23:55:30	0,05	0,06	0,17
10-5-2023	10:27:30	0,05	0,06	0,17
10-5-2023	13:25:0	0,05	0,06	0,17
11-5-2023	1:58:0	0,05	0,05	0,17
8-5-2023	20:9:30	0,05	0,05	0,16
8-5-2023	22:55:0	0,04	0,05	0,16
9-5-2023	23:56:0	0,04	0,05	0,16
10-5-2023	22:54:30	0,04	0,05	0,16
11-5-2023	1:58:30	0,04	0,05	0,16
$V_{\text{eff,max,stat}}$				0,22

4.1.2 Meetpunt 2

De gemeten $V_{\text{eff,max}}$ waarden aan de fundering op het punt met vrij zicht op het spoor (dus geen mogelijke afschermende werking van het ProRail-gebouw) worden weergegeven in Figuur 7. De resultaten laten een enigszins vergelijkbaar beeld zien met de gemeten waarden op maaiveld.

Figuur 7 Gemeten trillingsniveaus uitgezet tegen de tijd meetpunt 2



In Tabel 7 worden gelijk aan meetpunt 1 voor meetpunt 2 de 15 hoogste niveaus weergegeven. De maximale waarden liggen in dezelfde orde als die voor meetpunt 1. Voor het meetpunt aan de fundering zou in eerste instantie een lager niveau worden verwacht dan op maaiveld. Echter, tussen het meetpunt op maaiveld en het spoor ligt het ProRail-gebouw terwijl dit voor funderingspunt 2 niet geldt. Dit verklaart mogelijk dat de gemeten waarden op maaiveld in dezelfde orde liggen als de gemeten waarden aan funderingspunt 2.

Tabel 7 Top 15 hoogst gemeten niveaus meetpunt 2 fundering

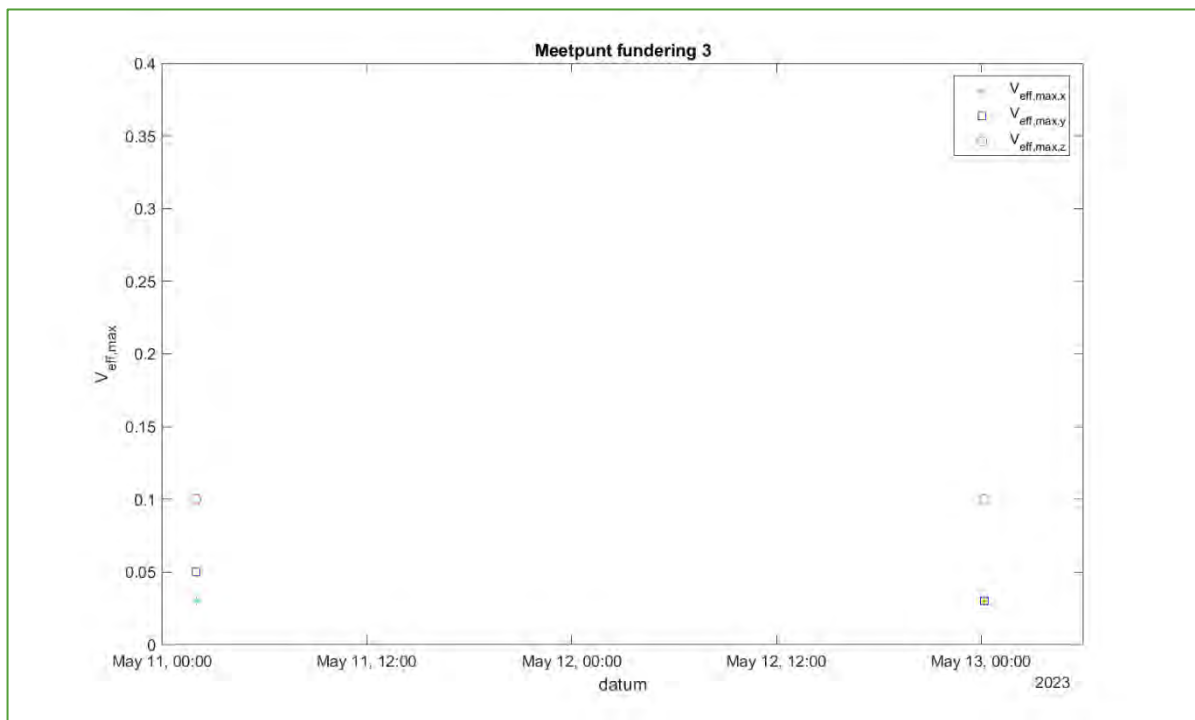
Datum*	Tijdstip*	$V_{\text{eff,max X}}$	$V_{\text{eff,max Y}}$	$V_{\text{eff,max Z}}$
11-5-2023	1:58:30	0,12	0,06	0,22
11-5-2023	1:58:0	0,03	0,05	0,18
14-5-2023	10:28:30	0,03	0,05	0,18
10-5-2023	10:28:0	0,03	0,05	0,17
12-5-2023	18:3:0	0,03	0,04	0,16
8-5-2023	20:9:30	0,03	0,04	0,15
8-5-2023	22:54:30	0,03	0,04	0,15
13-5-2023	0:11:0	0,03	0,04	0,15
8-5-2023	22:18:30	0,03	0,04	0,14
9-5-2023	21:32:0	0,03	0,04	0,14
10-5-2023	8:1:0	0,03	0,04	0,14
10-5-2023	10:27:30	0,03	0,04	0,14
12-5-2023	18:2:30	0,03	0,04	0,14
13-5-2023	11:28:30	0,03	0,04	0,14
9-5-2023	21:32:30	0,02	0,04	0,13
$V_{\text{eff,max,stat}}$				0,20

*Tijdstip hoort bij z-richting.

4.1.3 Meetpunt 3

In Figuur 8 worden de gemeten $V_{\text{eff,max}}$ waarden voor funderingspunt 3 weergegeven. Uit de figuur blijkt dat er vrijwel geen waarden boven de $V_{\text{eff,max}} = 0,1$ (voelbaarheidsgrens) zijn gemeten. Enkel aan het begin en het einde van de meetperiode zijn waarden van $V_{\text{eff,max}} = 0,1$ gemeten. Naar verwachting is dit het gevolg van het plaatsen en ophalen van de meter. Deze waarden worden dan ook niet meegenomen in de beoordeling.

Figuur 8 Gemeten trillingsniveaus uitgezet tegen de tijd meetpunt 3

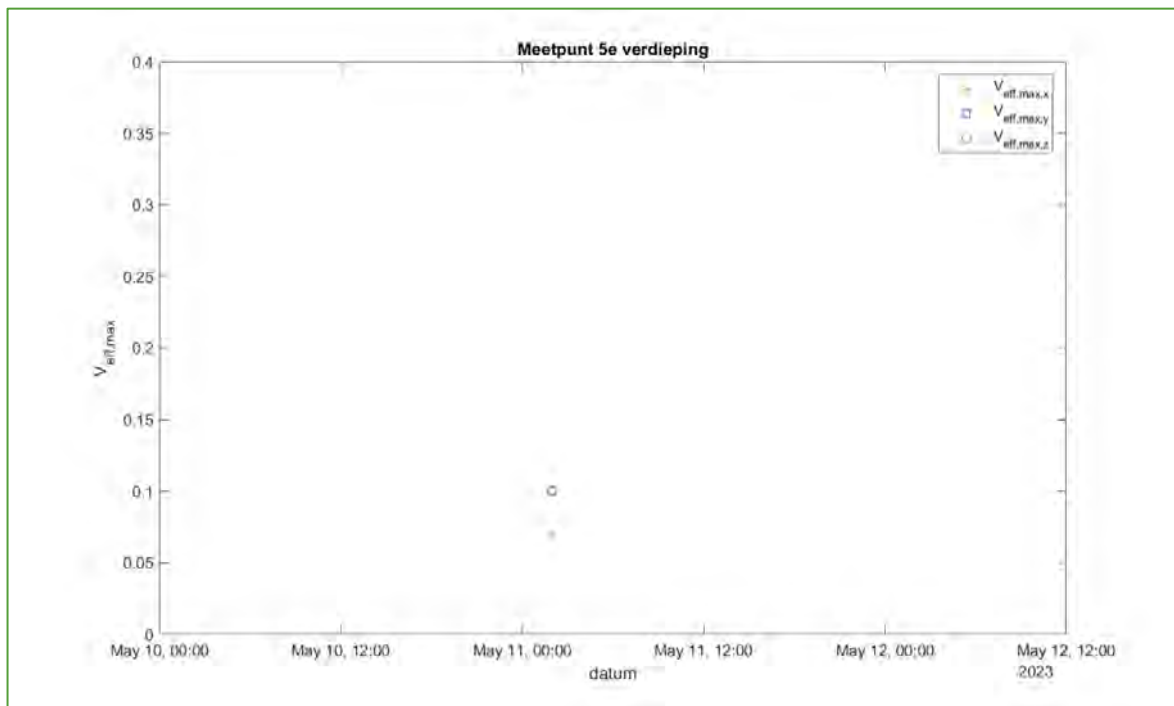


Voor meetpunt 3 geldt een gemeten waarde als gevolg van treinpassages van $V_{\text{eff,max}} < 0,1$.

4.1.4 Meetpunt 4

In Figuur 9 worden de gemeten $V_{\text{eff,max}}$ waarden voor het meetpunt bovenin het gebouw midden op de vloer weergegeven. Uit de figuur blijkt dat er vrijwel waarden boven de $V_{\text{eff,max}} = 0,1$ (voelbaarheidsgrens) zijn gemeten. Enkel op 11 mei om 01:58 is een $V_{\text{eff,max}} = 0,1$ gemeten. Naar verwachting is dit de enige goederentreinpassage met een $V_{\text{eff,max}} = 0,1$ (zie ook paragraaf 4.3).

Figuur 9 Gemeten trillingsniveaus uitgezet tegen de tijd meetpunt 4



Tabel 8 Hoogst gemeten niveau meetpunt 4 vijfde verdieping.

Datum*	Tijdstip	$V_{\text{eff,max X}}$	$V_{\text{eff,max Y}}$	$V_{\text{eff,max Z}}$
2023-05-11	01:58:00	0,07	0,10	0,10

Voor meetpunt 4 geldt een gemeten waarde als gevolg van treinpassages van $V_{\text{eff,max}} = 0,1$.

4.2 Resultaten periodieke (gemiddelde) trillingsniveaus V_{per}

Volgens de SBR-richtlijn deel B moet per beoordelingsperiode een V_{per} -niveau worden berekend op basis van aantal opgetreden $V_{\text{eff,max}}$ -niveaus binnen de periode met een waarde boven de $V_{\text{eff,max}} = 0,1$. De resultaten van de hoogst gemeten V_{per} -niveaus worden weergegeven in Tabel 9. In de tabel worden de hoogste V_{per} -niveaus weergegeven van alle dag-, avond- en nachtperiode bij elkaar. Voor de gemeten V_{per} -niveaus geldt gelijk aan de gemeten $V_{\text{eff,max}}$ niveaus laag liggen, in dit geval overal onder of gelijk aan de 0,02. De streefwaarde voor V_{per} bedraagt voor kantoren 0,07 en wordt niet overschreden.

Tabel 9 Hoogst gemeten niveaus V_{per} meetpunten 1 t/m 4 (hoogste niveaus van alle dag- avond- en nachtperiodes gedurende de meetperiode)

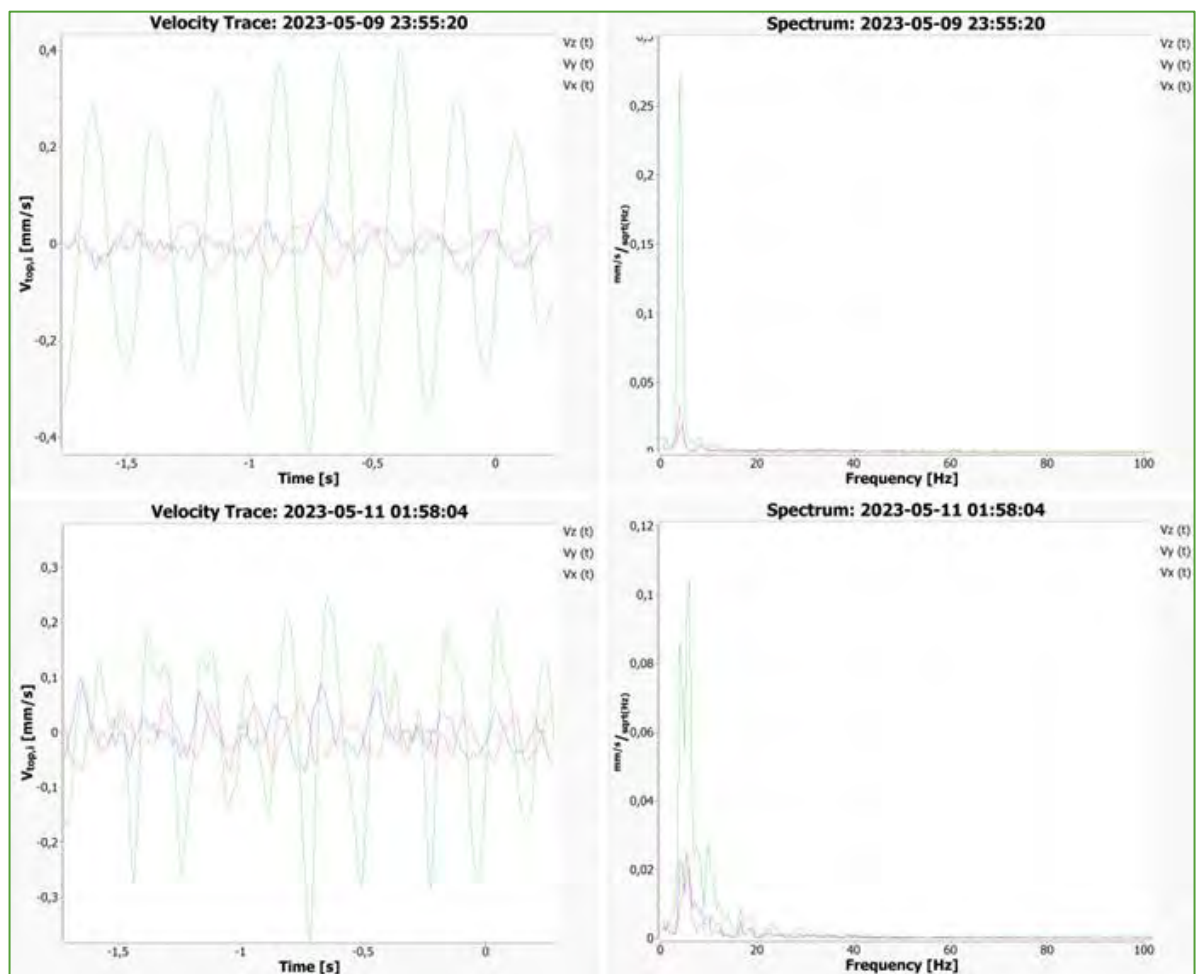
Datum	$V_{\text{per X}}$	$V_{\text{per Y}}$	$V_{\text{per Z}}$
Meetpunt 1	<0,01	<0,01	0,02
Meetpunt 2	<0,01	<0,01	<0,01
Meetpunt 3	<0,01	<0,01	<0,01
Meetpunt 4	<0,01	<0,01	<0,01

4.3 Frequentie-inhoud signalen

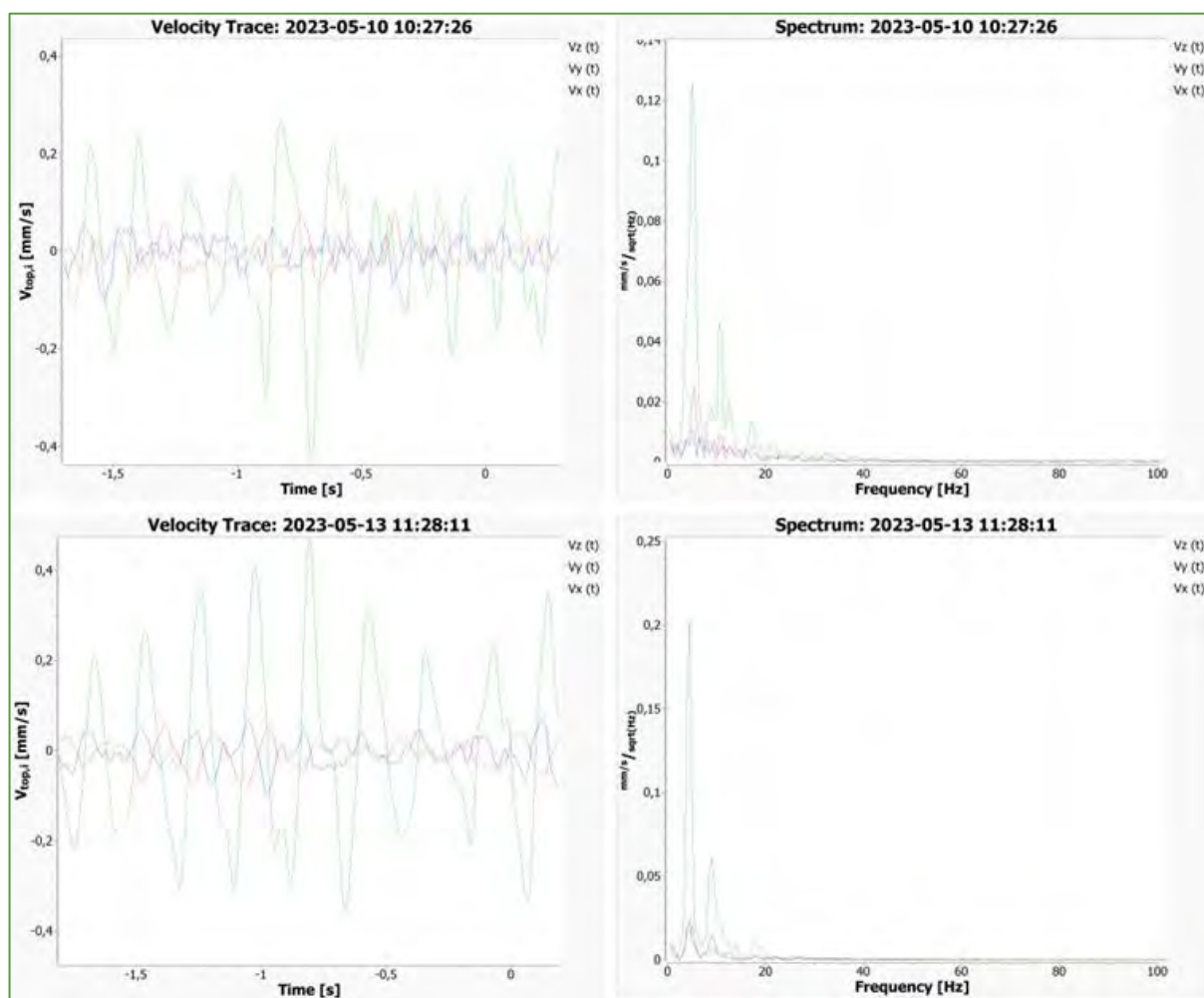
Van de vier meetpunten is onderzocht wat de frequentie-inhoud van de gemeten trillingssignalen als gevolg van treinverkeer is. Uit de resultaten van de vorige paragrafen blijkt dat de gemeten niveaus op meetpunten 3 (funderingspunt) en meetpunt 4 (vijfde verdieping) erg laag liggen. Geen enkel gemeten $V_{eff,max}$ niveau ligt boven de streefwaarde A1 van 0,1 (enkele tijdens plaatsen en ophalen). Op deze twee meetpunten zijn wel van enkele treinpassages signalen opgeslagen (met een $V_{eff,max}$ juist onder de 0,1). Twee van deze signalen zijn op alle vier de meetpunten vastgelegd. Op alle vier de meetpunten zijn op de tijdstippen 1). 09 mei 23:55 en 2). 11 mei 01:58 één van de hoogste trillingsniveaus uit de dataset gemeten. Uit het tijdstip (en ook de karakteristiek van de signalen) wordt afgeleid dat het om goederentreinpassages gaat. De twee signalen worden voor de vier meetpunten in Figuren 10, 12, 14 en 15 getoond.

Van de meetpunten 1 en 2 (maaiveld en fundering) zijn meer signalen beschikbaar. Naast de twee zojuist genoemde passages worden de twee signalen met hoogst gemeten niveaus getoond. Hieruit blijkt dat de karakteristiek van de signalen een constant beeld toont. Namelijk een duidelijke dominante frequentie-inhoud rond de 5 Hz.

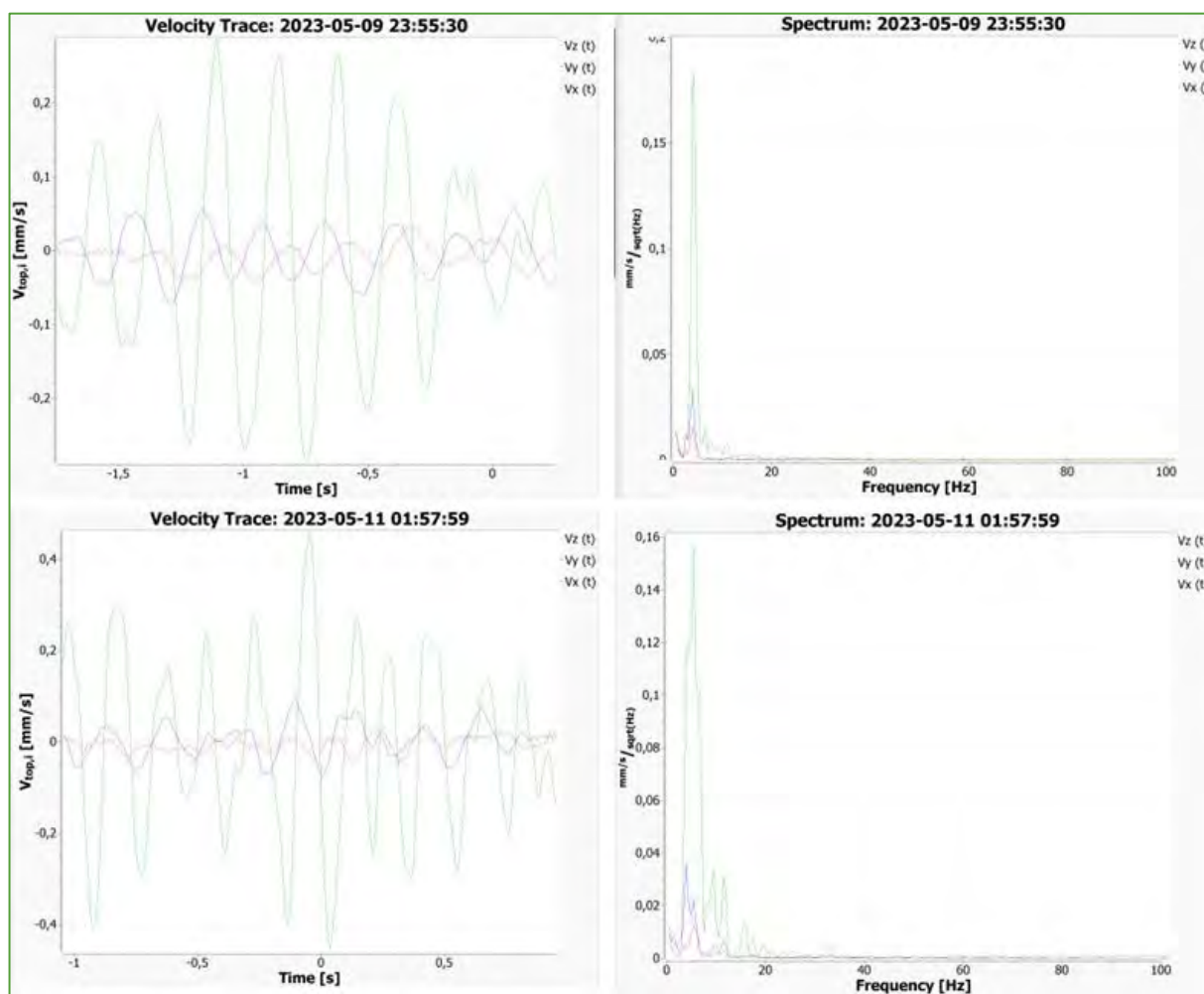
Figuur 10 Twee treinpassages aanwezig in alle vier de datasets – meetpunt 1 maaiveld



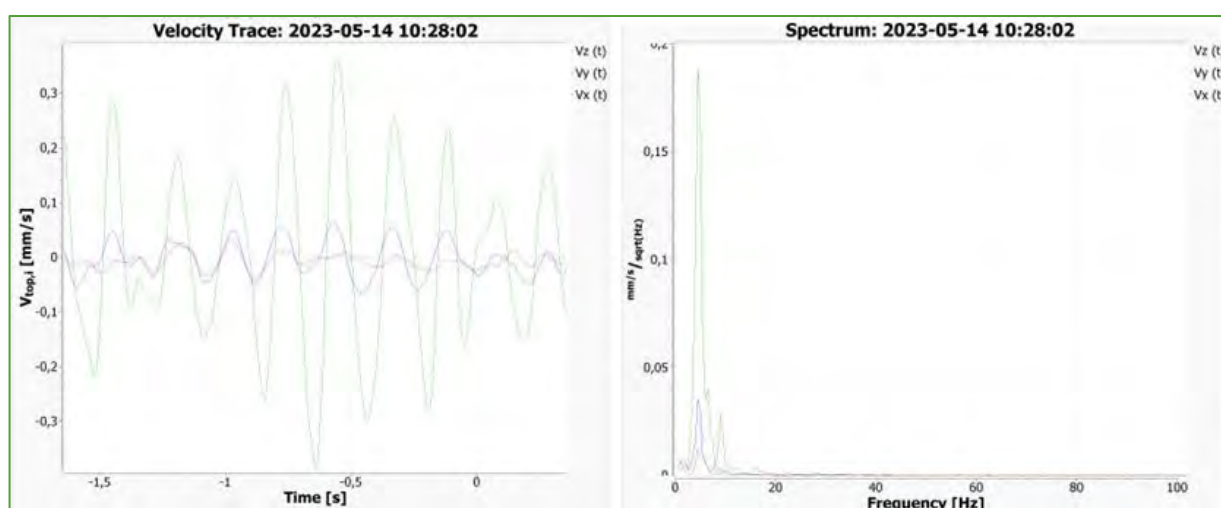
Figuur 11 Twee passages met hoogstgemeten niveaus – meetpunt 1 maaiveld



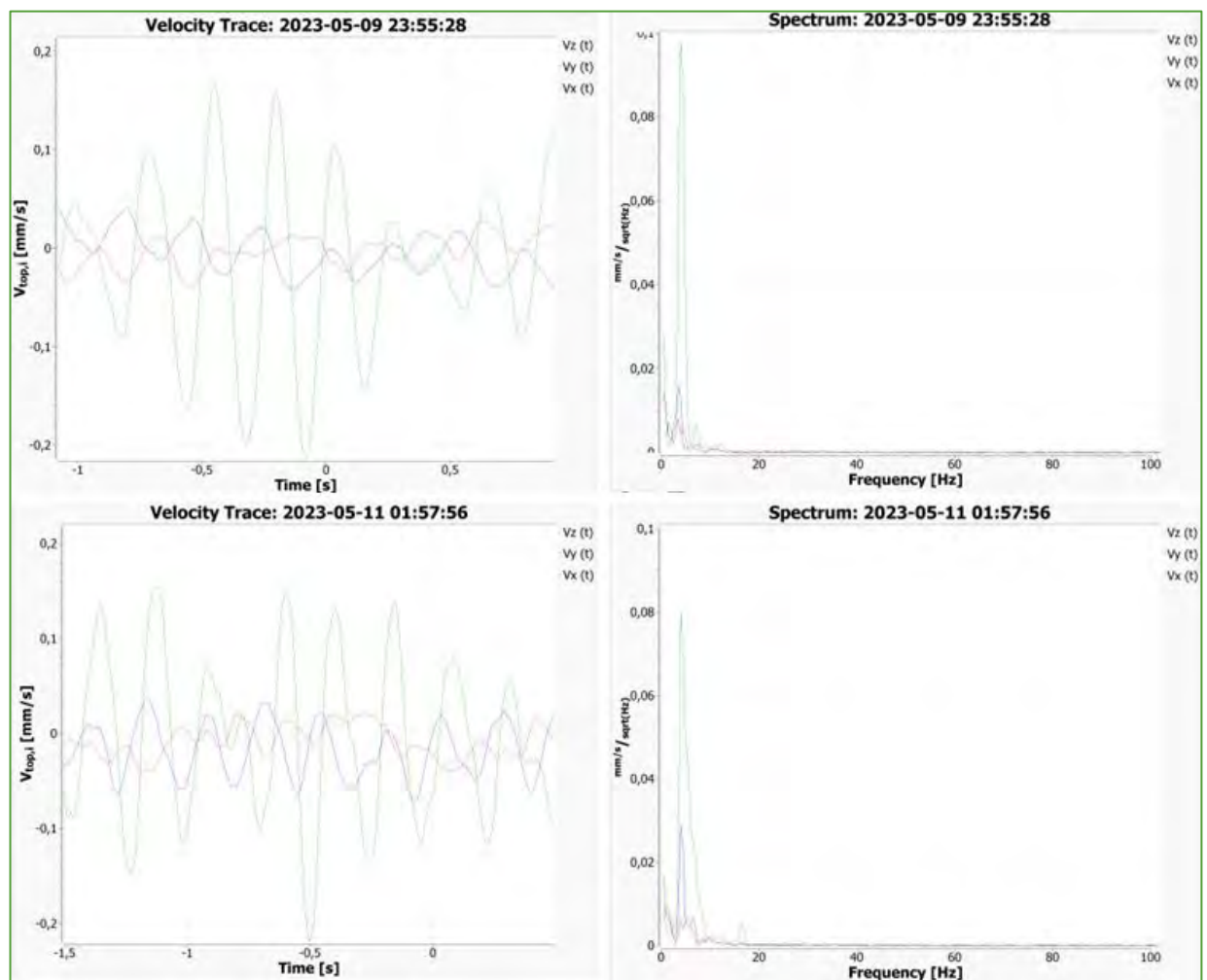
Figuur 12 Twee treinpassages aanwezig in alle vier de datasets – meetpunt 2 fundering



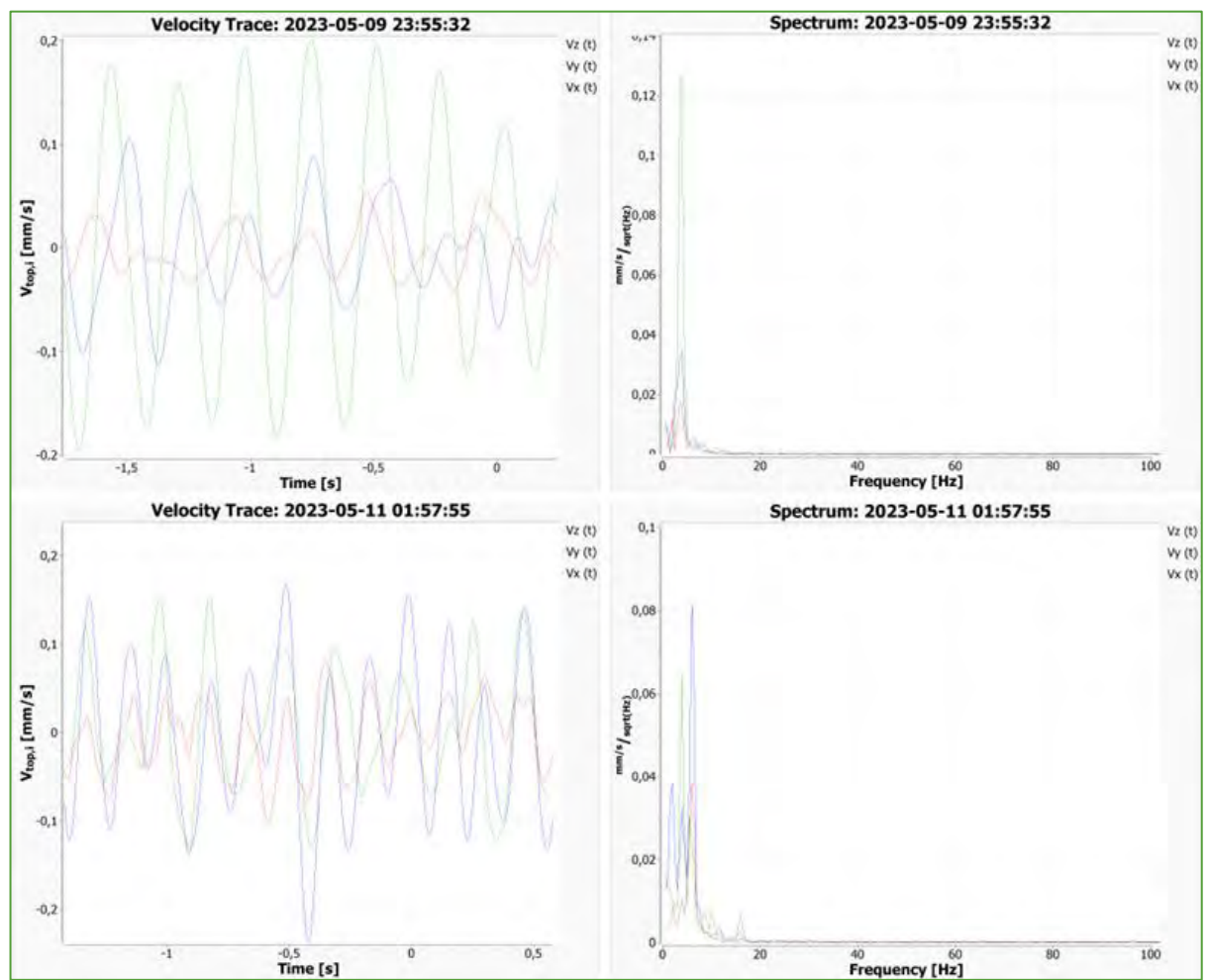
Figuur 13 Passage met hoog gemeten niveau – meetpunt 2 fundering



Figuur 14 Twee treinpassages aanwezig in alle vier de datasets – meetpunt 3 fundering



Figuur 15 Twee treinpassages aanwezig in alle vier de datasets – meetpunt 4 vijfde verdieping



5

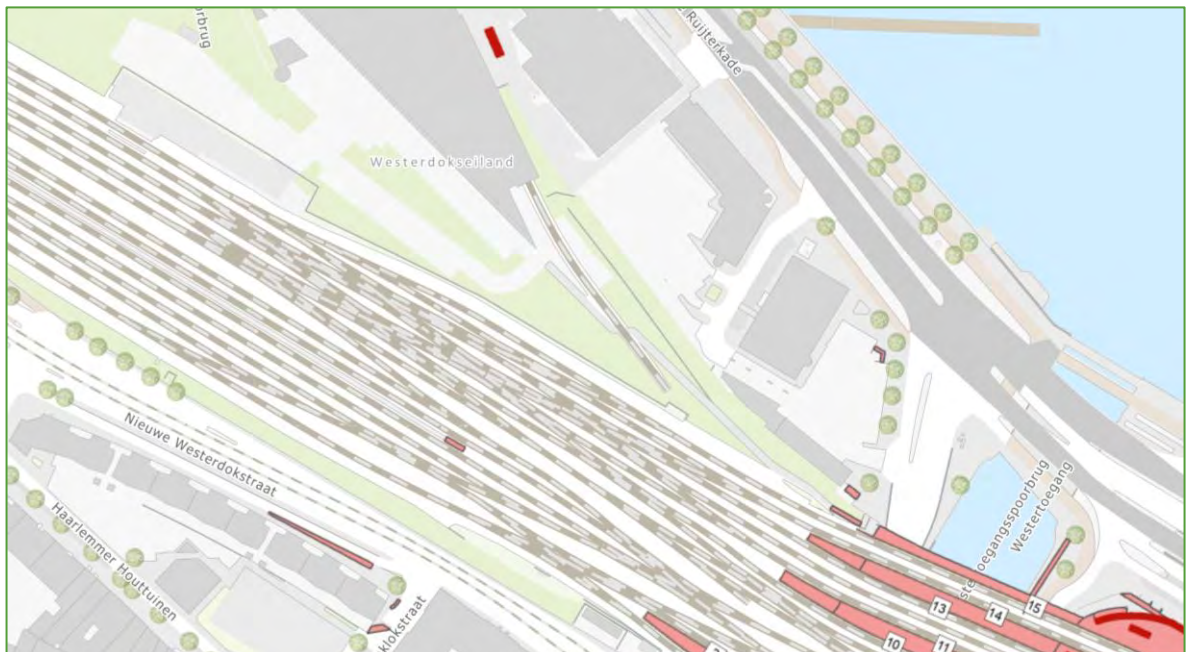
QUICK SCAN

Naast het uitvoeren van trillingsmetingen is ook een quick scan uitgevoerd naar de trillingsgevoeligheid van de locatie en de toekomstige nieuwbouw. Hierbij is in overeenstemming met de handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen [ref. 3] gekeken naar het treinbeeld, de spooropbouw en de bodemgesteldheid, en zijn de eigenschappen van de toekomstige voorziene nieuwbouw beschouwd.

5.1 Treinbeeld

Figuur 16 toont de situatie van het spoor naast het plangebied. Er is sprake van een grote hoeveelheid sporen vanwege de nabije ligging van Amsterdam Centraal station. Een verscheidenheid aan treintypes passeert op de locatie. Dit betreffen zowel passagierstreinen (Sprinters, Intercity's en Thalys, zie Figuur 17) als goederenvervoer (Figuur 18). In Figuur 18 worden foto's van goederentreinen weergegeven ter plaatse van station Amstel die ook Amsterdam Centraal passeren.

Figuur 16 Situatie spoor nabij plangebied. (bron: BasisBeheerKaart maps.prorail.nl)



Figuur 17 Passerende treinen Centraal Station meest nabijgelegen spoor (linksboven TRAXX getrokken passagierstrein , rechtsboven type VIRM, linksonder Thalys, rechtsonder Sprinter SLT)



Figuur 18 Passage goederentrein op het spoor nabij station Amstel (komend vanaf Centraal Station)



Toekomstige situatie PHS Amsterdam

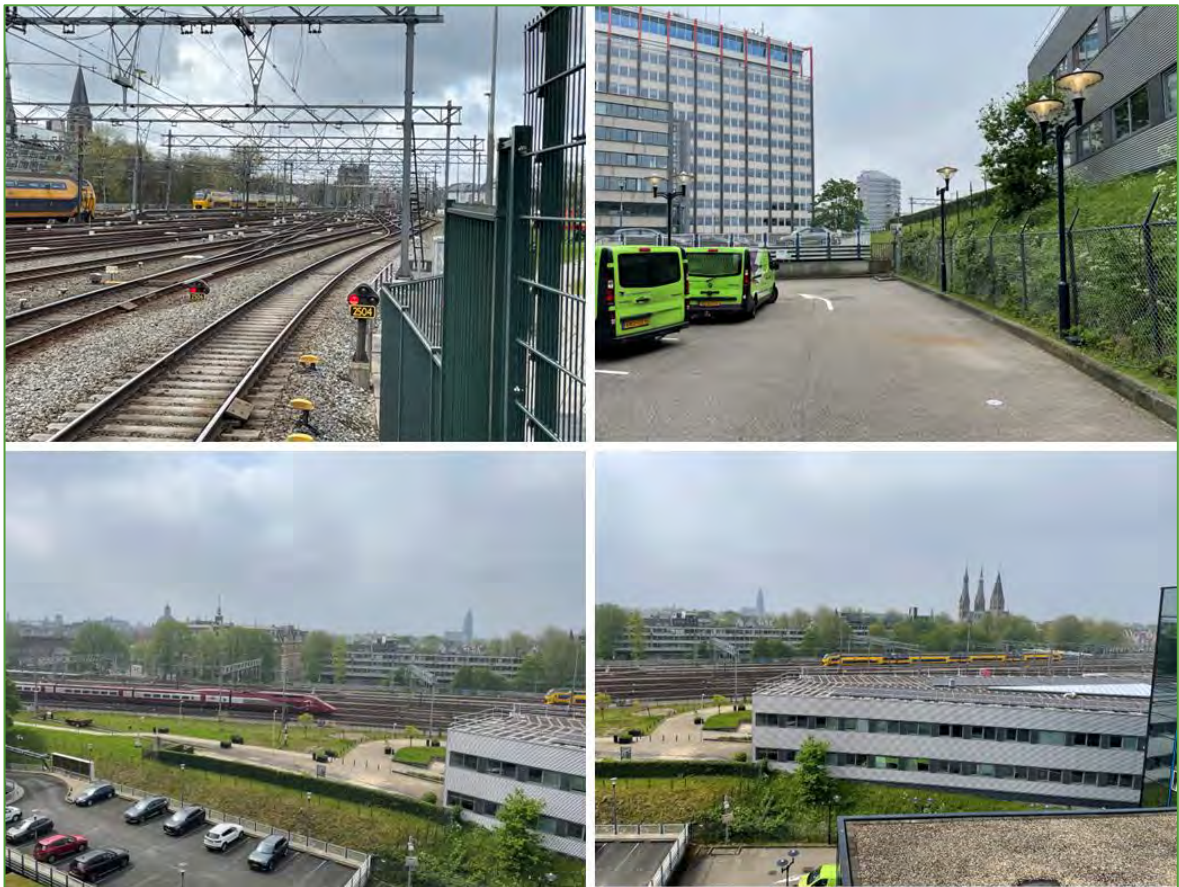
Het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) voorziet in meer reizigerstreinen op een aantal trajecten in de randstad. Dit resulteert ook in meer reizigersvervoer op het spoor naast het plangebied. In het onderzoek dient hier rekening mee te worden gehouden. Het reizigersvervoer is echter niet maatgevend als het gaat om het

maximale trillingsniveau $V_{\max}$. Wel kan een toename in reizigersvervoer tot een toename in V_{per} leiden. Wordt naar de meetresultaten gekeken dan volgt dat de gemeten waarden van V_{per} laag liggen. Een toename in treinverkeer zoals voorzien in PHS zal een beperkte invloed hebben op V_{per} .

5.2 Spooropbouw en onregelmatigheden

In Figuur 19 worden foto's van het spoor naast het plangebied getoond. In Figuur 20 worden aanwezige wissels in het spoor in dit gebied weergegeven. Uit de figuren volgt dat er sprake is van wissels en ES-lassen in het spoor. Dit zorgt naar verwachting tot lokale verhoging van trillingsniveaus. Daarentegen is de rijnsnelheid laag vanwege de aanwezigheid van het station. Enkel doorgaande goederentreinen zullen mogelijk op (beperkte) snelheid doorrijden. Het spoor ligt enigszins verhoogt ten opzichte van het bestaande KvK-gebouw. Dit is mogelijk wat gunstig voor de optredende trillingsniveaus ter plaatse van het KvK-gebouw.

Figuur 19 Sporen gezien vanuit verschillende posities. Vanaf buitenste spoor perron (linksboven), verhoogde ligging (rechtsboven), vanaf vijfde verdieping (onder).



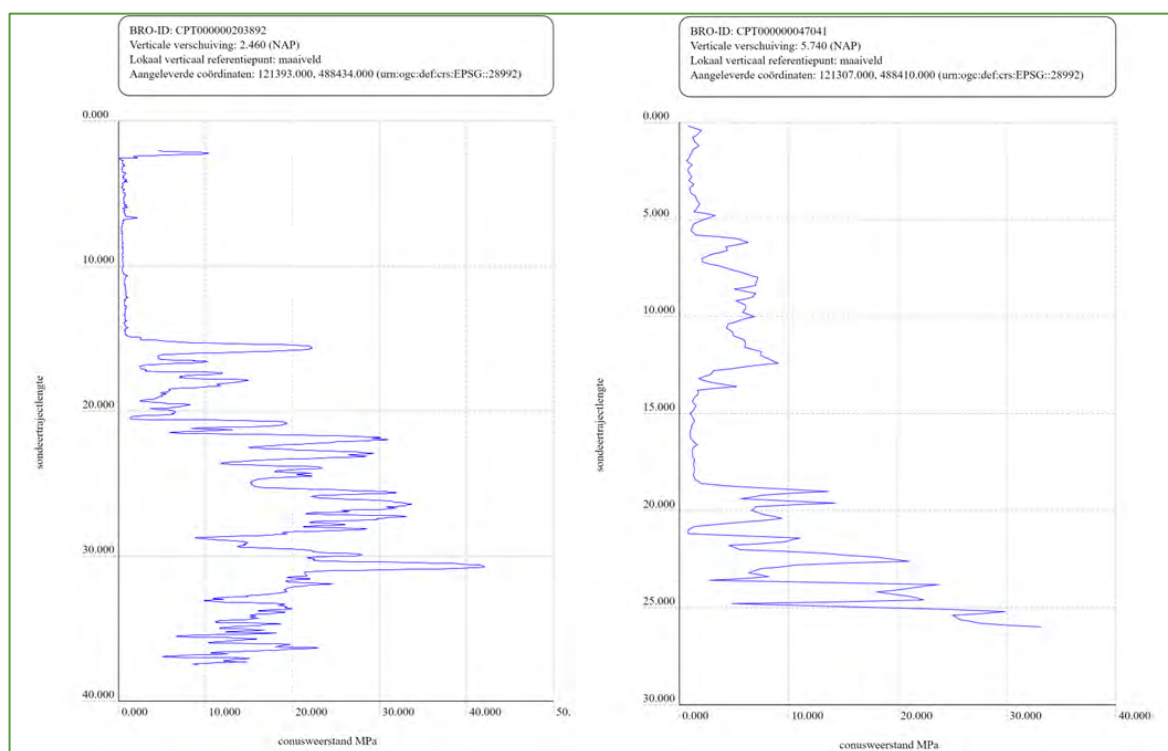
Figuur 20 ES-lassen in het spoor nabij plangebied (zwarte kruisjes)



5.3 Bodemopbouw

De grondopbouw ter plaatse van het plangebied is bepaald op basis van beschikbare sonderingen uit de Basis Registratie Ondergrond (BRO). Er is sprake van een typische Amsterdamse bodemopbouw. In Figuur 21 zijn twee sonderingen weergegeven dicht bij de Ruijterkade 5. Hieruit blijkt dat de bovenste 15-20 meter bestaat uit klein/veenlagen waarna de dragende zandlaag wordt aangetroffen. Verwacht wordt daarom dat de paalfundering meer dan 20 meter diep zal zijn.

Figuur 21 Sonderingen nabij Ruyterkade 5 uit het BRO



Over het algemeen geldt dat slappe veen/klei bodem tot lage frequenties leidt en relatief hoge trillingsniveaus vlak bij het spoor. Daarentegen neemt het trillingsniveaus snel af (vergeleken met stijve zandbodem).

6

PREDICTIE TOEKOMSTIGE NIEUWBOUW

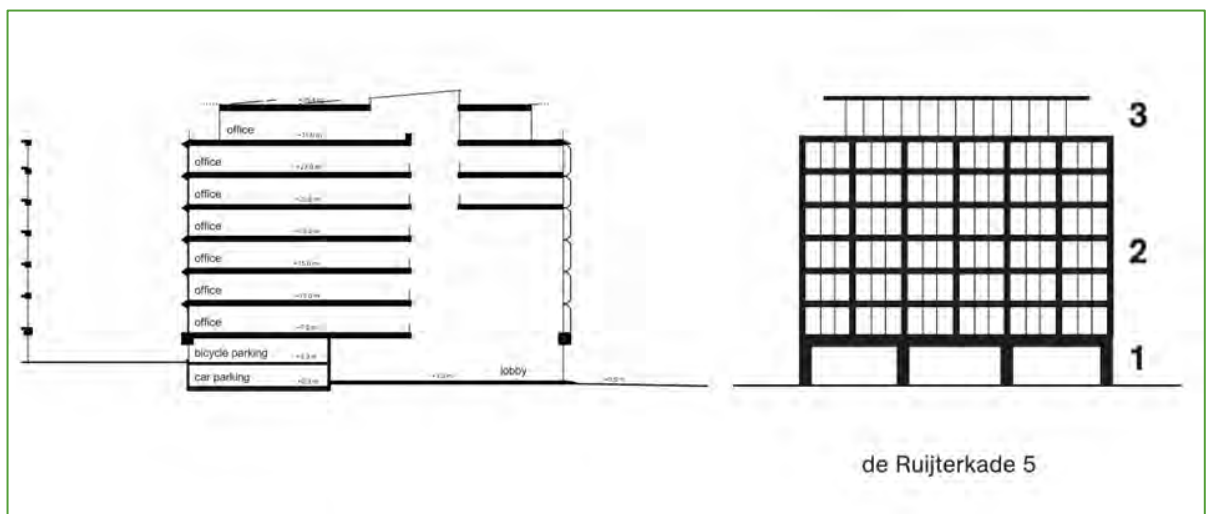
6.1 Voorzien ontwerp

In Figuur 22 wordt een beeld gegeven van het toekomstige gebouw aan de Ruijterkade 5. Het gebouw kent in totaal acht bouwlagen. Het gebouw kent een repetitief karakter als het gaat om de draagconstructie, zie Figuur 23. Details van het ontwerp zijn nog niet beschikbaar.

Figuur 22 Beeld van toekomstige Ruijterkade 5 vanaf het IJ

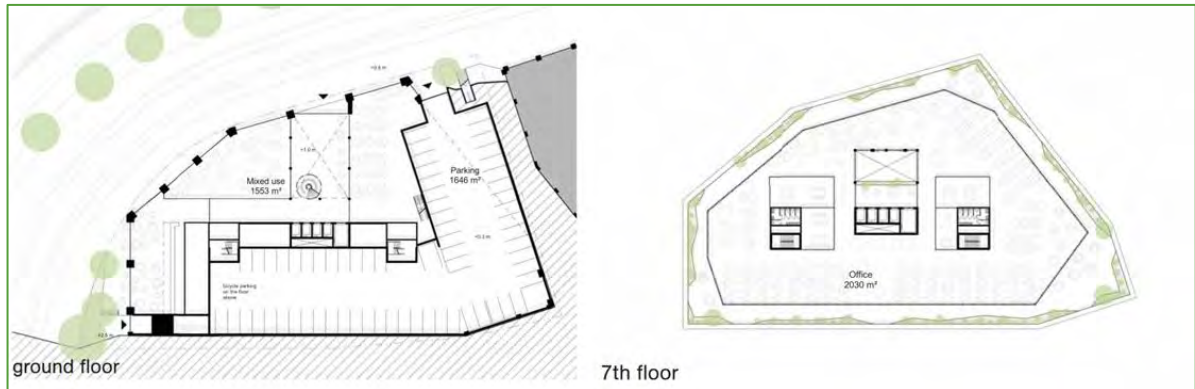


Figuur 23 Dwarsdoorsnede en vooraanzicht toekomstig gebouw



In Figuur 24 worden de begane grond en bovenste (zevende verdieping) weergegeven. Op de verschillende verdiepingen is sprake van kantoorgebruik en 'mixed use'. Dit wordt ingedeeld in de gebouwfunctie kantoor en onderwijs en/of bijeenkomsten (zie Tabellen 3 en 4).

Figuur 24 Begane grond en zevende verdieping toekomstige gebouw



6.2 Predictie toekomstige niveaus

Voor het bepalen van het verwachte trillingsniveau binnenin het toekomstige gebouw aan de Ruijterkade 5 midden op de vloer zijn een aantal aspecten van belang:

- De overdracht van trillingen in de bodem naar fundering;
- De voortplanting van trillingen vanuit fundering de gebouwconstructie in;
- Eigenfrequentie van vloeren en eventuele opslingering hiervan.

Op de verschillende onderdelen wordt kort ingegaan.

Overdracht van bodem naar fundering

Over het algemeen kan gesteld worden dat het trillingsniveau op de fundering lager ligt dan in de bodem. Hoeveel het trillingsniveau afneemt is afhankelijk van de stijfheid en de massa van de fundering ten opzichte van de stijfheid- en massa-eigenschappen van de bodem. Daarbij speelt een belangrijke rol welke golflengtes in de bodem optreden en hoe deze zich verhouden tot de geometrie van de constructie.

Een algemene factor die in de CUR166 wordt gehanteerd voor de overdracht van bodem naar fundering betreft een factor van 0,7. Oftewel, het niveau in de fundering bedraagt ongeveer 0,7 maal het niveau in de bodem [ref. 5]. Uit de metingen blijkt dat de twee funderingsmeetpunten een verschillend beeld laten zien. Naar verwachting komt het verschil door de maskerende werking van het ProRail-gebouw tussen één van de twee punten en het spoor. Uitgegaan wordt van het maatgevende hoekpunt, namelijk meetpunt 2.

Tabel 10. Meetpunten fundering

Veffmax maaiveld	V_{max}
Meetpunt 2	0,2
Meetpunt 3	<0,1

Met het oog op de voorziene nieuwbouw is het vooral van belang dat zoveel mogelijk stijfheid en massa in de fundering en gebouwconstructie wordt gecreëerd.

Voortplanting van trillingen vanuit fundering de gebouwconstructie in

Hoe trillingen zich via de fundering voortplanten in de gebouwconstructie hangt af van het type constructie, de massa- en stijfheidsverdeling en de mate van demping. Daarbij is van belang in welke richting de trilling optreedt en van welke frequenties en golflengtes er sprake is. Verschillende vormen van gebouwbewegingen kunnen optreden. Zo kan een verticale beweging van de fundering leiden tot een horizontale beweging van de vloer met name op de hoogste verdieping. Een verticale beweging ter plaatse van de oplegging van de vloer kan leiden tot opslingering in het midden van de vloer.

Voor het bestaande KvK-gebouw en ook het toekomstige gebouw geldt dat er sprake is van een massieve betonnen constructie. Dit is gunstig als het gaat om voortplanting van trillingen door het gebouw. Omdat er geen verdere gegevens van het detailontwerp beschikbaar zijn wordt in de predictie uitgegaan van een vergelijkbaar gedrag van het toekomstige gebouw als het huidige KvK-gebouw.

Opslingering van vloeren

Opslingering van vloeren kan optreden wanneer de dominante frequentie-inhoud van de trillingsignalen overeenkomt met de eigenfrequentie van de vloer. De mate van opslingering hangt vervolgens af van hoeveel demping er optreedt. Dit hangt weer samen met de massa van de vloer. Over het algemeen geldt dat hoe meer massa, hoe gunstiger. De ervaring leert dat in sommige gevallen een opslingeringsfactor van rond de 3 kan optreden. Hierbij is meestal sprake van houten vloeren. Voor betonnen vloeren hanteren wij een maximale factor van 2^2 .

Opslingering vindt plaats wanneer de eigenfrequentie van een vloer vrijwel gelijk is aan de dominante frequentie van een trillingssignaal als gevolg van treinverkeer. De dominante frequentie-inhoud ligt duidelijk rond de 5 Hz. Op basis van de huidige (concept) ontwerpgegevens kan geen eigenfrequentie van vloeren worden afgeschat voor het toekomstige ontwerp. Uit de resultaten van meetpunt 4 blijkt dat er in het huidige KvK-gebouw op de gemeten vloer geen sprake is van opslingering.

Resultaten van de predictie

Wordt op basis van de gemeten niveau aan de fundering en met en zonder opslingering gerekend, dan volgt een predictie van maximaal trillingsniveau midden op vloeren zoals weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11. Predictie van verwachte niveaus $V_{\max}^*$.

Maximaal gemeten $V_{\text{eff,max}}$ maaiveld 0.50	Prognose trillingsniveaus met en zonder vloeropslingering $V_{\max}$
Vloeren toekomstige gebouw	0,2-0,4

*De predictie van trillingsniveaus kent altijd een mate van onzekerheid.

De predictie van trillingsniveaus in Tabel 11 betreffen waarden die geschat zijn op basis van ervaring met meetresultaten en factoren zoals deze in literatuur worden gegeven. Met een project-specifieke modelberekening met een eindige-elementenmodel kan een nauwkeurigere schatting worden verkregen.

² Een factor 2 komt overeen met 6dB 'floor resonance' die in de Amerikaanse richtlijn van de FTA wordt genoemd [ref. 4].

Uit de resultaten in Tabel 11 volgt dat er voor de toekomstige situatie geen sprake is van overschrijding van de streefwaarde $A_2=0,6$. Dit geldt voor de situatie zowel met als zonder vloeropslingering.

Uit de meetresultaten volgt dat de dominante frequentie van de maatgevende treinsignalen duidelijk pieken rond de 5 Hz laten zien. Zowel op maaiveld als aan de fundering en op de verdieping., zie paragraaf 4.3 Opslingering kan vermeden worden dan wel beperkt worden door een eigenfrequentie van de vloer te realiseren die minimaal 1,5 maal³ hoger ligt dan de aanstotingsfrequentie. Wordt van 5Hz uitgegaan dan volgt een minimale eigenfrequentie van de vloer van 8 Hz.

Toetsing V_{per} t.o.v. V_{max}

In de predictie is alleen ingegaan op V_{max} -niveaus omdat de toetsing van V_{max} maatgevend is. De gemiddelde periodieke trillingsniveaus (V_{per}) liggen ver onder de streefwaarde A_3 .

³ Voor een enkelvoudig massaveersysteem met een dempingscoëfficiënt van 0,05 volgt dan een toename van factor van circa 1,3. Dus 30% toename.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Uit de resultaten van het trillingsonderzoek zijn de volgende conclusies te trekken:

- Op vier locaties zijn trillingsmetingen uitgevoerd. Meetpunt 1 is gekozen op maaiveld. Meetpunten 2 en 3 zijn op beide hoekpunten aan de fundering van het bestaande Kamer van Koophandel gebouw (KvK-gebouw) gekozen en meetpunt vier is midden op de vloer bovenin in het gebouw op de vijfde verdieping gekozen. Tussen het grootste gedeelte van het KvK-gebouw en het spoor ligt het ProRail-gebouw. Dit heeft invloed op het optredende trillingsniveau wat is terug te zien in de resultaten van de hoekpunten van de fundering.
- Het niveau aan de fundering op het hoekpunt waar het ProRail-gebouw tussen ligt (meetpunt 3) laat een lager niveau zien van $V_{\max} < 0,1$ dan het hoekpunt met vrij zicht op het spoor (meetpunt 2) van $V_{\max} = 0,2$. Tussen het maaiveld punt (meetpunt 1) en het spoor is ook het ProRail-gebouw aanwezig. Voor het maaiveld meetpunt is een $V_{\max}$ gemeten van 0,22.
- Bovenin het KvK-gebouw op de vijfde verdieping is een lage $V_{\max}$ waarde gemeten van maximaal 0,1. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen vloeropslingering is gemeten en dat het bestaande KvK-gebouw horizontaal ook voldoende stijfheid bezit zodat er geen sprake is van horizontale beweging/opslingering.
- De gemeten maximale trillingsniveaus liggen allemaal onder de streefwaarde A2 voor kantoorgebouwen van 0,6.
- De frequentie-inhoud van de signalen laat een consistent beeld zien waarbij de maatgevende piek rond 5 Hz ligt. Naar verwachting gaat het om goederentreinpassages;
- Het toekomstige gebouw heeft naar verwachting een massieve en stijve fundering. De dragende constructie en de vloeren van het gebouw bestaan waarschijnlijk uit beton. Dit zijn gunstige eigenschappen met het oog op het reduceren van de effecten van spoortrillingen. Op dit moment zijn er geen detailgegevens beschikbaar. Op basis van de het beschikbare conceptontwerp wordt geconcludeerd dat het toekomstige gebouw naar verwachting vergelijkbare eigenschappen heeft als het bestaande gebouw. Een vergelijkbare responsie ligt daarom in lijn der verwachting. Voor zowel het maximale trillingsniveau $V_{\max}$ als het gemiddelde periodieke trillingsniveau V_{per} wordt daarom geen overschrijding van de streefwaarde van de SBR-richtlijn deel B verwacht.
- Mocht in het toekomstige ontwerp wel sprake zijn van vloeropslingering dan resulteert een veel toegepaste factor voor betonnen vloeren van 2,0 alsnog niet in een overschrijding van de streefwaarde A2=0,6 en wordt alsnog voldaan aan de SBR-richtlijn.
- Binnen het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer zijn toenames in treinaantallen van toepassing nabij Centraal Station Amsterdam. Een toename in treinaantallen heeft geen invloed op het maximale te verwachten trillingsniveau $V_{\max}$, maar wel op het gemiddelde periodieke trillingsniveau V_{per} . De

gemeten V_{per} trillingsniveaus liggen echter dermate ver onder de streefwaarde A3 dat wijzigingen als gevolg van PHS niet tot een overschrijding zullen leiden.

7.2 Aanbevelingen

Er wordt voor het toekomstige kantoorgebouw aan de Ruijterkade 5 geen overschrijding van de SBR-richtlijn deel B verwacht als gevolg van spoortrillingen. De gemeten trillingsniveaus in het huidige gebouw liggen laag en er is geen sprake van opslinging. Opslingering wordt ook niet in het toekomstige gebouw verwacht. Daarvoor geldt dat voor kantoren een streefwaarde $A_2=0,6$ wordt gehanteerd (voor woningen geldt een strengere streefwaarde van 0,2).

Hoewel ook in het geval met vloeropslingering wordt voldaan aan de streefwaarde van de SBR-richtlijn, valt het aan te bevelen vloeropslingering te vermijden door met de eigenfrequentie van vloeren weg te blijven van 5 Hz. Aanbevolen wordt hiermee in het ontwerp rekening te houden.

REFERENTIES

1. Stichting Bouw Research (2006). SBR-richtlijn deel B: Hinder voor personen in gebouwen.
2. De Ruijterkade 5 Amsterdam. Conceptueel bouwplan (23-02-2023), de Architecten Cie.
3. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen (2019). Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
4. Federal Transit Administration (2006). Transit Noise and Vibration Impact Assessment.
5. CUR Bouw en Infra (2012). 166 Damwandconstructies, 6^e herziene druk.