



IBAN NL15 RABO 0307 33 99 20

KvK Gouda 29037057

Lid INCE • NAG • ABAV • Ti-Kviv

www.av-consulting.nl

NL - 8033.00.591.B.01

Rapport 2006006641-20190855H

8 juli 2019

TRILLINGSONDERZOEK

Nieuwbouw woontoren en woongebouw te Amsterdam;
bepaling kans op hinder tgv rail-en metroverkeer

AKOESTIE

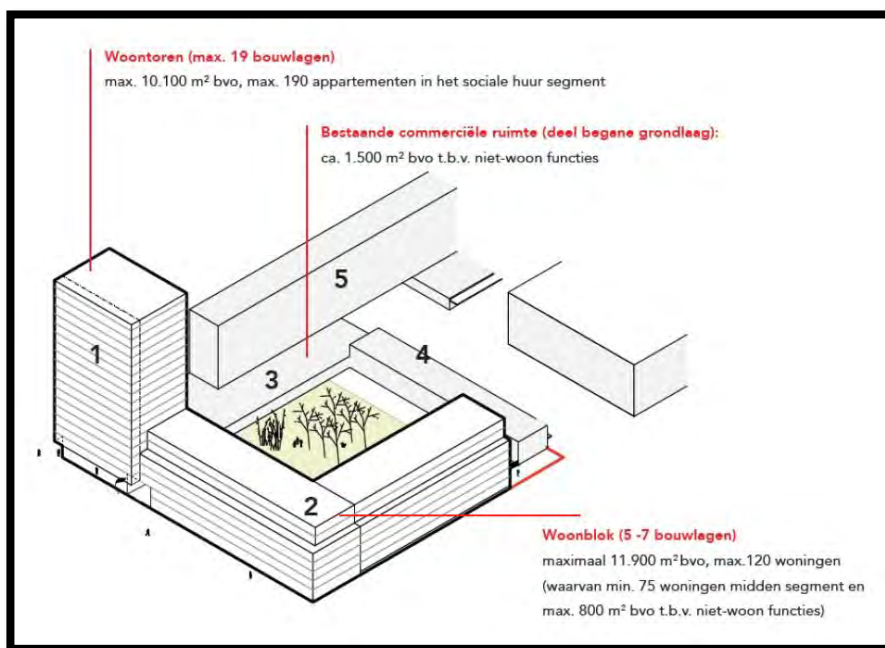
TRILLINGEN

MILIEU-
VERGUNNINGEN

LUCHTONDERZOEK

BEZWAAR
EN BEROEP

Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd volgens onze voorwaarden zoals op de achterzijde afgedrukt, alsmede de "regeling van de verhouding tussen opdrachtgever en adviserend ingenieur" (R.V.O.I., 2001) gedeponeerd ter griffie van de arrondissementsrechtbank te Den Haag. Orders are accepted and carried out according to our regulations as printed on the backside and the "regulation of the relation between principal and consultant-engineer" (R.V.O.I., 2001) filed at the office of the district-court of The Hague (the Netherlands).



Opdrachtgever

Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam
Weesperplein 8 OGA
1018 XA Amsterdam

Adviseur

Fabio Calissi, M. Sc.
Ad (Arie) Vreeswijk, M. Sc. INCE

Namens dezen

T.a.v. Dhr. Mr. Koen Vreeker

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	1
1.1. Algemeen	1
1.2. Gegevens	1
2. SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN	2
3. METINGEN EN BEREKENING	4
3.1. Situatie	4
3.2. Trillingsmeting	5
3.3 Overdrachtsprognoses betreffende gebouwen	6
4. RESULTATEN EN PROGNOSE	7
4.1. Meetresultaten	7
4.2. Gecorrigeerde resultaten	8
4.3. Toetsing trillingsimmissie; prognose	8
5. CONCLUSIE	10

BIJLAGEN:

1. MEETRESULTATEN
2. TEKENINGEN
3. TERMEN EN DEFINITIES VAN SBR-B

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

In opdracht van Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam is door AV Consulting B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de grens van een bouwplan aan de hoek van de Postjesweg en de William Roelofstraat te Amsterdam. Het bouwplan voorziet in trillingsgevoelige ruimten door de bouw van een woontoren en een woongebouw.

Doel van het onderzoek is het prognosticeren van de trillingsniveaus in de woontoren en woongebouw ten gevolge van de trein- en metroverkeer op het spoortracé Amsterdam Centraal – Schiphol en het metropoortracé Amsterdam Postjesweg – Amsterdam Lelylaan.

ProRail adviseert indicatief onderzoek te doen naar de te verwachten trillingsniveaus. Aanleiding voor het onderzoek is de zorg van de opdrachtgever om mogelijk toekomstige trillinghinder in de nieuwbouw ten gevolge van het spoor- en metroverkeer te voorkomen.

Ten behoeve van het onderzoek zijn er trilling metingen verricht conform de voorschriften uit de SBR-richtlijn B: "Hinder voor personen in gebouwen" gedurende één representatieve week.

Voor de overdracht van de trillingen van gebouw naar vloer zijn frequentie afhankelijke overdrachtsfuncties gebruikt.

1.2. Gegevens

Ten behoeve van het onderzoek is gebruik gemaakt van de navolgende gegevens:

- 1) De SBR-richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen" van de Stichting Bouwresearch.
- 2) Rapport V.2009.1067.02.R001, "Rijn-Gouwe Lijn Oost, Leiden - Trillingsonderzoek 2009".
- 3) Publicatie nr. 9/1995 "Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte" van de Ministerie van Volkshuisvesting.
- 4) Het bestemmingsplan "August Allebéplein Blok 6" inclusieve situatieschets van de te bouwen gebouwen.

2. SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de Richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van A_1 , A_2 en A_3 :

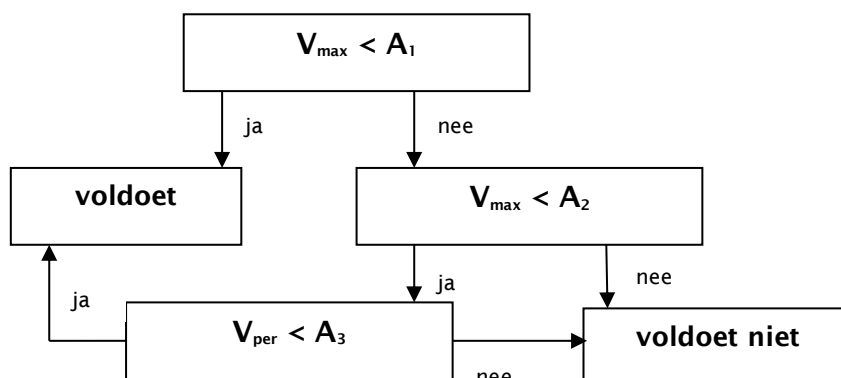
- A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 < A_1 \leq A_2$.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

- De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A_1 of
- De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A_2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

De procedure voor de beoordeling van $V_{\max}$ en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de onderhavige situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. De situatie kan worden beschouwd als een nieuwe situatie daar het een bouwplan betreft. In tabel 1 zijn de streefwaarden opgenomen.

Tabel 1: Overzicht streefwaarden hinder.

Norm	Dag/avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
SBR richtlijn B – Wonen (nieuwe situatie)	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Toetsing zal plaatsvinden voor zowel de dag- avond- en nachtperiode aangezien het railverkeer plaatsvindt in deze perioden.

In bijlage 3 zijn termen en definities gegeven relaterend aan de SBR richtlijn B.

Voor de afweging van de toelaatbaarheid van de trillingssterkten door railverkeer gedurende langere tijd kan bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik worden gemaakt van de navolgende kwalificatie van de hinder zoals aangegeven in tabel 2.

Tabel 2: Hinderkwalificatie voor railverkeer volgens SBR richtlijn B.

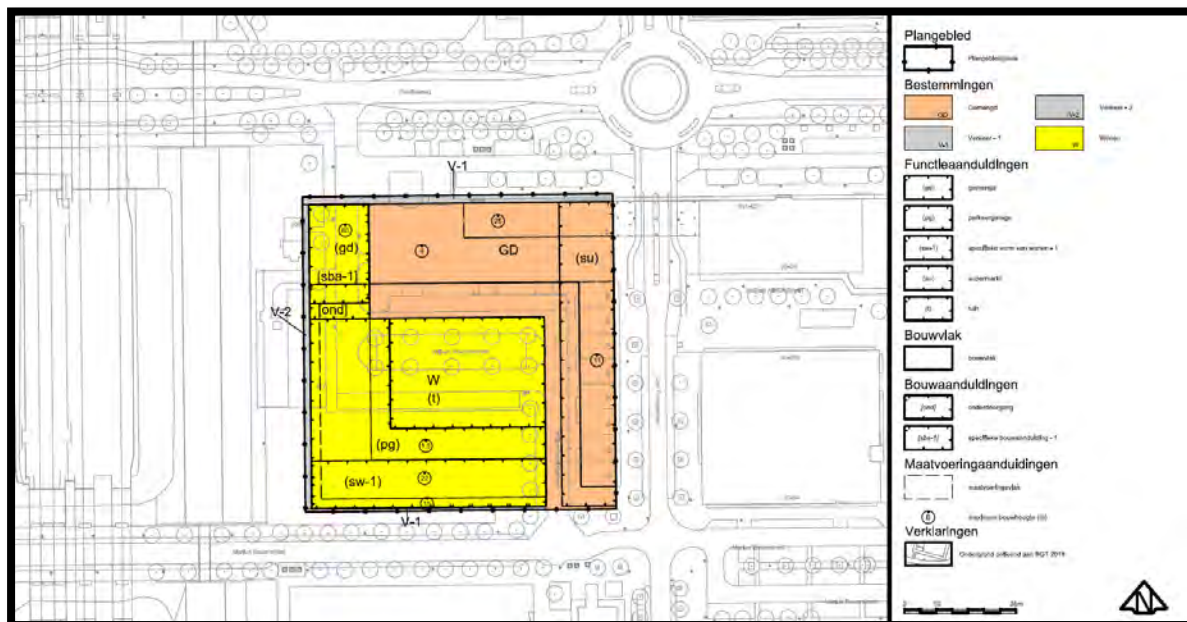
$V_{\max}$	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 - 0,8	matige hinder
0,8 - 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

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

3. METINGEN EN BEREKENING

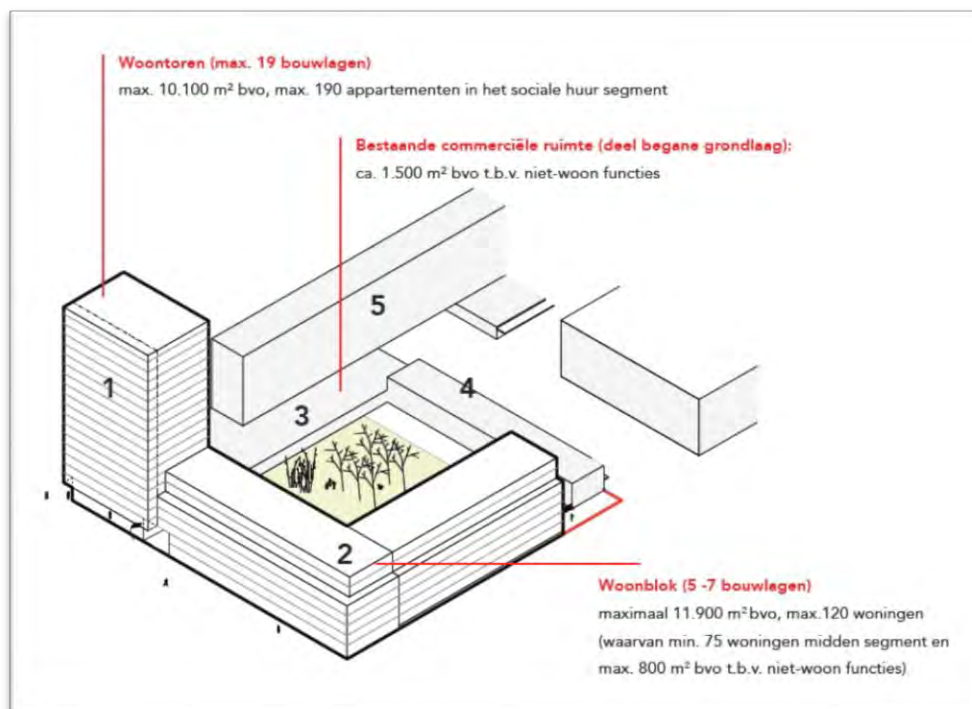
3.1. Situatie

Pro Rail en de gemeente Amsterdam willen mogelijke trillingshinder, ten gevolge van trein- en metroverkeer voor bewoners van de nieuwbouw voorkomen. In figuur 1 is de nieuwe situatie weergegeven.



Figuur 1: overzicht van de toekomstige situatie uit het bestemmingsplan “August Allébeplein blok 6”.

De nieuw te bouwen woontoren en woongebouw zijn geprojecteerd op een afstand van ca. 55 m van het spoor. Tussen het spoor en de bouwplaats ligt een waterpartij. De ligging van de woontoren en het woongebouw zijn gegeven in figuur 2.



Figuur 2: 3d-overzicht van het bouwplan.

3.2. Trillingsmeting

Er zijn trillingsmetingen uitgevoerd op de gevel van het bestaande gebouw aan de Willem Roelofsstraat 5-7. De gevel van deze constructie ligt vrijwel in dezelfde positie als de gevel van het nieuwe woongebouw.



Figuur 3: afstand tussen de meetpositie en de spoorbaan.

Hierbij is voor de meting één punt gekozen op de draagconstructie van de pand, gelegen op de kortste afstand tot de spoorweg. In onderhavige situatie is ervoor gekozen om gedurende één volle representatieve week de trillingen te meten waardoor een goed beeld van de lokale situatie is verkregen. In het meetpunt wordt in één verticale en in twee onderling loodrechte horizontale richtingen gemeten. In de figuren 4 en 5 is de exacte positie van de meetapparatuur weergegeven.



Figuren 4 en 5: positie van de meetapparatuur en de geofoon.

De onbemande metingen zijn uitgevoerd van donderdag 27 juni 2019 in de ochtend t/m de ochtend van donderdag 4 juli 2019. Op de meetlocatie zijn in drie richtingen (één verticaal en twee horizontaal) de optredende trillingen geregistreerd. De x-richting loopt evenwijdig met de grootste lengte-as van het bouwplan, parallel aan de spoorbaan.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de in tabel 3 vermelde meetapparatuur. Deze meetapparatuur voldoet aan de specificaties uit de SBR richtlijn.

Tabel 3: gebruikte meetapparatuur.

Omschrijving	Merk	Type
Trillingsanalyzer	Profound	Vibra SBR +
3-D trillingsopnemer	Profound	Vibra SBR +

3.3 Overdrachtsprognoses betreffende gebouwen

Trillingen worden door de bodem overgedragen aan de bouwconstructie. De mate van trillingsoverdracht hangt af van de wijze van funderen alsmede de massa en de stijfheid van het gebouw. Maatgevend voor de toetsing is de optredende trillingssterkte in het vloerveld. De constructiewijze, het materiaal en de overspanning van een vloer alsmede de belasting bepalen de 'eigenfrequenties' of resonantie frequenties van een vloerveld en de gevoeligheid voor trillingen.

Uit het onderzoek blijkt dat de trillingen met betrekking tot het spoor- en metroverkeer optreden met een dominante frequentie van globaal rond ca. 5-10 Hz in de z- en y-richting; zie bijlage 1.

Vloerconstructie

Door resonanties zal de trillingssterkte in het midden van een vloerveld hoger zijn dan aan de randen. Voor de mate van resonantie zijn de damping en de ligging van eigenfrequenties van belang. Deze zijn afhankelijk van de constructiewijze, het materiaal en de vloeroverspanning.

Voor niet stationaire trillingen, zoals bij railverkeer, is de verwachting dat de versterkingsfactoren wat lager zullen uitvallen dan vermeld in tabel 4. Dit geldt wanneer de afstand tot de trillingsbron klein is en de aanstoting slechts over een beperkt deel van de draagconstructie plaatsvindt zoals in de onderhavige situatie. In de prognoses is gerekend met de gemiddelde vloerveldversterking als functie van de frequentie (zie tabel 4). Die waarden zijn gebaseerd op door TNO ontwikkelde empirische formules en eigen meetervaring.

Tabel 4: gemiddelde vloerveldversterking als functie van de frequentie (tertsband).

	Frequentie in Hz									
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Versterking in dB	+2,5	+5	+6	+6,5	+8	+10	+7	+4	+3	+2,5

In het onderwerpelijk geval is er bij ca. 5-10 Hz een versterking van ca. 2,5 dB; dit is een factor van ca. 1,3.

Cumulatie overdrachtsprognose

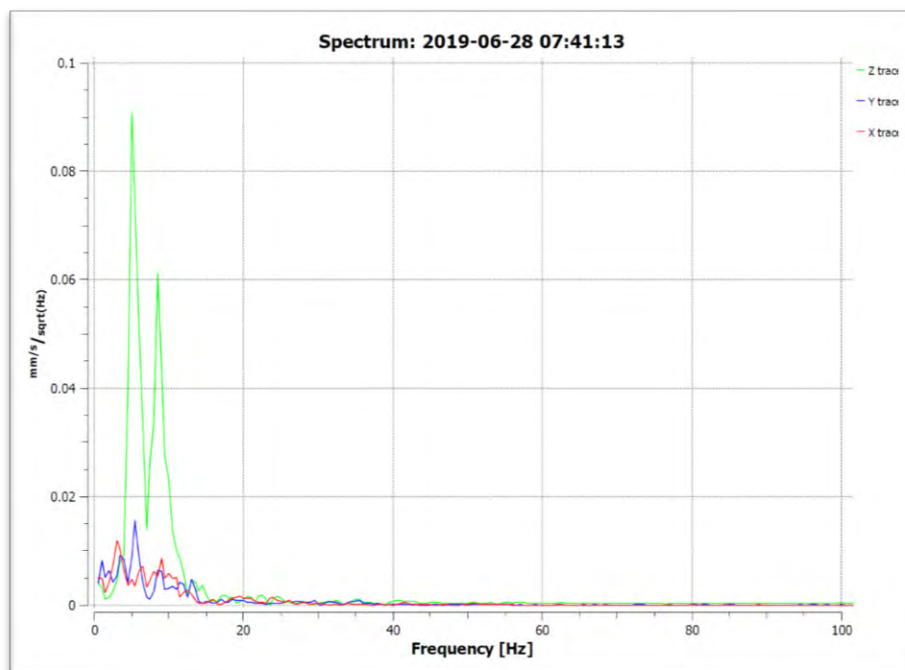
Voor de opslingering in het vloerveld in de Z-richting en Y-richting is gerekend met een versterking van circa 2,5 dB. Dit is een versterkingsfactor van circa 1,3 op de gemeten trillingsresultaten (trillingssnelheid).

4. RESULTATEN EN PROGNOSE

4.1. Meetresultaten

Gedurende de meetweek hebben stoortrillingen plaatsgevonden; door een analyse van de gemeten snelheidwaarden, traces en spectra zijn deze resultaten geïdentificeerd en geëlimineerd. Daarentegen waren stoortrillingen door wegverkeer niet uit te sluiten.

In figuur 6 is het spectrum van de hoogste trilling vanwege railverkeer gegeven.



Figuur 6: spectrum van de hoogst gemeten trilling vanwege railverkeer, de gemeten snelheidwaarde wordt bepaald in het tijdsdomein.

In tabel 5 zijn de meetresultaten als maximale effectieve trillingssnelheid, $V_{\text{eff,max}}$, samengevat voor de dag-, avond- en voor de nachtperiode. Zie ook bijlage 1. In tabel 5 zijn de hoogste meetwaarden opgenomen.

Tabel 5: meetresultaten hinder; dag-, avond- en nachtperiode.

Periode	Hoogst optredende meetwaarden van $V_{\text{eff,max}}$		
	Z - Richting verticaal Channel 1	X-Richting horizontaal 1 Channel 2	Y- Richting horizontaal Channel 3
Dag- en avondperiode	0,13	< 0,10	0,10
Nachtperiode	< 0,10	< 0,10	< 0,10

4.2. Gecorrigeerde resultaten

In tabel 6 zijn de hoogst gemeten waarden middels de overdrachtfuncties van gebouw naar vloer berekend.

Tabel 6: gecorrigeerde resultaten hinder; dag-, avond- en nachtperiode.

Periode	Hoogst optredende waarden van $V_{eff,max}$		
	Z - Richting verticaal Channel 1	X-Richting horizontaal 1 Channel 2	Y- Richting horizontaal Channel 3
Dag- en avondperiode	$0,13 * 1,3 = 0,17$	$< 0,10$	$0,10 * 1,3 = 0,13$
Nachtperiode	$< 0,10$	$< 0,10$	$< 0,10$

4.3. Toetsing trillingsimmissie; prognose

De hoogste gecorrigeerde waarden voor de dag- en avondperiode voor $V_{eff,max}$ zijn opgenomen in tabel 7. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 7 gegeven.

Tabel 7: toetsing voor hinder; dag- en avondperiode

$V_{eff,max}$ [-]	A_1^*	Toetsing	A_2^*	Toetsing	Vervolg
0,17 (z)	0,10	Voldoet niet	0,40	<u>Voldoet</u>	<u>Bepaling V_{per}</u>

* waarden uit de SBR richtlijn (dag- en avondperiode)

De hoogste waarden voor de nachtperiode voor de $V_{eff,max}$ zijn opgenomen in tabel 8. De toetsing voor hinder is eveneens in tabel 8 gegeven.

Tabel 8: toetsing voor hinder; nachtperiode

$V_{eff,max}$ [-]	A_1^*	Toetsing
$< 0,1$	0,10	<u>Voldoet</u>

* waarden uit de SBR richtlijn (nachtperiode)

Uit tabel 7 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR richtlijn B wordt overschreden gedurende de dag- en avondperiode. De bovenste streefwaarde (A_2) wordt niet overschreden. Bepaling van de V_{per} voor de dag- en avondperiode is noodzakelijk.

Uit tabel 8 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR richtlijn B wordt niet overschreden de nachtperiode. Bepaling van de V_{per} voor de nachtperiode is niet noodzakelijk.

De hoogste gecorrigeerde waarden voor de V_{per} zijn opgenomen in tabel 9 voor de dag- en avondperiode.

Tabel 9: gecorrigeerde resultaten hinder (V_{per}); dag- en avondperiode.

Periode	Hoogste optredende meetwaarden van V_{per}		
	Z - Richting verticaal Channel 1	X-Richting horizontaal 1 Channel 2	Y- Richting horizontaal Channel 3
Dag- en avondperiode	$0,02 * 1,3 = 0,03$	$< 0,01$	$0,01 * 1,3 = 0,01$

De toetsing voor hinder is gegeven in tabel 10.

Tabel 10: toetsing voor hinder (V_{per}); dag- en avondperiode.

Periode	V_{per} [-]	A_3^*	Toetsing
Dag- en avondperiode	0,03 (z)	0,05	<u>Voldoet</u>

* waarden uit de SBR richtlijn

Getoetst aan de (gemiddelde) norm $V_{\text{per}} = 0,05$ treedt geen overschrijding.

Uit de worst-case prognose-berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw weinig tot geen trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

5. CONCLUSIE

Uit de resultaten van het voorliggend onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd.

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan.

Uitgaande van de prognose berekeningen is de verwachting dat in de toekomstige woningen weinig tot geen trillingshinder vanwege railverkeer zal optreden.

AV-CONSULTING B.V.

Raadgevende ingenieurs

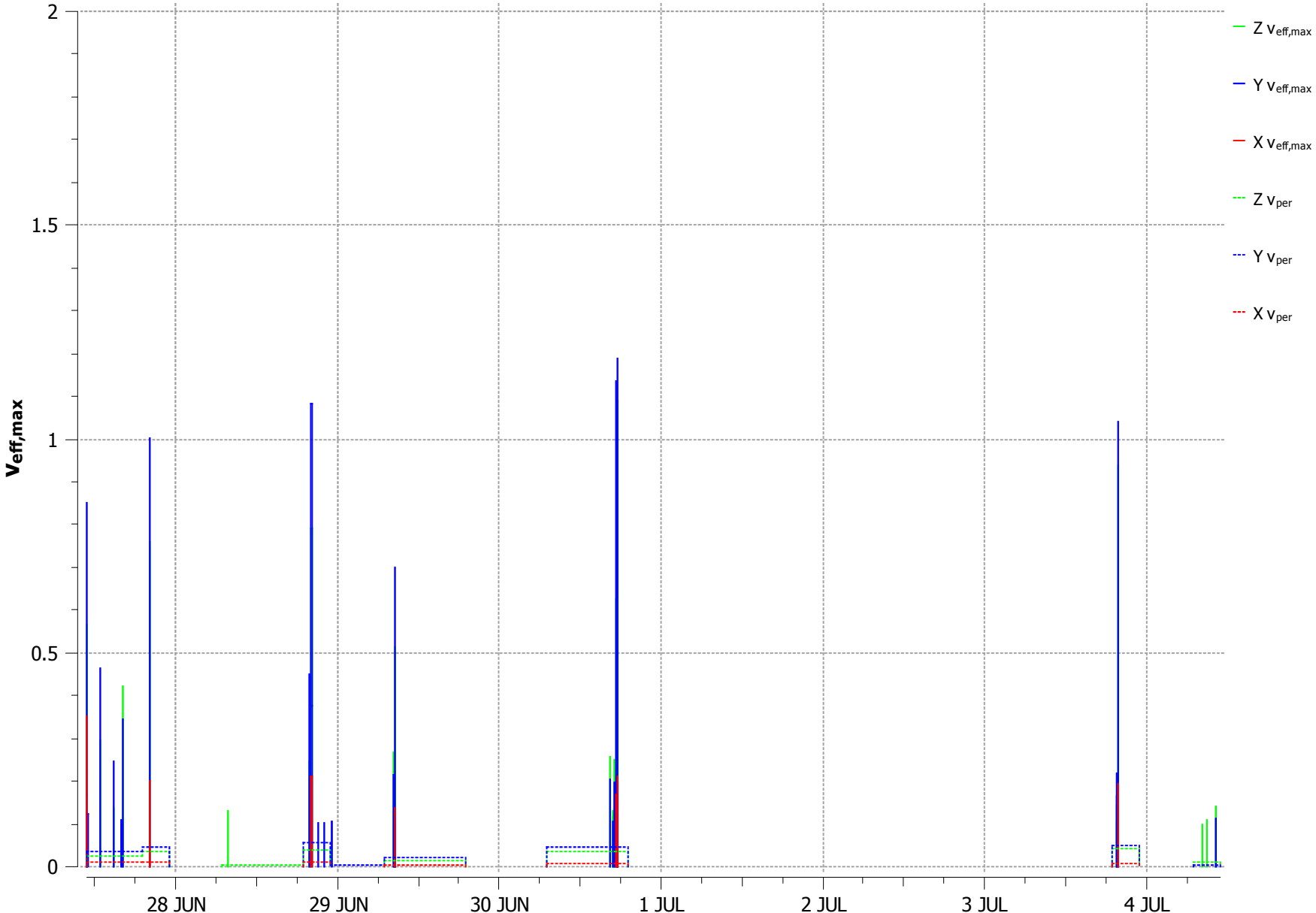
BIJLAGE 1: MEETRESULTATEN

1A: $V_{eff,max}$; V_{per} meetweek

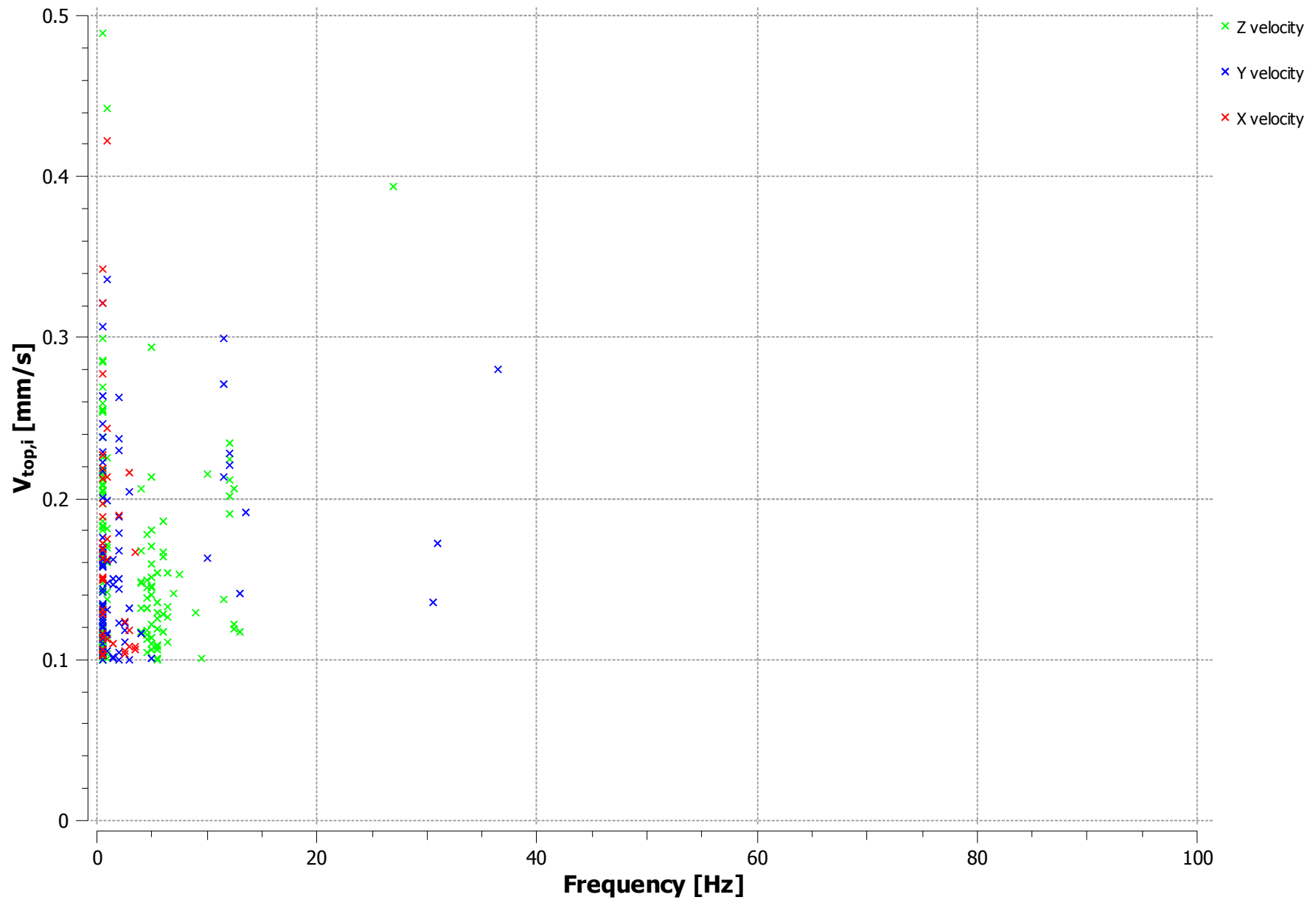
1B: Frequenties

1C: Trace van hoogste relevante trillingsniveau

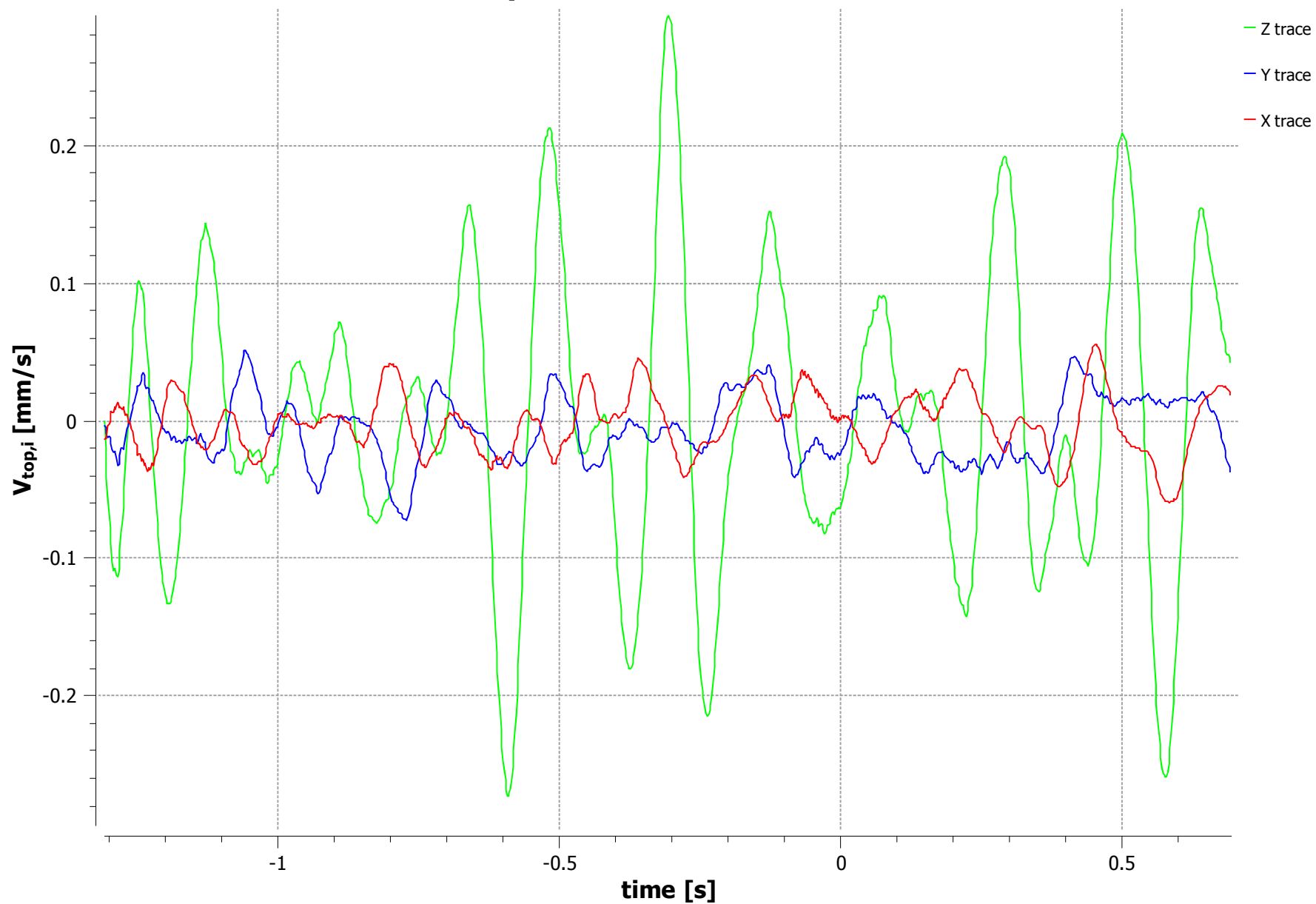
1D: Voorbeeld trace van niet relevante trillingsniveau

VIB00093 W.Roelofsstraat 2019-06-27

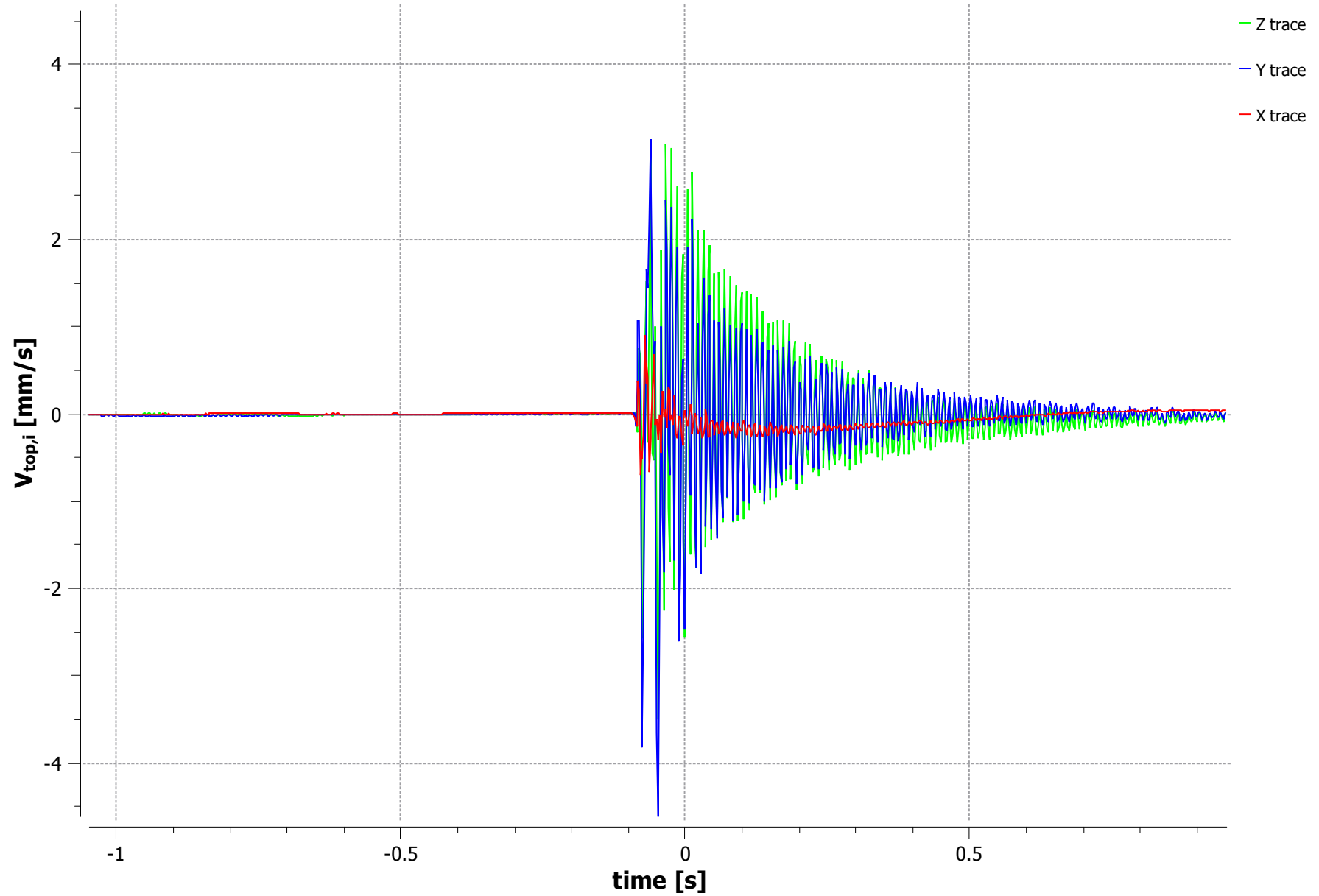
VIB00093 W.Roelofsstraat 2019-06-27



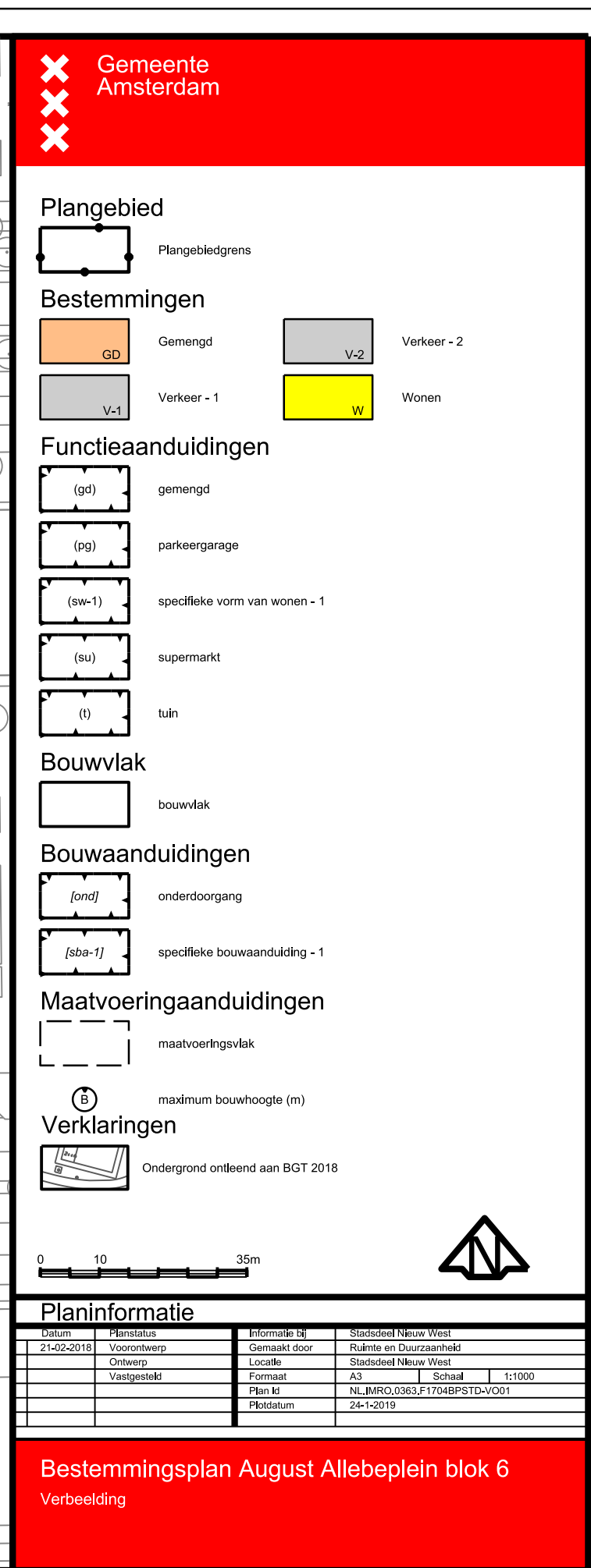
Velocity Trace: 2019-06-28 07:41:13



Velocity Trace: 2019-06-30 17:28:46



BIJLAGE 2: TEKENINGEN



BIJLAGE 3: TERMEN EN DEFINITIES VAN SBR-B

4 Termen en definities

Opmerking: de termen en definities zijn, voor zover van toepassing, in overeenstemming met NEN-ISO 2041 [3]

Amplitude-frequentie karakteristiek: de verhouding tussen ingaand en uitgaand signaal van een meetstelsel als functie van de frequentie, gegeven in een zeker frequentie-interval.

Beoordelingsperiode: een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingssterkte aan de streefwaarden:

de dagperiode van 07.00 uur tot 19.00 uur;
de avondperiode van 19.00 uur tot 23.00 uur;
de nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur.

Continue trilling: een trilling die ten opzichte van de grootste trillingstijd (laagste eigenfrequentie) gedurende een lange tijd aanwezig is.

Frequentie: de reciproque van de trillingstijd.

Herhaald voorkomende trilling: kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter.

Kortdurende trilling: trilling met een kortdurend (doorgaans korter dan enkele seconden), uitdempend karakter. De trilling wordt veroorzaakt door een stootvormige excitatie.

Niet-stationaire trilling: continue trilling waarvan de sterkte als functie van de tijd niet constant is, of een kortdurende trilling.

Meetduur: tijdsduur waarin met één configuratie meetpunten een meting wordt uitgevoerd.

Meetpunt: positie waar een trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten.

Meetrichting: de richting waarin de trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) in een meetpunt wordt gemeten.

Meting: het bepalen van de momentane waarde van de trillingsgrootte gedurende een zekere aaneengesloten tijdsduur door middel van een meetmethode.

Momentane waarde: de waarde van een variërende grootte op een zeker tijdstip.

Snelheid: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft.

Stationaire trilling: continue trilling die gedurende een lange aaneengesloten periode met een constante sterkte voorkomt.

Streefwaarde: de waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog geen trillingshinder optreedt.

Trilling: een variatie van een grootte (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootte afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde.

Trillingssterkte (Engels: vibration severity): in het algemeen de aanduiding van de sterkte of grootte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect. In het geval van hinder wordt onder de trillingssterkte verstaan de effectieve waarde van de gewogen trillingsgrootte.

Trillingstijd: de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.

Topwaarde: de in absolute zin grootste afwijking van een grootte ten opzichte van de gemiddelde waarde gedurende een zeker tijdsinterval.

Verplaatsing: een vectoriële grootte die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.

Versnelling: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de snelheid weergeeft

5.1 Eenheden

De te gebruiken eenheden en grootheden moeten in overeenstemming zijn met het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), zoals vermeld in hoofdstuk 4 (tabel 6, 8 en 9) en bijlage A, beiden van NEN 999:1977, en met NEN 1000:1986.

5.2 Grootheden

In het kader van deze meet- en beoordelingsrichtlijn worden bij voorkeur de hieronder gegeven eenheden aangehouden.

- a versnelling, in m/s²
- f frequentie, in Hz
- f_e eigenfrequentie, in Hz
- g zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- T trillingstijd, in s
- u verplaatsing, in mm
- v snelheid, in mm/s

5.3 Gehanteerde symbolen

De verder in deze richtlijn gehanteerde symbolen zijn hieronder weergegeven.

- A₁ streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, dimensieloos
- A₂ maximale waarde voor de trillingssterkte V_{max}, dimensieloos
- A₃ streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per}, dimensieloos
- f frequentie, in Hz
- f* frequentie in Hz, waarvoor φ(f) = 0
- f_{max} grensfrequentie van het laagdoorlaatfilter, in Hz
- f_{min} grensfrequentie van het hoogdoorlaatfilter, in Hz
- f_o kantelfrequentie van het wegingsfilter, f_o = 5,6 Hz
- H_{a(f)} wegingfunctie trillingsversnelling, s²/m
- H_{v(f)} wegingfunctie trillingssnelheid, s/mm
- i variabele die het interval van 30 seconden aangeeft waarin v_{eff,max,30,i} is gemeten

- N aantal aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden in een beoordelingsperiode; voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, N = 1440 voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, N = 1440 voor de avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur, N = 480 voor de nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur, N = 960
- n aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting
- t tijd, in s
- T_b totale tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is in een beoordelingsperiode, in s
- T_m tijdsduur van de meting, in s
- T₀ tijdsduur van de beoordelingsperiode, in s
- τ tijdconstante, in s
- V_{max} grootste waarde van v_{eff,max} in de beschouwde ruimte, dimensieloos
- V_{per} trillingssterkte over de beoordelingsperiode behorende bij de ruimte, dimensieloos en bepaald op basis van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima v_{eff,max,30,i}. Deze waarde dient uitsluitend te worden bepaald voor het meetpunt en de meetrichting waarin de grootste waarde V_{max} voor de ruimte volgens 9.7 is bepaald.
- v(t) momentane waarde van de gewogen trillingsgrootheid, dimensieloos
- v_{eff}(t) voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootheid, dimensieloos
- v_{eff,max} de grootste waarde van v_{eff}(t) over de meetduur, dimensieloos
- v_{eff,max,30,i} de grootste waarde van v_{eff}(t) in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos
- v_{eff,max,stat} de statistisch bepaalde grootste waarde van v_{eff}(t) over de meetduur, dimensieloos
- v_o referentiewaarde van de wegingfunctie, v_o = 1,0 mm/s
- v_{per,meet} de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van v_{eff,max,30,i} over de meetperiode
- φ(f) maximale referentie fase-frequentie karakteristiek voor het meetsysteem, in graden
- φ_m(f) de fase-frequentiekarakteristiek van het meetsysteem, in graden