

Trillingsonderzoek kavel K10, Arnhem

Haalbaarheidsonderzoek aspect trillingen nieuw te realiseren woningen

Status	definitief
Versie	001
Rapport	B.2017.1276.00.R001
Datum	4 januari 2018

Colofon

Opdrachtgever	BPD Ontwikkeling BV Regio Noord-Oost & Midden Postbus 1 3800 AA Amersfoort
Contactpersoon	de heer R. Stapel
Project Betreft Uw kenmerk	Locatie K10 Amsterdamseweg, Arnhem Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	B.2017.1276.00.R001 4 januari 2018 001 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Informatie	ing. D.H. (Daan) Perfors 088 346 76 35 dpe@dgmr.nl
Auteur	ing. D.H. (Daan) Perfors 088 346 76 35 dpe@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 hr@dgmr.nl
Verwerkt door	JBY/RFE/BRA

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Toetsingskader	5
3. Uitgangspunten	6
3.1 Spoor	6
3.2 Bouwplan	6
4. Trillingsmeting	7
4.1 Meetposities en -apparatuur	7
4.2 Verwerking	7
4.3 Meetresultaten	8
5. Prognose	10
5.1 Uitgangspunten	10
5.2 Resultaten en toetsing	10
6. Conclusie en aanbeveling	11

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties bemande meting
Bijlage 2	Trillingsregistraties 7 daagse meting

1. Inleiding

In opdracht van BPD Ontwikkeling BV heeft DGMR een haalbaarheidsonderzoek op het aspect trillingen uitgevoerd voor de kavel ten noordoosten van station Arnhem, genaamd K10. Op deze kavel zijn woningen voorzien, het bouwplan hiervoor moet nog nader uitgewerkt worden.

Bij nieuwbouw in de spoorzone vormen trillingen door railverkeer een nader te beschouwen aspect. Afhankelijk van de gebruiksfunctie, de afstand tot het spoor, de rijsnelheden en vervoersintensiteit kunnen trillingen mogelijk tot hinder leiden. Op station Arnhem stoppen en vertrekken stoptreinen, intercity's en hogesnelheidstreinen (ICE). Verder passeren er goederentreinen.

Het doel van het onderzoek is om de haalbaarheid op het aspect trillingen door railverkeer, in de nieuw te bouwen woningen te beoordelen. Aan de basis van het hiervoor opgestelde prognosemodel staan trillingsmetingen in de bodem van de kavel. De geprognosticeerde trillingssterkten op de vloervelden worden getoetst aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn Trillingen deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

Dit rapport doet verslag van het hierboven omschreven onderzoek.

2. Toetsingskader

Voor dit project zijn geen nadere trillingseisen opgegeven en wordt voor de beoordeling van trillingshinder de SBR-richtlijn deel B aangehouden. Deze richtlijn heeft geen wettelijke status, maar heeft mede door jurisprudentie een ruim draagvlak opgebouwd en wordt geïnterpreteerd als de meest recente stand der inzichten.

In de SBR-richtlijn trillingen deel B (SBR-B) worden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (weg- en railverkeer) streefwaarden gesteld voor de optredende maximale trillingssterkte V_{max} en de langtijdgemiddelde effectieve waarde V_{per} in de vloer. De streefwaarden zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie van het gebouw en periode van de dag (dag, avond en nacht).

Welke van de beide parameters maatgevend is hangt af van de sterkte van de trillingsbron en de 'duur' of herhalingsfrequentie waarmee deze actief is. Voor de gebouwfunctie 'wonen' zijn de streefwaarden (voor nieuwe situaties) weergegeven in tabel 1.

tabel 1: SBR streefwaarden voor trillingen ter voorkoming van hinder, nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05

*A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingsterkte V_{max} ;
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$.*

De SBR-richtlijn Trillingen deel B is gebaseerd op de Duitse DIN4150 Teil 2 en hanteert dezelfde laagfrequente weegcurve als de DIN. Hierdoor zijn de in de DIN gedefinieerde KB-klassen vergelijkbaar met de in de SBR-B gehanteerde V_{max} . De DIN4150 hanteert de volgende kwalificatie qua voelbaarheid voor de mens:

- $KB \geq 0.1$: juist voelbaar
- $KB \geq 0.4$: goed voelbaar
- $KB \geq 1.6$: sterk voelbaar

3. Uitgangspunten

3.1 Spoor

Station Arnhem Centraal verbindt Arnhem met Zutphen, Ede-Wageningen, Nijmegen, Winterswijk en Duitsland. Station Arnhem wordt gebruikt door de (personen)vervoersbedrijven NS en Arriva. Daarnaast wordt dit spoor ook gebruikt voor goederenvervoer. Tijdens de metingen zijn diverse treintypen waargenomen: goederentreinen, ICE treinen, intercity's en stoptreinen.

Uit de dienstregeling blijkt dat tenminste 26 reizigerstreinen per uur station Arnhem aandoen. De rijsnelheid ter hoogte van de bouwkavel is ongeveer 40 km/u. De goederentreinen passeren station Arnhem Centraal op de sporen 3 en 5.

3.2 Bouwplan

De te realiseren woningen staan geprojecteerd op de kavel ten noordoosten van station Arnhem, tussen het spoor, de Sweerts de Landasstraat, Bouriciusstraat en de Brantsenstraat. De kortste afstand tussen het spoor en de woningen bedraagt 35 m. Het bouwplan betreft woningen met vijf bouwlagen, zie figuur 1. De bouwwijze is nog niet nader ingevuld.



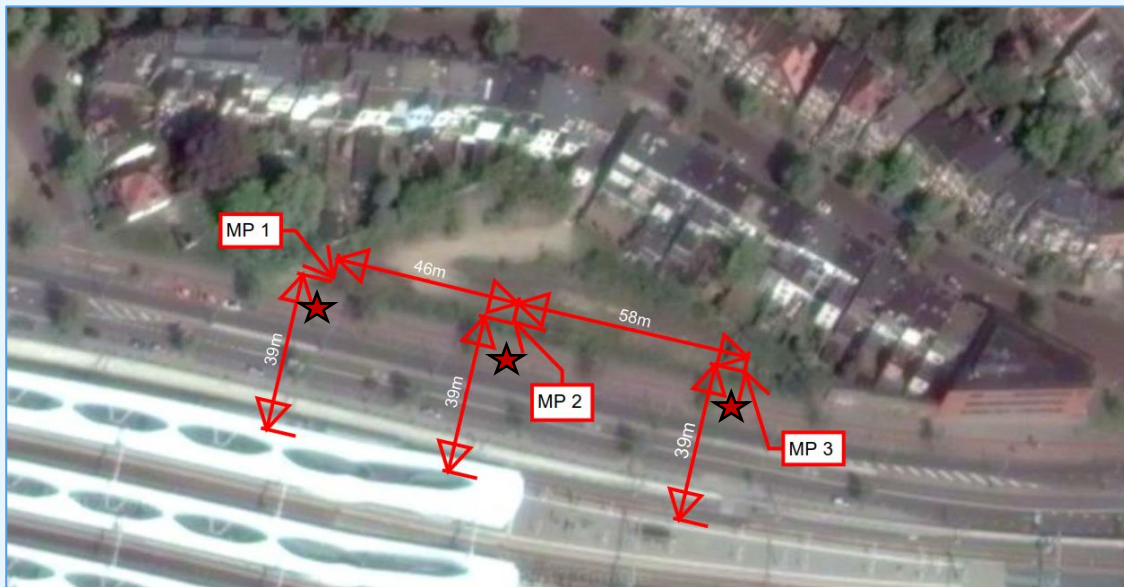
figuur 1: impressie invulling woningen K10

4. Trillingsmeting

4.1 Meetposities en -apparatuur

op 29 november 2017 zijn metingen verricht op de bouwkael. Er zijn drie meetpunten tot 0,5 m onder maaiveld ingegraven. Hierdoor ontstaat een goede koppeling met de bodem.

Figuur 2 toont een overzicht van de meetposities en de afstanden tot het meest nabije spoor. Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetapparatuur.



figuur 2: situatie inclusief meetpunten (bron: Google Maps)

Tabel 2: overzicht meetposities en meetrichtingen

Locatie	Systemen	Meetrichting
MP 1 (@ 39m)	AH0101 Vibra+ (serienummer VIB1187) AH0082 Syscom MR2002CE (serienummer 10.220.848)	X: horizontaal // spoor Y: horizontaal \perp spoor Z: verticaal
MP 2 (@ 39m)	AH0088 Vibra+ (serienummer VIB01045)	X: horizontaal // spoor Y: horizontaal \perp spoor Z: verticaal
MP 3 (@ 39m)	AH0087 Vibra+ (serienummer VIB01044) AH0054 Syscom MR2002CE (serienummer 4.436.096)	X: horizontaal // spoor Y: horizontaal \perp spoor Z: verticaal

4.2 Verwerking

Er is drie uur bemand gemeten waarbij treinpassages in een journaal zijn bijgehouden. In deze periode zijn er ca. 110 treinen geregistreerd, opgemerkt wordt dat station Arnhem een druk bereiden station is waardoor niet alle passages eenduidig aan een piek in de trillingsregistratie gekoppeld konden worden.

De voor hinder maatgevende trillingssterkte $V_{\text{eff,max}}$ op de kavel is tijdens veel treinpassages dermate laag dat deze geen goede basis vormt voor verdere verwerking tot een prognose. Een aantal van de meetsystemen registreert trillingssterkten V_{eff} onder 0,1 ook niet. Onderling vergelijk van de verschillende meetposities is dan niet mogelijk. Om toch een vergelijk te kunnen maken wordt hiervoor de maximale trillingssterkte V_{top} gehanteerd.

Prognose van de trillingssterkte in de te realiseren woningen wordt gedaan o.b.v. het per treintype afgeleide trillingsspectrum (V_{rms}) in de kavel. De finale omzetting naar de voor hinder maatgevende trillingssterkte $V_{eff,max}$ gebeurt aan het eind van de prognose.

4.3 Meetresultaten

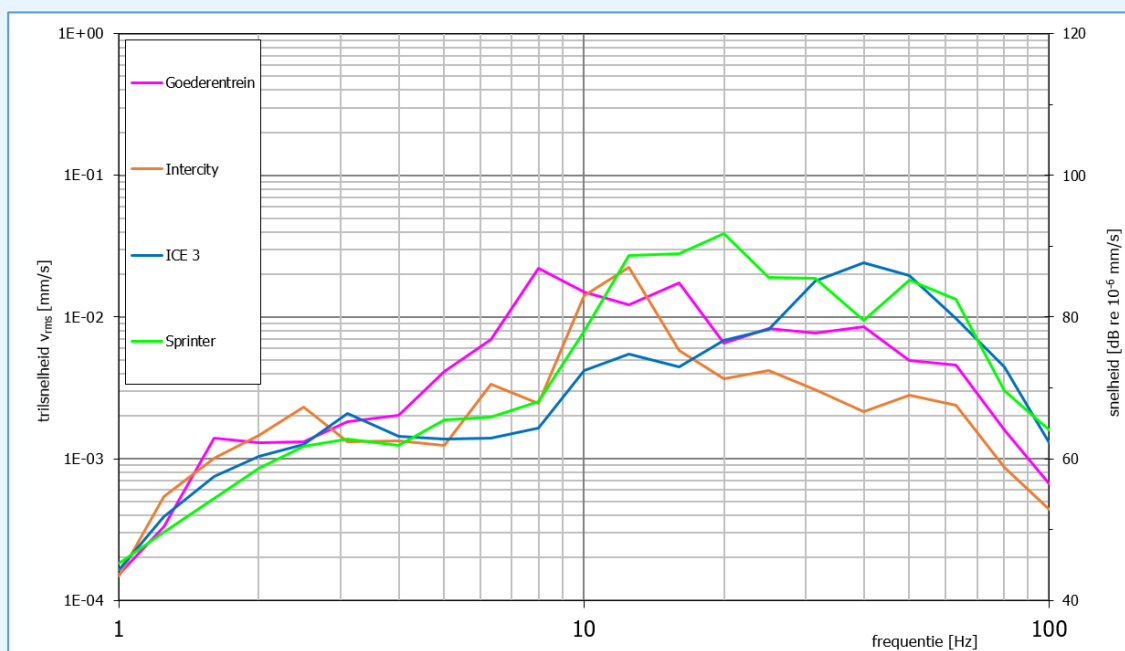
Bijlage 1 toont de gemeten trillingssterkten V_{top} in de tijd voor de drie bodemmeetpunten. De maximale trillingssterkten V_{top} per type trein zijn samengevat in tabel 3.

tabel 3: trillingssterkten V_{top} zwaarste passages in verticale en horizontale richting in [mm/s]

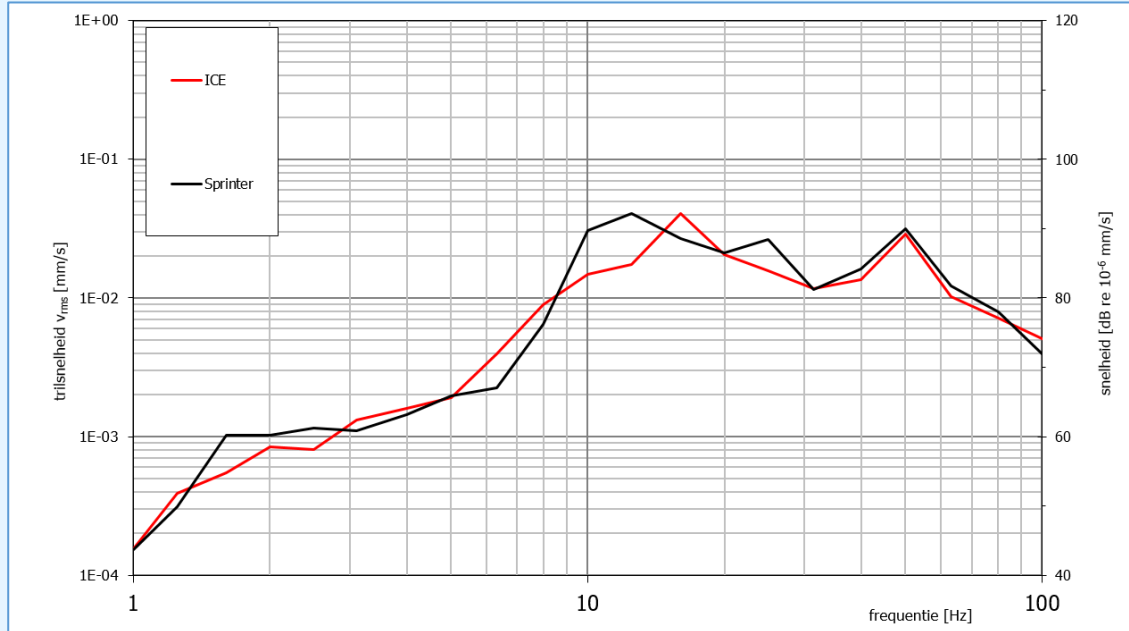
Type trein	MP1 - 39m			MP2 - 39m			MP3 - 39m		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Intercity	0,15	0,17	0,15	0,12	0,11	0,09	0,11	0,13	0,12
Sprinter	0,15	0,14	0,12	0,14	0,11	0,10	0,13	0,16	0,14
ICE	0,15	0,11	0,09	0,12	0,09	0,09	0,13	0,16	0,12
Arriva	0,06	0,10	0,07	0,11	0,09	0,09	0,07	0,10	0,08
Goederen	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	0,11	0,09
Dusseldorf hbf/Abellio	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,07	0,10	0,08

De hoogste trillingssterkten in verticale richting tijdens de bemande meting werden veroorzaakt door de intercity's 0,15 mm/s en de sprinters 0,14 mm/s. Gedurende een week zijn praktisch gelijke trillingssterkten waargenomen, de maximale trillingssterkte V_{top} lag rond 0,2 mm/s.

Voor de prognose van de te verwachten trillingsterkten in de nieuwbouw is per treintype het gemiddelde en maximum (RMS) trillingsspectrum op 39 m afstand van het spoor bepaald. De maximale spectra op meetposities 1 en 3 zijn weergegeven in figuur 3 en 4. De maximale amplitudes van persontreinen treden op bij frequenties hoger dan 10 Hz, veelal in de 12,5 Hz en 16 Hz tertsband. De dominante frequentie van het goederenvervoer ligt bij 8 Hz tertsband. Dit is een terugkerend patroon.



figuur 3: trillingsspectra (V_{rms}) maatgevende treinpassages meetpunt 1 - verticale richting



figuur 4: trillingsspectra (V_{rms}) maatgevende treinpassages meetpunt 3 - verticale richting

5. Prognose

5.1 Uitgangspunten

Op basis van de meetresultaten in de bouwkavel is een trillingsprognose gemaakt. Voor de overdrachtsverzwakking van bodem naar gebouw wordt op basis van TNO data en DGMR ervaring 1 à 2 dB aangehouden voor frequenties tot 10 Hz, oplopend tot ongeveer 12 dB bij 50 Hz (laagbouw op palen). Dit zal verder afhangen van de gebouwmassa en specifieke resonanties van het gebouw op de fundatie.

Van belang voor het trillingsmilieu in het gebouw is ook de keuze van de draagconstructie en de vloerconstructie. Hierover zijn nog geen gegevens bekend. Algemeen zal een stalen draagconstructie minder demping bezitten dan een betonconstructie. Voor het vloersysteem geldt dat vloeren met een grote overspanning meer trillingsgevoelig zijn dan vloeren met een kleine overspanning en dat voorgespannen prefab betonelementen minder demping bezitten dan in situ gestort beton.

In de trillingsprognose is uitgegaan van de volgende twee concepten:

- 1 Woningbouwvloer - overspanning 5 - 8 m
- 2 Massieve vloer (dikte > 250 mm en overspanning tot 8 m)

5.2 Resultaten en toetsing

In tabel 4 staan de verwachte trillingssterkten $V_{eff,max}$ weergegeven. Op basis van het daadwerkelijk ontwerp en uitgangspunten kan een nadere prognose gemaakt worden.

tabel 4: prognose trillingssterkte $V_{eff,max}$

Gebouwconcept	vloer	Prognose 35 m	
		personentreinen	goederentreinen*
1) Woningbouwvloer	Begane grond	0.36	<0.15
	2 ^{de} verdieping	0.34	<0.15
2) Massieve vloer	Begane grond	0.21	<0.1
	2 ^{de} verdieping	0.19	<0.1

* prognose is erop gebaseerd dat goederentreinen niet dichterbij de kavel passeren dan spoor 5

Uit tabel 4 is op te maken dat de geprognosticeerde trillingssterkten voor goederentreinen, ongeacht de bouwwijze voldoet aan de bovenste streefwaarde (A2). De geprognosticeerde trillingssterkten voor personentreinen voldoen eveneens aan de bovenste streefwaarde (A2) in de nachtperiode (0.2) als de woningen opgetrokken worden in massief beton). De gemiddelde effectieve waarden (V_{per}), voor reizigers- en goederentreinen gecombineerd bedraagt ca. 0.02 en voldoet daarmee ruimschoots aan de A3 streefwaarde. Algeheel wordt dan voldaan aan de SBR-B.

6. Conclusie en aanbeveling

Uit de haalbaarheidsstudie, gebaseerd op trillingsmetingen in de bouwkavel en prognose van de te verwachten trillingssterkten op vloervelden, volgt dat in de nog te realiseren woningen voldaan kan worden aan de SBR-B. Mits deze woningen voorzien worden van massieve vloeren met een overspanning tot 8 m.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Antwan van Haaren', written over the text of the conclusion.

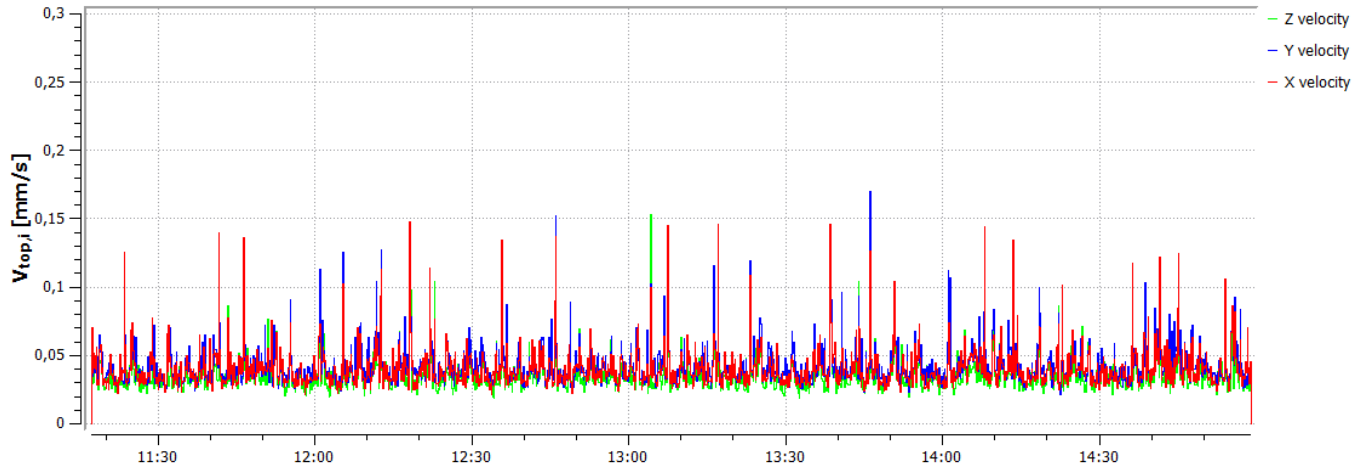
ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren
DGMR Bouw B.V.

Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties bemande meting
Omvang	1
Bron	DGMR

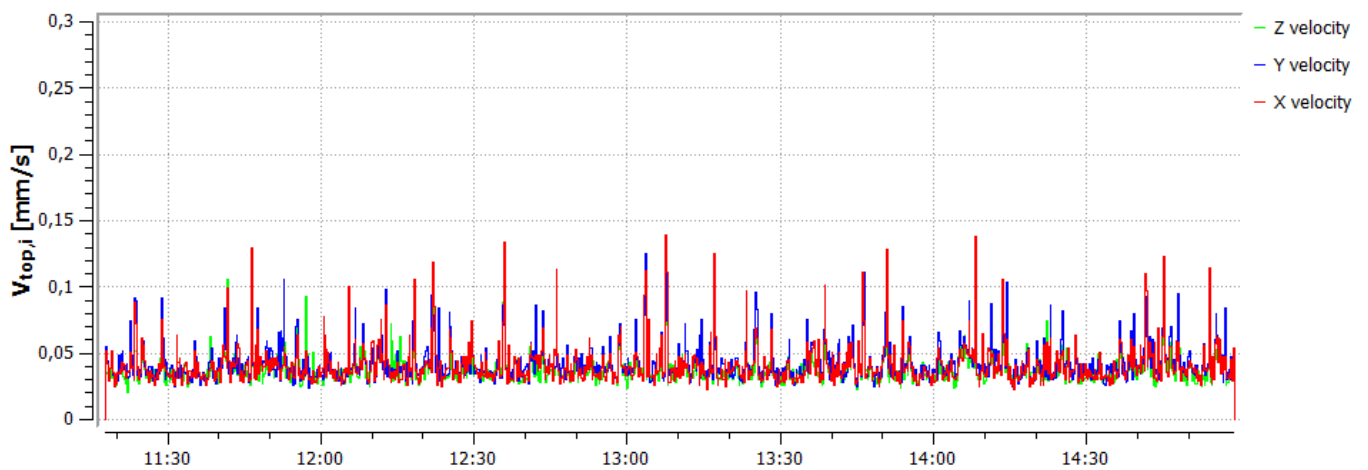
Meetpunt 1

VIB01187 AH0101 2017-11-29



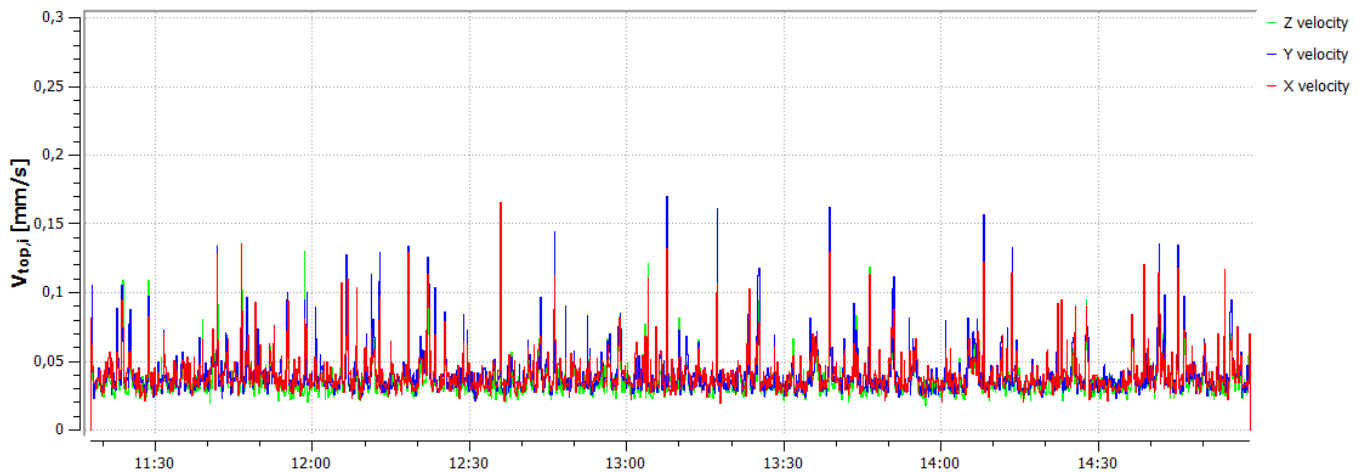
Meetpunt 2

VIB01045 AH0088 2017-11-29



Meetpunt 3

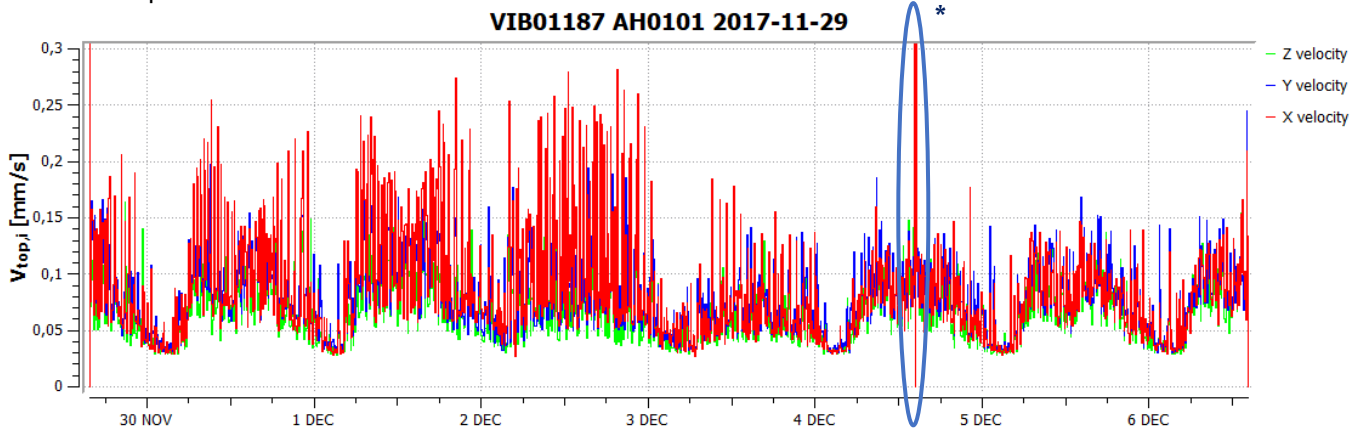
VIB01044 AH0087 2017-11-29



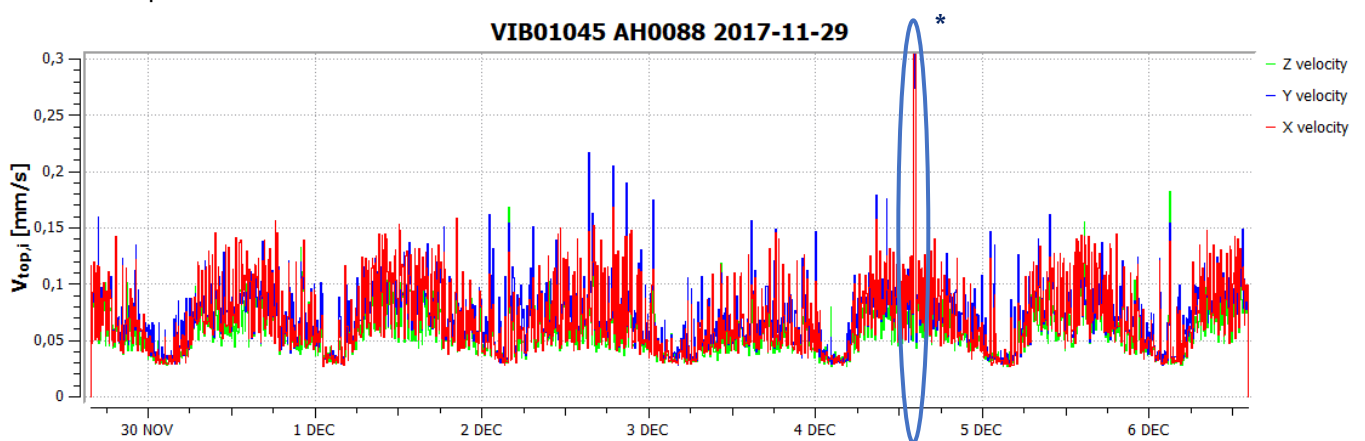
Bijlage 2

Titel	Trillingsregistraties 7 daagse meting
Omvang	1
Bron	DGMR

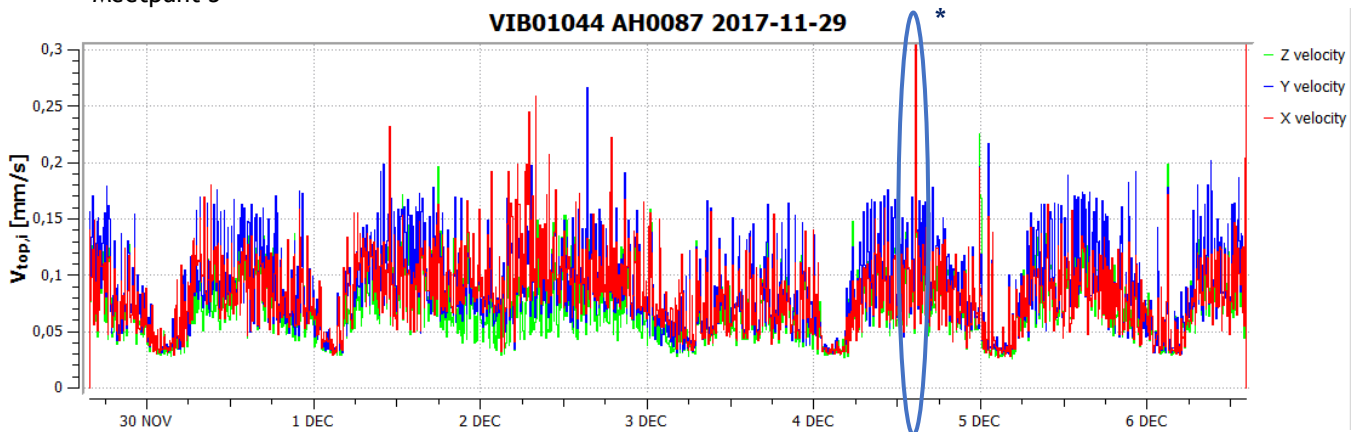
Meetpunt 1



Meetpunt 2



Meetpunt 3



* Controleren meetpunten op batterijvoeding