

Science Park Eindhoven 5634
5692 EN SON
Science Park Eindhoven 5634
5692 EN Son

T +31 (0)88-5152505
E eindhoven.ch@dpa.nl
www.dpa.nl/cauberg-huygen

K.v.K 58792562
IBAN NL71 RABO 0112 075584

**Trillingsonderzoek Casterhoven fase 7;
inventarisatie beperkingen**

Datum 25 september 2017
Referentie 03135-20872-13

Referentie 03135-20872-13
Rapporttitel Trillingsonderzoek Casterhoven fase 7;
inventarisatie beperkingen

Datum 25 september 2017

Opdrachtgever Kesteren Zuid CV
Broekstraat 2
5386 KD GEFFEN
Contactpersoon De heer R. Jacobs

Behandeld door ing. B Reulen
ing. R.F.H. Schoonbrood
DPA Cauberg-Huygen B.V.
Science Park Eindhoven 5634
5692 EN SON
Telefoon 088-5152505

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Opzet onderzoek	4
2.1	Algemeen	4
2.2	Toetsingskader	4
3	Metingen	6
4	Resultaten	9
4.1	Trillingsmetingen	9
4.2	Prognose trillingssterkte in de woning sprinter	9
4.3	Beoordeling V_{\max} sprinter	9
4.4	Beschouwing invloed goederenverkeer	9
4.5	Advies	10
5	Conclusie	11

Bijlagen

Bijlage I	Overzicht treinpassage en berekende waarden
Bijlage II	Achtergrond meetbestanden

1 Inleiding

Aan de Hoofdstraat te Kesteren wordt een nieuwbouwplan gerealiseerd van ongeveer 150 woningen. Figuur 1.1 toont de ligging van het bouwplan.



Figuur 1.1: Situering bouwplan nabij spoor

Het nieuwbouwplan is gelegen op relatief korte afstand van het spoor Arnhem - Tiel. Voor de realisatie van het bouwplan is een wijziging van het bestemmingsplan nodig. Daarom is door DPA Cauberg-Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd. Doel van het onderzoek is om te bepalen of de trillingen als gevolg van het treinverkeer kunnen leiden tot hinder voor personen in de woningen. Daartoe zijn trillingsmetingen op maaiveld uitgevoerd en is de trillingssterkte in de woningen geprognosticeerd.

Bij de uitvoering van de trillingsmetingen en de beoordeling van de berekende trillingssterkte is gebruik gemaakt van SBR B richtlijn. De SBR B richtlijn geeft streefwaarden voor de trillingssterkte in de woning ter voorkoming van hinder voor personen. Deze richtlijn is algemeen geaccepteerd ter beoordeling van de trillingen.

Voorliggende rapportage beschrijft de uitgangspunten van het onderzoek, de meetresultaten, de prognose en de beoordeling van de trillingen.

2 Opzet onderzoek

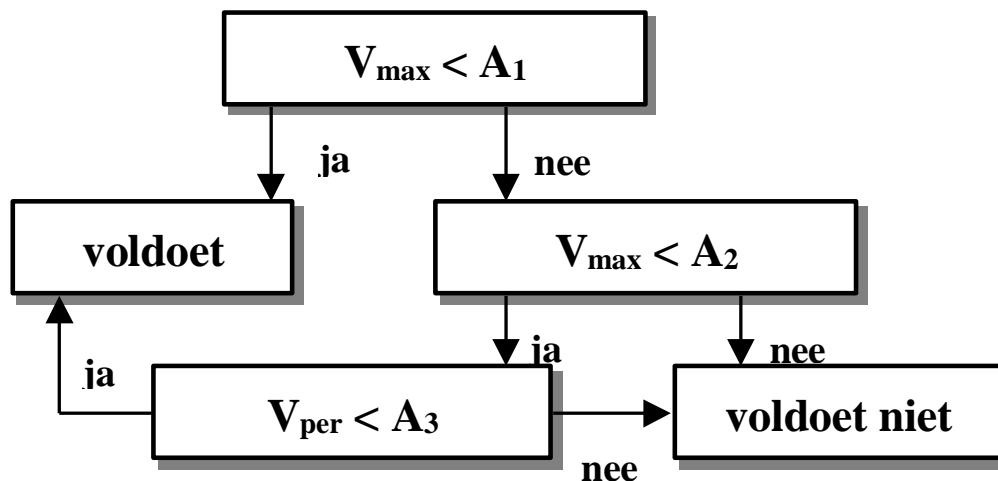
2.1 Algemeen

Op 24 augustus 2017 zijn gedurende één dag bemande trillingsmetingen uitgevoerd. De meetpunten zijn gekozen op maaiveld. Volgens SBR richtlijn B dient voor railverkeer bij voorkeur een meetperiode van één week te worden aangehouden. Een kortere meetduur is toegestaan mits de statistische verwerking uit de richtlijn wordt toegepast. Op basis van deze metingen is een statistische waarde bepaald van de trillingsniveaus, de $V_{\text{eff,max,stat}}$.

Een trilling die vanuit de bodem de woning in beweging brengt, kan worden versterkt door de vloer van de woning. De opbouw van de woning en de vloeren is in deze fase van de planvorming nog niet bekend. Daarom is uitgegaan van een kental voor de versterking van de trillingen door de vloer met factor 2. Deze factor past bij betonnen vloeren. Voor de overgang van maaiveld naar fundering van de woning treedt heel vaak een verzwakking van de trillingssterkte op. Vanuit een maximale benadering is bij de prognose voor de invloed van de fundering uitgegaan van factor 1. De op deze wijze berekende trillingssterkte V_{max} in de woning is getoetst aan de streefwaarden uit de SBR B richtlijn.

2.2 Toetsingskader

De beoordeling vindt plaats op basis van twee parameters namelijk V_{max} en V_{per} . De parameter V_{max} staat voor de maximale gewogen trillingsnelheid binnen een beoordelingsperiode (dag, avond en nacht). Parameter V_{per} staat voor de gemiddelde trillingsnelheid over een beoordelingsperiode. V_{max} (en eventueel V_{per}) worden op basis van metingen vastgesteld en vervolgens getoetst. De toetsing vindt plaats op basis van navolgend schema.



Uit het schema volgt dat V_{max} eerst getoetst wordt aan A_1 en A_2 alvorens V_{per} wordt bepaald en getoetst aan A_3 .

De toetsingswaarden voor A_1 , A_2 en A_3 zijn afhankelijk van de functie van een bouwwerk, het type trilling, de situatie en het tijdstip waarop de trillingen voorkomen.

De functie van het bouwwerk is woning. De trillingen zijn afkomstig van railverkeer en worden daarom geclassificeerd als herhaald voorkomend. De trillingen komen zowel in de dag- (07.00-19.00 uur), avond- (19.00-23.00 uur) als in de nachtperiode (23.00-07.00 uur) voor.

De voorliggende situatie betreft een nieuwe situatie want er is sprake van nieuw te bouwen woningen. In tabel 2.1 zijn de streefwaarden voor V_{\max} en V_{per} voor een nieuwe situatie conform SBR richtlijn B opgenomen.

Tabel 2.1: Streefwaarden nieuwe situatie hinder V_{\max} en V_{per}

Gebouwfunctie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Woning	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

3 Metingen

De bemande trillingsmetingen zijn uitgevoerd op donderdag 24 augustus 2017. Ten behoeve van de metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 4x Syscom Red Box trillingsmonitor met 4x 3D trillingsopnemer (trillingsnelheid).

Alle trillingsmeters zijn gesynchroniseerd in tijd.

De bemande metingen zijn uitgevoerd op vier meetpunten. Op ieder meetpunt is de trillingsnelheid op maaiveld gemeten in drie richtingen:

- horizontaal evenwijdig aan het spoor (de X-richting);
- horizontaal dwars op het spoor (de Y-richting);
- verticaal (de Z-richting).

Figuur 3.1 toont de meetposities. Gekozen is voor meetpunten ter plaatse van de 1^e lijns bebouwing.



Figuur 3.1: Overzicht meetposities bemande metingen

Voor de meetpunten geldt:

- meetpunt 1: afstand 29 meter tot de hartlijn van het spoor;
- meetpunt 2: afstand 39 meter tot de hartlijn van het spoor;
- meetpunt 3: afstand 29 meter tot de hartlijn van het spoor;
- meetpunt 4: afstand 39 meter tot de hartlijn van het spoor.

De trillingssensoren zijn ingegraven in de bodem zodat op de vaste grond is gemeten. De trillingsopnemers zijn door middel van scherpe pinnen in de grond gedrukt. Figuur 3.2 geeft een voorbeeld van deze opstelling.



Figuur 3.2: Voorbeeld meetopstelling trillingsopnemer

Voor de start van de metingen zijn de trillingsopnemers waterpas gezet. Tijdens de bemande trillingsmetingen is het tijdstip van een treinpassage en het type trein vastgelegd. Vier keer per uur passeert een reizigerstrein (sprinter). Figuur 3.3 toont dit type trein.

Volgens het Geluidregister rijdt op dit traject een zeer beperkt aantal goederentreinen. Om inzicht te krijgen in het werkelijk aantal goederentreinpassages, zijn bij ProRail realisatiecijfers opgevraagd. Deze cijfers luiden:

- 2017 13 passages
- 2016 1 passage
- 2015 2 passages
- 2014 7 passages
- 2013 16 passages

Duidelijk is dat het aantal passages van goederentreinen beperkt is en gemiddeld circa 1 trein per maand bedraagt. In de meetperiode is dan ook geen goederentrein voorgekomen. In de prognose is wel rekening gehouden met de invloed van een goederentrein.



Figuur 3.3: Type reizigerstrein over het tracé langs de toekomstige woningen

De rijnsnelheid bedraagt voor de reizigerstreinen tussen de 65 en 75 km/uur. Deze snelheid is tijdens de bemande metingen bepaald.

De metingen zijn verricht op een rustige onverharde zijweg. De stoortrillingen zijn minimaal door het niet direct langskomen van andere trillingsbronnen dan de trein. Tijdens de metingen zijn geen abnormaliteiten geconstateerd.

4 Resultaten

4.1 Trillingsmetingen

Tabel 4.1 geeft per meetpunt een overzicht van de treinpassage met de hoogste gemeten trillingssterkte V_{max} .

Tabel 4.1: Treinpassage met de hoogste trillingssterkte V_{max} tijdens bemande metingen

Type trein	Tijdstip	Rijrichting	MP 1 V_{max} [-]	MP 2 V_{max} [-]	MP 3 V_{max} [-]	MP 4 V_{max} [-]
<i>Sprinter</i>	15:24	Arnhem	0.048(z)			
<i>Sprinter</i>	11:34	Tiel		0.035(z)		
<i>Sprinter</i>	15:54	Arnhem			0.038(z)	
<i>Sprinter</i>	14:35	Tiel				0.02(z)

Uit tabel 4.1 volgt dat per meetpunt steeds een andere trein voor de hoogste trillingssterkte heeft gezorgd. De hoogste trillingssterkte is gemeten op meetpunt 1. Dit punt ligt dichtbij het spoor. Op meetpunt 4 is het trillingsniveau dermate laag dat een treinpassage niet is te onderscheiden van de achtergrond trillingen in de bodem. Voor meetpunt 4 is derhalve geen prognose van de trillingssterkte opgesteld.

4.2 Prognose trillingssterkte in de woning sprinter

De hoogste trillingssterkte is gemeten op meetpunt 1. Voor dit meetpunt is de prognose opgesteld.

De eerste stap hierbij is de bepaling van $v_{max,stat}$ op basis van de meetresultaten. Voor meetpunt 1 bedraagt $v_{max,stat}$ 0,047. Bijlage I toont de berekening.

Vervolgens is de versterking door de vloer in rekening gebracht door $v_{max,stat}$ te vermenigvuldigen met factor 2. Dit leidt tot een V_{max} in de woning van 0,098.

4.3 Beoordeling V_{max} sprinter

De berekende waarde voor V_{max} is getoetst aan de laagste streefwaarde A_1 voor woningen in een nieuwe situatie. Deze streefwaarde bedraagt 0,1. V_{max} voldoet aan de streefwaarde A_1 . Een verdere beoordeling van de trillingssterkte is niet nodig. V_{max} voldoet aan de streefwaarde uit de SBR richtlijn B.

4.4 Beschouwing invloed goederenverkeer

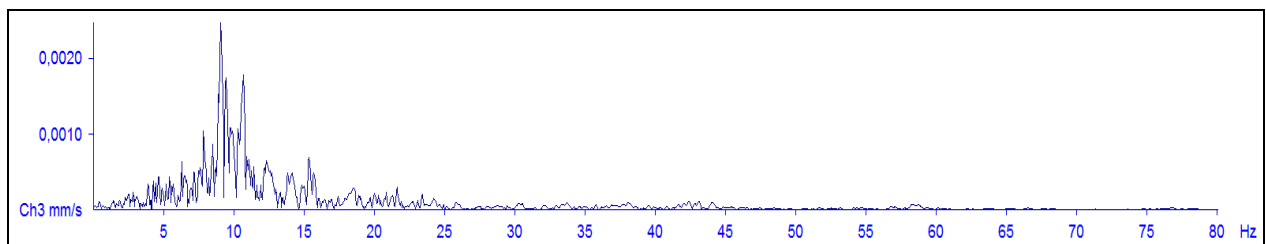
De trillingsbelasting ten gevolge van een goederentrein is hoger dan die van een sprinter. Op basis van ervaring is uitgegaan van factor 5. Dit betekent dat V_{max} als gevolg van een goederentrein circa 0,5 zal bedragen in de woning.

Uit de realisatiecijfers van ProRail blijkt dat de goederentreinen in alle perioden hebben gereden. De strengste toetsingswaarde geldt voor de nachtperiode. De hoogste streefwaarde A_2 bedraagt in de nacht 0,2. Deze trillingssterkte wordt naar verwachting door de goederentrein overschreden.

Gezien het beperkte aantal goederentreinen dat gebruik maakt van dit traject, kan gesproken worden van een incidentele situatie. Een incidentele situatie leidt niet tot een onacceptabel woon- en leefklimaat.

4.5 Advies

De constructieve opbouw van de woning is nog niet bekend. Bij het ontwerp van de woning dient rekening te worden gehouden met de dominante trillingsfrequenties van de treinen zodat de versterking van de trillingen vanuit maaiveld tot in de woning zo klein mogelijk is en bij voorkeur niet groter wordt dan factor 2. Daarom is van de maatgevende treinpassages van de sprinters een frequentie-analyse uitgevoerd. In figuur 4.1 is het frequentiespectrum weergegeven van de maatgevende trein in meetpunt 1.



Figuur 4.1: Frequentiespectrum maatgevende treinpassage meetpunt 1

De maatgevende frequenties liggen tussen de 8 en 11 Hz. Bij het ontwerp van de vloeren dient de eerste eigenfrequentie van de vloer boven dit frequentiebereik te worden gekozen om ongewenste versterking van de trilling te voorkomen.

Op basis van de onderzoeksresultaten is de verwachting dat een normale fundering van de woning voldoende is. Wel is het advies om het ontwerp van de fundering voor te leggen ter beoordeling op het risico op versterking van de trillingen.

Verder dient bij het ontwerp voorkomen te worden dat eigenfrequenties in het gebouw samenvallen met dominante aanstootfrequenties en dat de globale afmetingen van het gebouw (ongeveer) overeenkomen met de halve golflengte van de dominante trillingen in de bodem. Het advies is dan ook om het ontwerp van het gebouw hierop te laten beoordelen.

5 Conclusie

Het trillingsonderzoek voor het nieuwbouwplan in Kesteren naar de kans op hinder als gevolg van treinpassages leidt tot de volgende conclusies:

- De trillingssterkte V_{\max} als gevolg van het reguliere treinverkeer overschrijdt de streefwaarde A_1 uit de SBR richtlijn B niet. Hierdoor is de kans op hinder klein. Het reguliere treinverkeer vormt daardoor geen belemmerende factor in het kader van het bestemmingsplan Casterhoven Fase 7.
- Een incidentele passage van een goederentrein leidt tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 . Deze incidentele overschrijding leidt niet tot een onacceptabel woon- en leefklimaat.

Het advies is wel om bij het ontwerp van de woning rekening te houden met de trillingsbelasting door het treinverkeer.

DPA Cauberg-Huygen B.V.



ing. R.F.H. Schoonbrood
Adviseur

Bijlage I Overzicht treinpassage en berekende waarden

tijd	type	richting	afstand	tijd	snelheid
10:54	SP	Arnhem			
11:06	SP	Tiel			
11:24	SP	Arnhem			
11:34	SP	Tiel			
11:54	SP	Arnhem			
12:07	SP	Tiel			
12:24	SP	Arnhem			
12:34	SP	Tiel			
12:54	SP	Arnhem			
13:05	SP	Tiel			
13:24	SP	Arnhem			
13:34	SP	Tiel			
13:54	SP	Arnhem			
14:04	SP	Tiel			
14:24	SP	Arnhem	100	5,38	67
14:35	SP	Tiel	100	4,94	73
14:54	SP	Arnhem	100	5,16	70
15:04	SP	Tiel	100	5,08	71
15:24	SP	Arnhem	100	5,21	69
15:36	SP	Tiel	100	4,93	73
15:54	SP	Arnhem			

Trillingssterkte per passage

	MP1 [z]	MP2 [z]	MP3 [z]	MP4 [z]
1	0,048	0,035	0,038	0,02
2	0,046	0,034	0,032	
3	0,045	0,033	0,031	
4	0,041	0,033	0,031	
5	0,04	0,033	0,028	
6	0,039	0,032	0,027	
7	0,039	0,031	0,026	
8	0,039	0,031	0,026	
9	0,038	0,031	0,025	
10	0,038	0,031	0,025	
11	0,037	0,03	0,024	
12	0,037	0,03	0,022	
13	0,036	0,028	0,022	
14	0,034	0,028	0,021	
15		0,027		

μ	0,040	0,031	0,027	0,020
β	1,77	1,76	1,77	-
σ	0,004	0,002	0,005	0,000
Veff,max,stat	0,047	0,035	0,036	
fdom [Hz]	9	9,6	9,8	
opslingerings factor	2	2	2	
Vmax	0,094	0,070	0,073	

Bijlage II Achtergrond meetbestanden

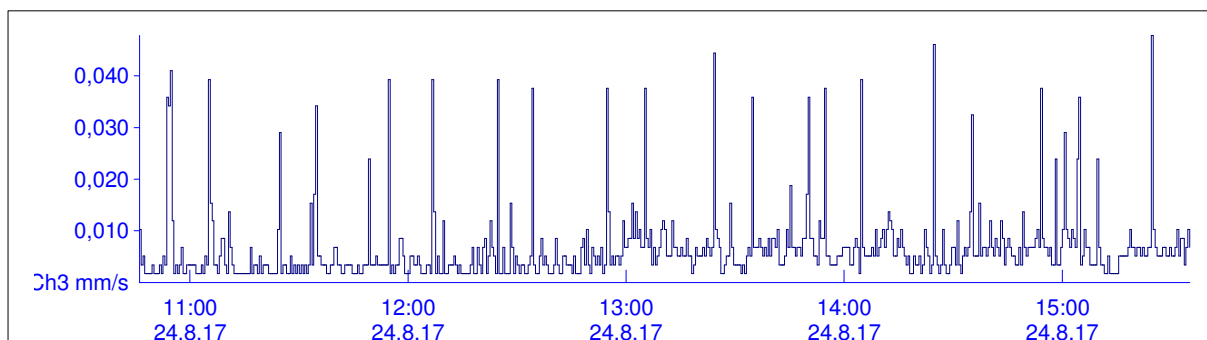
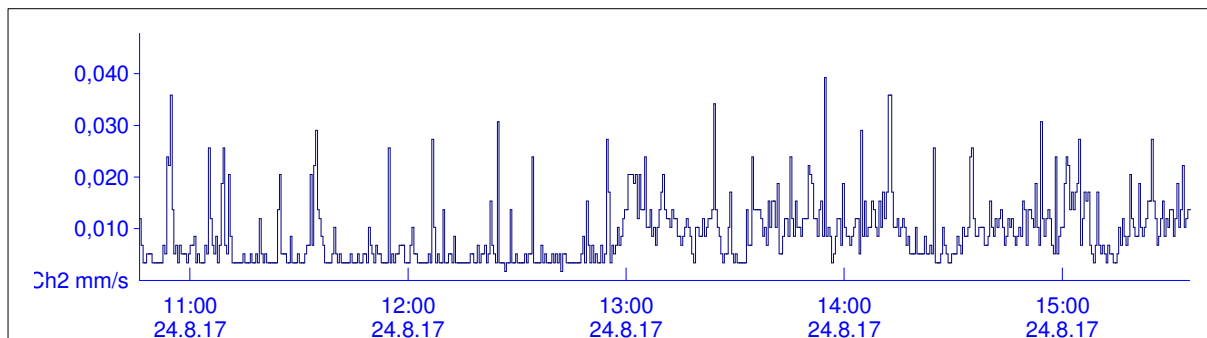
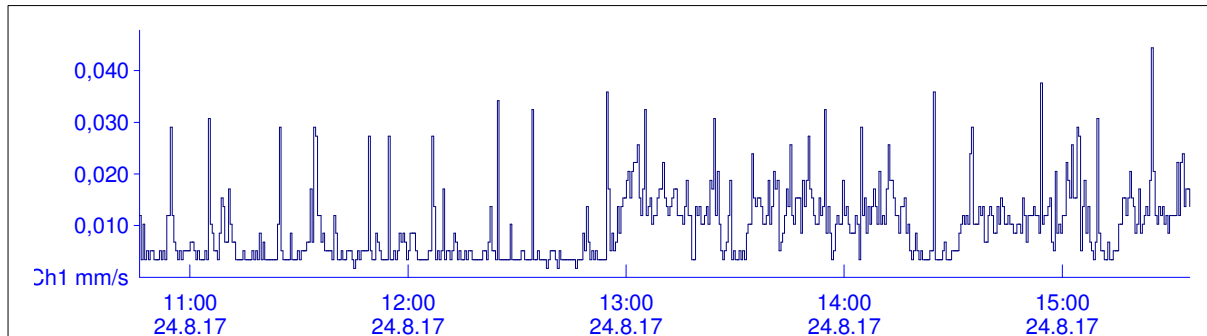
MR2002 - Vibration Data Evaluation



File Name: ...)background\17236001.BMR
MR-Name: XMR2002
Station: MT33_MP1-16280007

Start: 24.8.17 10:46
End: 24.8.17 15:35
Interval: 30 s

Max (1): 0,0444 mm/s
Max (2): 0,0393 mm/s
Max (3): 0,0478 mm/s

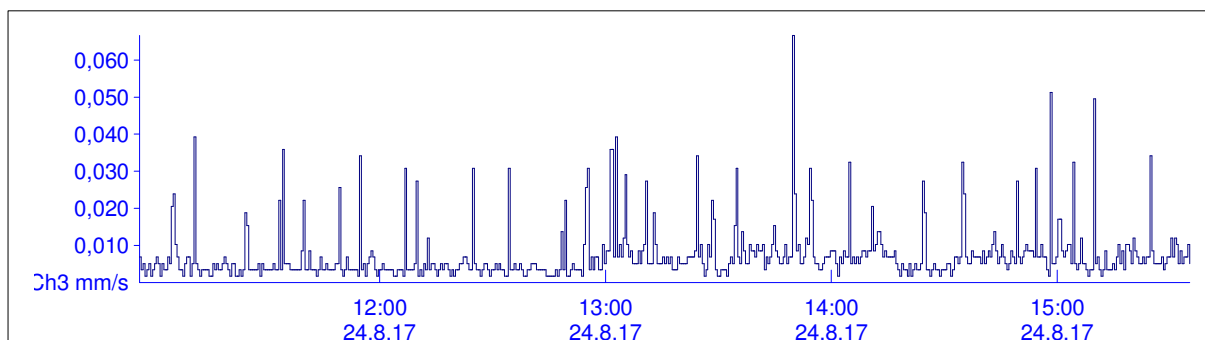
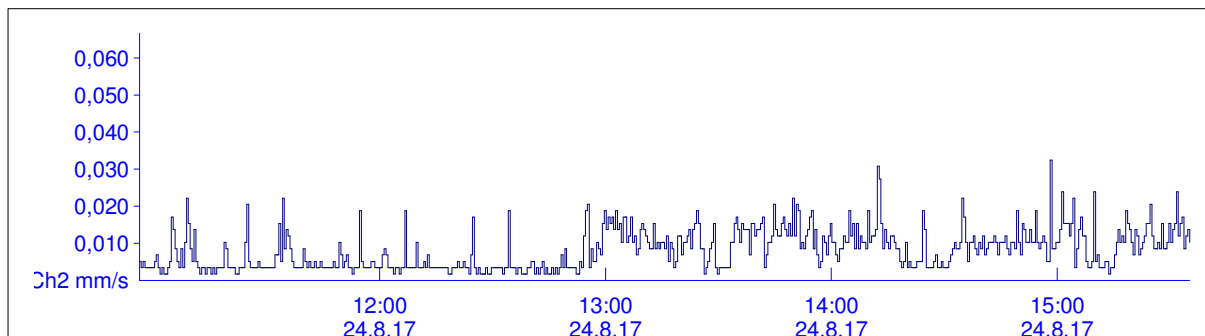
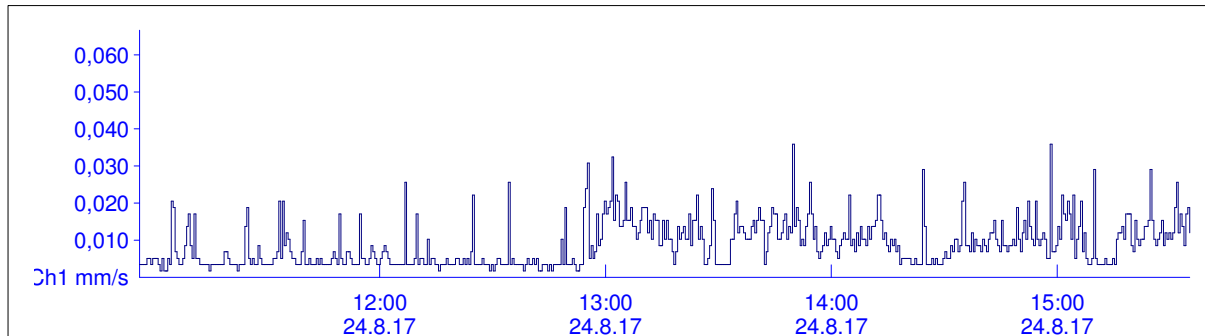


Kanaal 1 is de X-richting.
Kanaal 2 is de Y-richting.
Kanaal 3 is de Z-richting
In het figuur is de $V_{eff,max,30,i}$ weergegeven.
Achtergrondmeting Meetpunt 1 inclusief stoortrillingen.

MR2002 - Vibration Data Evaluation



File Name: ...)\background\17236001.BMR	Start: 24.8.17 10:56	Max (1): 0,0359 mm/s
MR-Name: XMR2002	End: 24.8.17 15:35	Max (2): 0,0325 mm/s
Station: MT32_MP2-16280006	Interval: 30 s	Max (3): 0,0666 mm/s

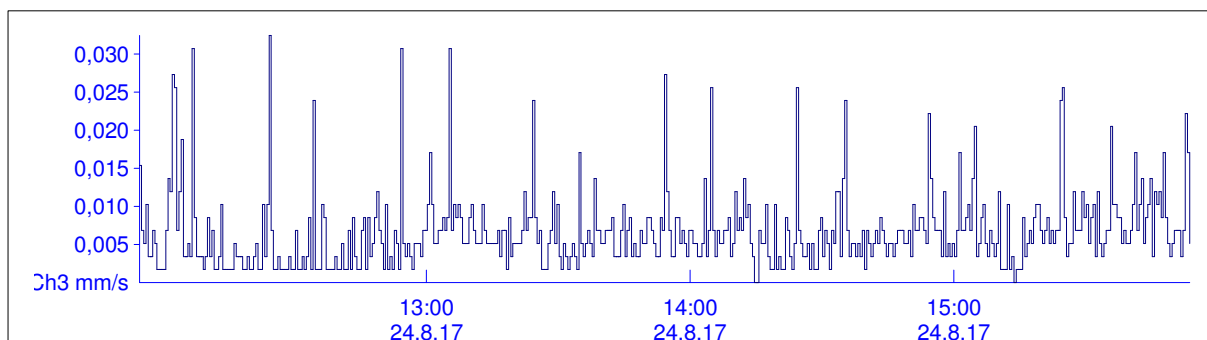
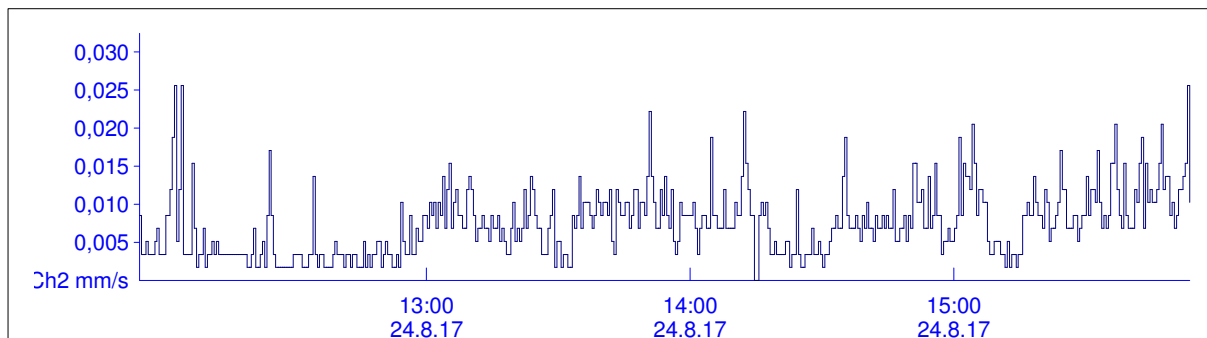
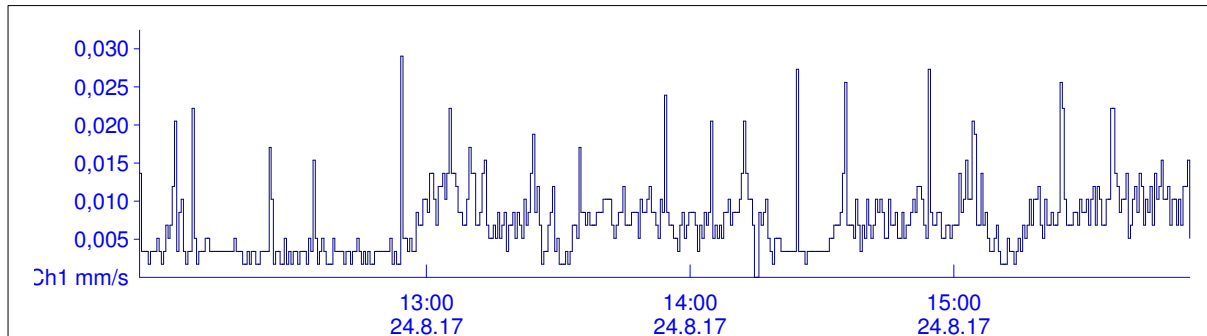


Kanaal 1 is de X-richting.
Kanaal 2 is de Y-richting.
Kanaal 3 is de Z-richting
In het figuur is de $V_{eff,max,30,i}$ weergegeven.
Achtergrondmeting Meetpunt 2 inclusief stoortrillingen.

MR2002 - Vibration Data Evaluation



File Name: ...)\background\17236001.BMR	Start: 24.8.17 11:54	Max (1): 0,0290 mm/s
MR-Name: XMR2002	End: 24.8.17 15:53	Max (2): 0,0256 mm/s
Station: MT31_MP3-16280004	Interval: 30 s	Max (3): 0,0325 mm/s

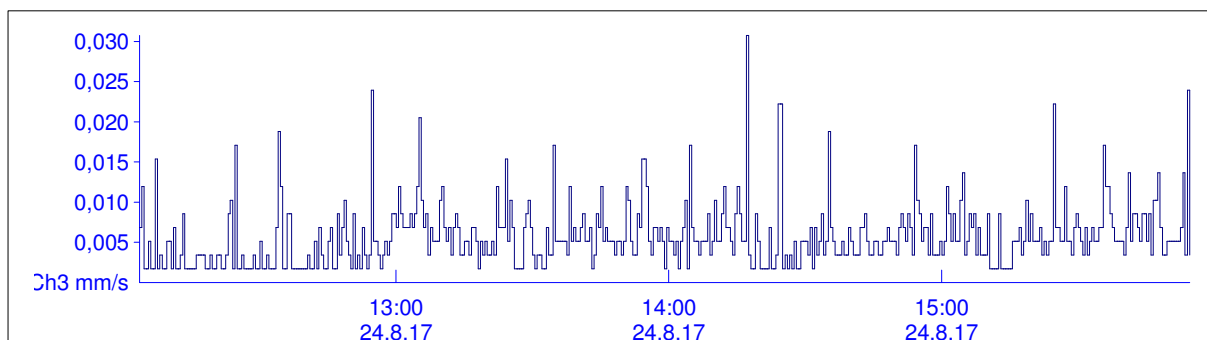
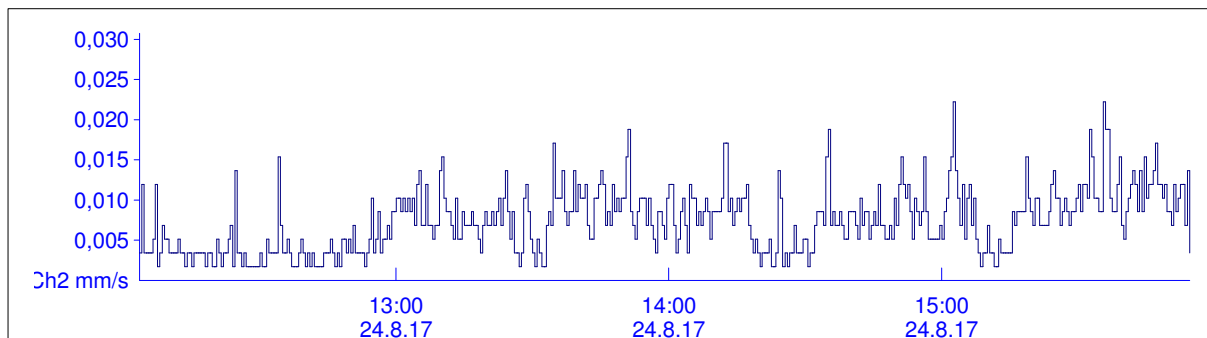
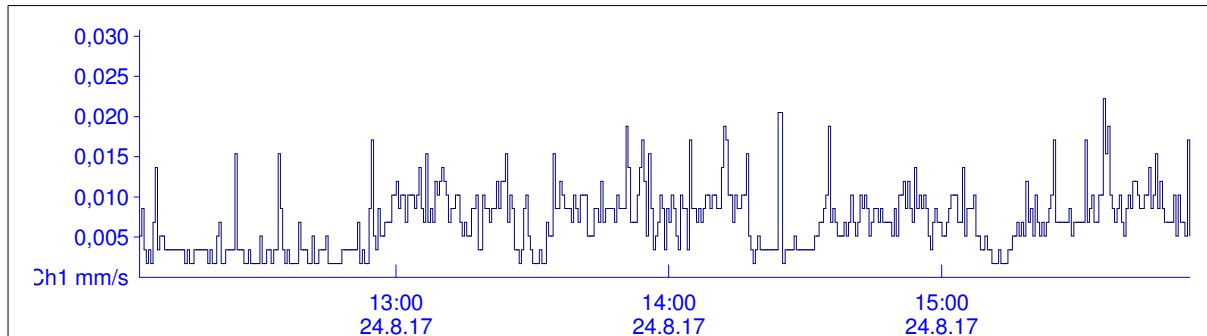


Kanaal 1 is de X-richting.
Kanaal 2 is de Y-richting.
Kanaal 3 is de Z-richting
In het figuur is de $V_{eff,max,30,i}$ weergegeven.
Achtergrondmeting Meetpunt 3 inclusief stoortrillingen.

MR2002 - Vibration Data Evaluation



File Name: ...)\background\17236001.BMR	Start: 24.8.17 12:03	Max (1): 0,0222 mm/s
MR-Name: XMR2002	End: 24.8.17 15:54	Max (2): 0,0222 mm/s
Station: MT30_MP4-16280005	Interval: 30 s	Max (3): 0,0308 mm/s



Kanaal 1 is de X-richting.
Kanaal 2 is de Y-richting.
Kanaal 3 is de Z-richting
In het figuur is de $V_{eff,max,30,i}$ weergegeven.
Achtergrondmeting Meetpunt 4 inclusief stoortrillingen.