



**Trillinghinder ten gevolge van railverkeer bij
de woningbouwontwikkeling M-Kavels te
Leiden**

*Onderzoek in het kader van de ruimtelijke
onderbouwing van het bestemmingsplan*



Trillinghinder ten gevolge van railverkeer bij de woningbouwontwikkeling M-Kavels te Leiden

Onderzoek in het kader van de ruimtelijke onderbouwing van het bestemmingsplan

opdrachtgever Gemeente Leiden
rapportnummer O 16841-2-RA
datum 7 juli 2022
referentie HH/WH/CJ/O 16841-2-RA
verantwoordelijke ir. J.A. Huizer
opsteller W Hulsebosch
 +31 85 8228739
 w.hulsebosch@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 85 822 87 00, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – nürnberg – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Streefwaarden trillingniveaus	5
2.2	Situering planlocatie	6
3	Metingen en berekeningen	7
3.1	Meetmethode en meetinstrumenten	7
3.2	Meetposities	7
3.3	Meetresultaten	8
4	Beoordeling en conclusie	11

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Leiden is onderzoek verricht naar de optredende trillingniveaus ten gevolge van railverkeer bij de geprojecteerde woningbouwlocatie "M-kavels" aan het Stationsplein 107 te Leiden.

De gemeente Leiden is voornemens woningbouw te realiseren in de nabijheid van NS-station Leiden. De kortste afstand van de gevellijn van de woningbouw zal op circa 17 meter van het spoor worden gerealiseerd. Aangezien de afstand tot het spoor klein is, zijn voelbare trillingen in de te realiseren woningen niet op voorhand uit te sluiten. In het kader van de goede ruimtelijke onderbouwing van het bestemmingsplan is daarom onderzoek noodzakelijk.

Doel van het onderzoek is het meettechnische vaststellen van de optredende trillingniveaus op maaiveld in horizontale (X, Y) en verticale (Z) richting ten gevolge van het railverkeer en deze te toetsen aan de richtwaarden uit SBR Richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen'. Indien de trillingniveaus op maaiveld voldoen aan de richtwaarden uit deze SBR Richtlijn, is ook trillinghinder in de woningen (vrijwel) uitgesloten. Indien uit het onderzoek volgt dat maatregelen in de gebouwconstructie noodzakelijk zijn, zal dat worden omschreven. De concrete uitwerking van bouwkundige maatregelen kan dan worden doorgeschoven naar de aanvraag omgevingsvergunning voor het bouwen. Thans dient inzichtelijk te worden gemaakt of woningbouw mogelijk is op de planlocatie vanuit het aspect trillinghinder.

Het uitgevoerde onderzoek is in overeenstemming met de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

2 Uitgangspunten

2.1 Streefwaarden trillingniveaus

De trillingniveaus vanwege het railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde woningbouwlocatie worden getoetst aan de streefwaarden uit de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" uit augustus 2002 van de Stichting Bouwresearch (SBR Richtlijn B).

Conform SBR Richtlijn-B worden voor nieuwe situaties en bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, waarvan in deze situatie sprake is, de in tabel 2.1 weergegeven streefwaarden gehanteerd.

De streefwaarden hebben betrekking op voelbare trillingen tot 100 Hz. Boven 100 Hz worden trillingen door de mens in het algemeen niet meer voelbaar geacht. Bij de bepaling van de beoordelingsgrootheden worden de trillingniveaus gewogen, waarbij rekening wordt gehouden met de trillinggevoeligheid voor verschillende frequenties door mensen. Door deze frequentieweging ontstaat een dimensieloze eenheid.

t2.1 Overzicht streefwaarden conform de Richtlijn SBR-B voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

Periode	A ₁	A ₂	A ₃
Dagperiode (07.00 – 19.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Nachtperiode (23.00 – 07.00 uur)	0,1	0,2	0,05

Voor een bestaande situatie zijn de streefwaarden een factor 2 minder streng.

De optredende trillingniveaus voldoen aan de streefwaarden indien voldaan wordt aan één van onderstaande twee voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte (V_{max}) is ten hoogste A_1 ;
- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte V_{max} is ten hoogste A_2 waarbij de trillingsterkte over de beoordelingsperiode in deze ruimte (V_{per}) ten hoogste A_3 is.

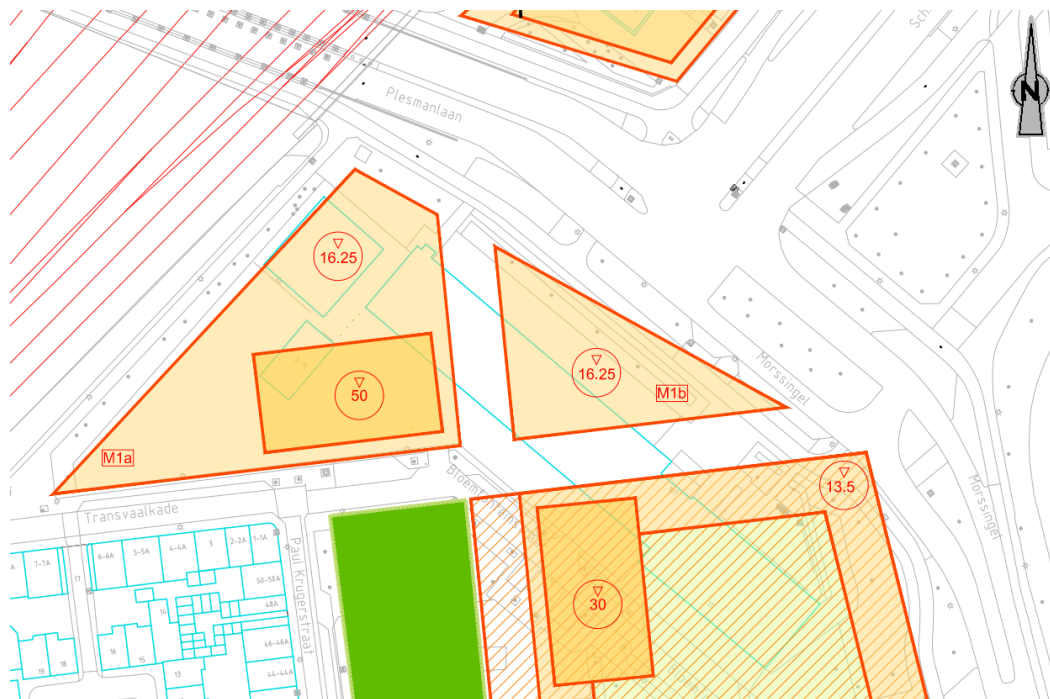
Omdat treinpassages zowel in de dag-, avond- als nachtperiode (goederentreinen) plaatsvinden zijn veelal de streefwaarden voor de nachtperiode maatgevend voor de beoordeling. Bovengenoemde streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria.

Bij het voldoen aan de streefwaarden uit de SBR Richtlijn-B is er in het algemeen sprake van een acceptabele situatie, ondanks dat trillingniveaus groter dan 0,1 (zeer) licht voelbaar kunnen zijn. Door toetsing aan A_3 wordt een groot aantal overschrijdingen van het voelbaarheids criterium (0,1) beperkt.

2.2 Situering planlocatie

In figuur 1 is een uitsnede van de ligging van de geprojecteerde woningbouw ten opzichte van het spoor weergegeven.

f1 Ligging geprojecteerde plangrens en bebouwinglijn langs het spoor nabij NS-station Leiden



De geprojecteerde woningbouw is gelegen langs het railtraject Leiden-Voorschoten/Lammenschans direct ten zuidwesten van NS-station Leiden. Ter plaatse is sprake van tien sporen. Het spoorgebied is gelegen op een talud van circa 5 meter boven het maaiveld.

3 Metingen en berekeningen

3.1 Meetmethode en meetinstrumenten

De trillingmetingen zijn uitgevoerd conform SBR Richtlijn-B en de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen.

De trillingmetingen zijn uitgevoerd met behulp van de een trillingrecorder, fabricaat SYSCOM, type MR3000C met geïntegreerde xyz-opnemer.

De metingen zijn geanalyseerd met behulp van het analyse programma VIEW2002 door Ziegler Consultants. De trillingopnemer is een triaxiale snelheidssensor en heeft een frequentiebereik van 1 tot 315 Hz.

3.2 Meetposities

In figuur 2 zijn de locatie en oriëntatie van de trillingopnemers tijdens de metingen weergegeven. De metingen zijn verricht op twee locaties nabij de toekomstige bebouwingslijn. Op de meetlocaties 1 en 2 is gedurende enkele uren bemand en gedurende één week (onbemand) gemeten.

De meetposities 1 en 2 zijn gesitueerd op een afstand van circa 17 meter van de dichtstbijgelegen spoorstaaf.

f2 Meetlocaties en oriëntatie trillingopnemers



3.3 Meetresultaten

Bemande metingen

De bemande trillingmetingen op de twee posities zijn verricht op 17 juni 2022 tussen circa 08:15 uur en 10:15 uur. In deze periode vonden passages plaats van minimaal 70 reizigerstreinen. De reizigerstreinen passeerden met een lage snelheid vanwege de nabijheid van het station.

Uit de metingen ter plaatse is gebleken dat de trillingniveaus die werden bepaald door de reizigerstreinen op positie 2, in de verticale richting hoger waren dan 0,1, zijnde de grens van voelbaarheid en in een aantal gevallen hoger dan 0,2.

De resultaten van de trillingmetingen op 17 juni 2022 zijn voor de 15 reizigerstreinen met de hoogste trillingniveaus in tabel 3.1 weergegeven. Het betreft hierbij de maximale effectieve trillingsnelheid per 30 seconden $V_{eff,max}$. Hierbij wordt de gemeten trillingsnelheid frequentieafhankelijk gewogen volgens de weegfunctie die is opgenomen in de SBR Richtlijn B. De weegfunctie is bedoeld om frequenties waarbij het menselijk waarnemingsvermogen is verminderd, ook minder in de beoordeling te betrekken.

t3.1 Gemeten maximale waarden van de trillingsterkte $v_{eff,max}$ per positie

Datum tijdstip	$V_{eff,max}$ (dimensieloos) per positie en richting					
	Meetpunt 1			Meetpunt 2		
	x	y	z	x	y	z
17 juni 2022						
08:14	0,042	0,035	0,050	0,085	0,14	0,29
08:53	0,043	0,047	0,048	0,075	0,087	0,21
09:03	0,046	0,024	0,074	0,060	0,10	0,22
09:15	0,051	0,027	0,089	0,083	0,085	0,17
09:16	0,041	0,023	0,067	0,072	0,085	0,22
09:21	0,032	0,042	0,057	0,067	0,10	0,21
09:26	0,033	0,024	0,042	0,054	0,083	0,19
09:37	0,05	0,038	0,089	0,094	0,14	0,34
09:40	0,026	0,038	0,068	0,054	0,081	0,17
09:44	0,043	0,042	0,075	0,089	0,092	0,19
09:47	0,030	0,040	0,070	0,075	0,079	0,17
10:01	0,042	0,021	0,061	0,081	0,088	0,16
10:11	0,032	0,033	0,066	0,071	0,097	0,24
10:14	0,057	0,030	0,071	0,055	0,057	0,14
10:17	0,073	0,036	0,070	0,064	0,10	0,22

Uit de bemande metingen volgt dus dat trillingniveaus op meetpositie 2 hoger zijn dan op meetpositie 1.

Dit wordt veroorzaakt door de wisselende belasting die de treinen veroorzaken bij de overgang van het spoortalud naar het kunstwerk/spoorviaduct, welke veel dichterbij meetpositie 2 is gesitueerd.

De hoogst vermelde trillingniveaus in tabel 3.1 werden veroorzaakt door rijdende treinen op het dichtstbij de meetposities gelegen spoor.

Tijdens de bemande metingen is ook geconstateerd dat met name op meetpositie 2 ook trillingen vanwege wegverkeer op de Plesmanlaan worden gemeten. Deze trillingniveaus zijn niet hoger dan die van de passagierstreinen.

In de bemande meetperiode vonden geen passages van goederentreinen plaats die potentieel tot hogere trillingniveaus kunnen leiden vanwege de hogere snelheid, het zwaardere materieel en veelal een minder hoog onderhoudsniveau van de wielen. Daarom zijn metingen gedurende een langere periode (onbemand) uitgevoerd.

Onbemande metingen (1 week)

Op positie 1 en 2 zijn gedurende een week onbemand trillingmetingen verricht.

In bijlagen 1 en 2 zijn de resultaten van de trillingmetingen over de gehele meettijd op beide meetposities grafisch weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat op beide meetposities veelvuldig de streefwaarde A_1 wordt overschreden en regelmatig de streefwaarde A_2 . Op meetpositie 2 zijn net als bij de bemande metingen de hoogste trillingniveaus gemeten. Tevens is gebleken dat tijdens de onbemande metingen de trillingniveaus hoger zijn dan tijdens de bemande metingen. De hoogste trillingniveaus worden veroorzaakt door goederentreinen.

In tabel 3.2 zijn de maximale trillingniveaus, uitgedrukt als V_{\max} , gegeven op de meetposities. Deze zijn afgeleid uit de metingen gedurende een week.¹ De in tabel 3.2 gegeven maximale trillingniveaus V_{\max} zijn geldig voor zowel de dag-, avond- als nachtperiode. In alle etmaalperioden kunnen namelijk goederentreinen rijden.

¹ SBR Richtlijn-B geeft aan dat een statistische verwerking noodzakelijk is als de meetperiode te kort is om alle optredende gebeurtenissen binnen de meetperiode te meten. De meetperiode van een week is evenwel in beginsel voldoende lang. Nochtans is de statistische verwerking toegepast. In bijlage 1 en 2 is de statistische verwerking van de gemeten trillingniveaus voor beide meetposities gegeven.

t3.2 V_{max} voor meetposities 1 en 2 op basis van de onbemande metingen gedurende een week

	Positie 1	Positie 2
V_{max} 'x' (dimensieloos) ¹	0,12	0,15
V_{max} 'y' (dimensieloos) ²	< 0,1	0,18
V_{max} 'z' (dimensieloos)	0,20	0,35

De waarde voor V_{per} is bepaald op basis van de onbemande metingen, waardoor deze over meerdere (nacht)perioden kon worden bepaald. De waarde voor V_{per} in de maatgevende nachtperiode bedraagt voor de verticale richting 0,07 op meetpositie 2. In de horizontale richtingen is V_{per} niet hoger dan 0,05. Op meetpositie 1 is V_{per} in alle richtingen niet hoger dan 0,05.

In bijlage 1 en 2 zijn voor enkele treinpassages tevens de frequentiespectra gegeven. Deze betreffen de frequentiespectra van de trillingen tijdens een treinpassage, waarvan in de bijlagen het trillingniveau als functie van de tijd is weergegeven.

Uit de resultaten van de frequentie-analyses blijkt dat frequenties 4 en 8 Hz bepalend zijn voor de trillingniveaus op maaiveld.

4 Beoordeling en conclusie

Uit de resultaten blijkt dat ter hoogte van de voorste bebouwingslijn de V_{\max} -waarde vanwege (goederen)treinpassages in de maatgevende (verticale) richting ten hoogste (afgerond) 0,4 bedraagt. In de horizontale richting bedraagt het maximale trillingniveau niet meer dan 0,2. Het gemiddelde trillingniveau bedraagt maximaal 0,07 in de verticale richting op meetpositie 2.

Op positie 2 zijn de hoogste trillingniveaus gemeten. De waarden zijn gebaseerd op de metingen die gedurende een week onbemand zijn verricht.

De trillingniveaus in verticale richting op maaiveld zijn aldus hoger dan de streefwaarde A_2 van 0,2 voor de nachtperiode.

In het algemeen leidt een zwaar en stijf appartementengebouw tot een demping van de trillingen op maaiveld, zodat voldaan kan worden aan de streefwaarden voor maximaal toelaatbare trillingniveaus, zowel ten aanzien van de streefwaarde A_2 voor het maximale trillingniveau als ten aanzien van de streefwaarde A_3 voor het gemiddelde trillingniveau V_{per} . Trillingen vormen derhalve geen belemmeringen om woningbouw op de planlocatie in het bestemmingsplan op te nemen.

Bij de verdere uitwerking van het bouwplan zal nagegaan moeten worden in hoeverre voldoende trillingreductie daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Daarbij zal ook zorg gedragen moeten worden dat eigenfrequenties van vloeren niet worden aangesloten teneinde resonantie te voorkomen.

Geadviseerd wordt dus om de bouwplannen in een volgend stadium door te rekenen op dempend vermogen van de fundatie om opslinging (resonantie) door aanstoting van eigenfrequenties van vloeren te voorkomen.

Zoetermeer,



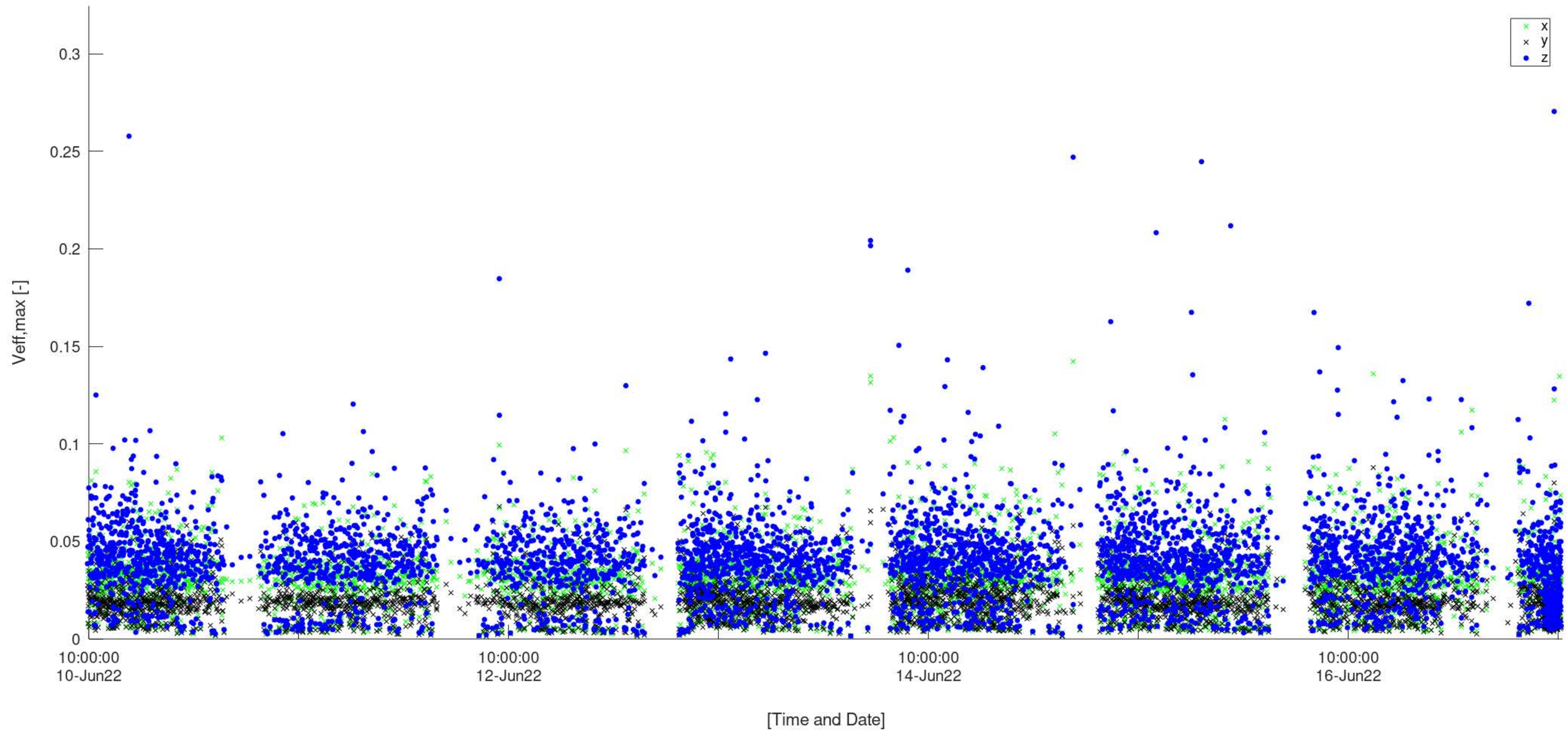
Dit rapport bevat 11 pagina's en 2 bijlagen.



Bijlage 1

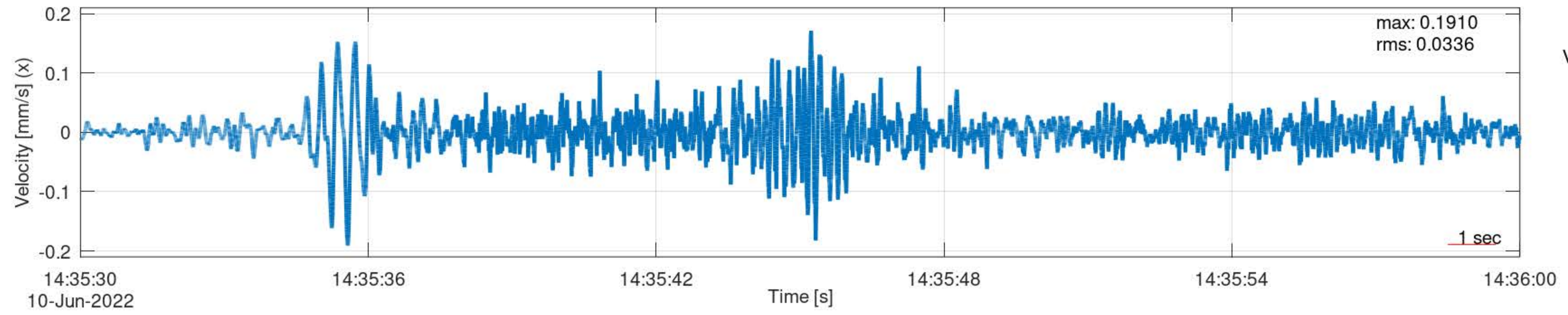
Resultaten van metingen op meetpositie 1

Trillingniveaus meetpositie 1

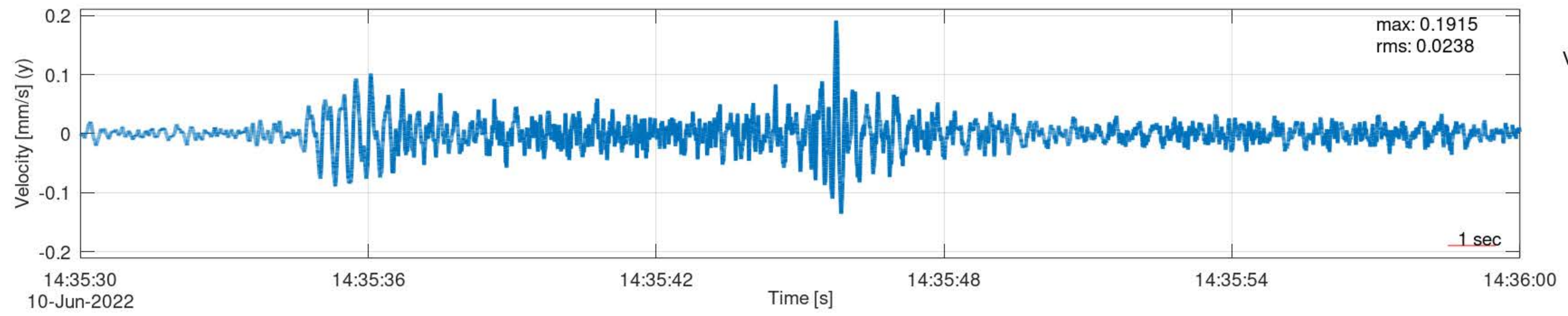


xmr22161311.txt

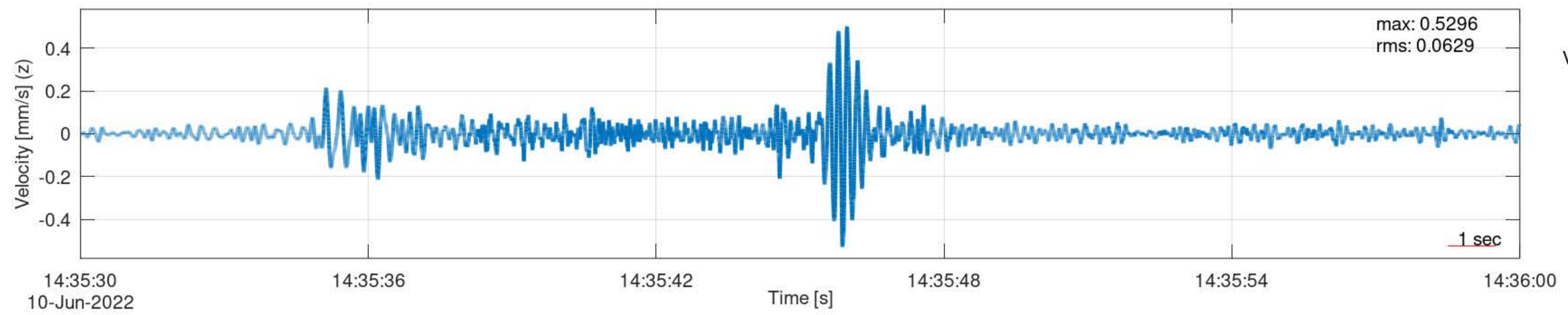
P1_p assage trein



Veff,max: 0.080



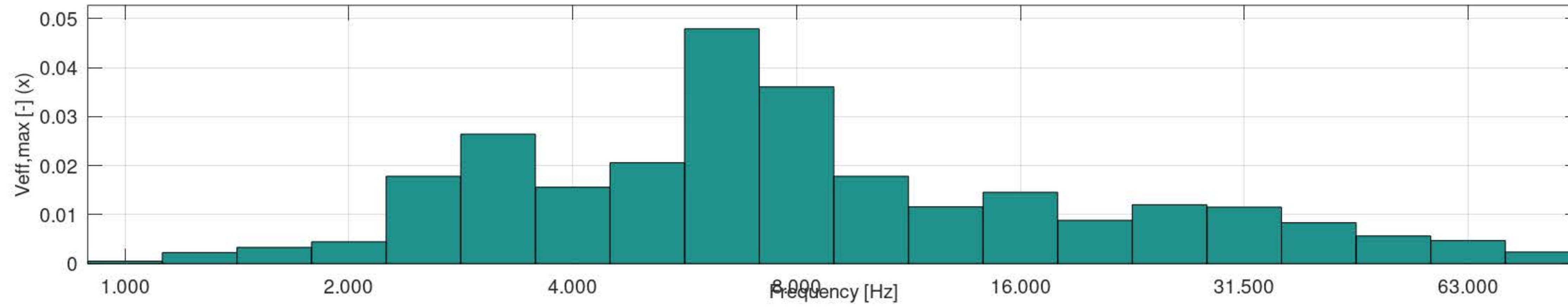
Veff,max: 0.071



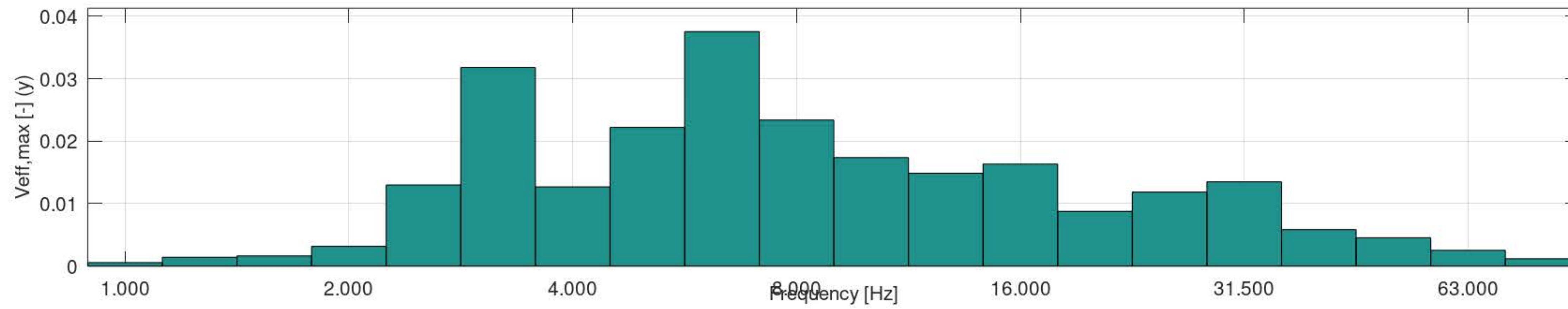
Veff,max: 0.258

xmr22161311.txt

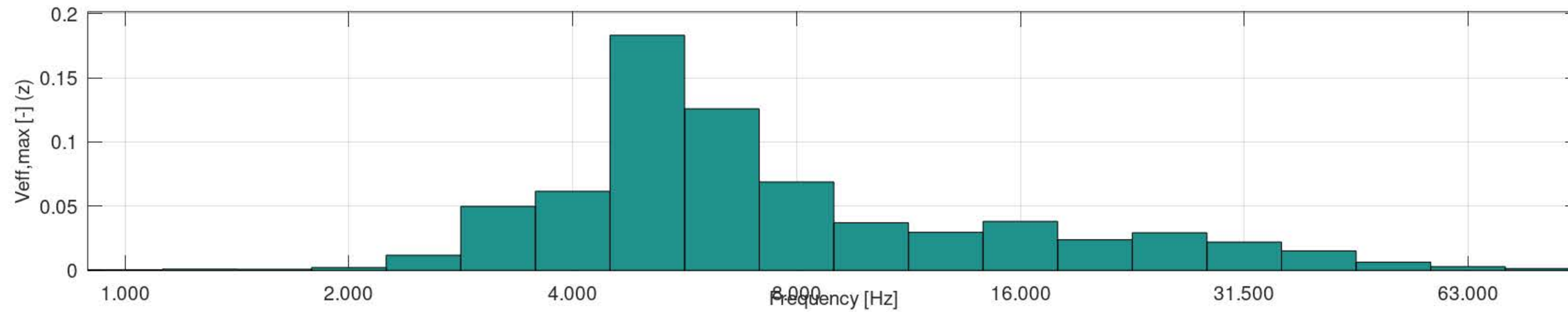
P1_s spectrum, passage trein



Veff,max: 0.080



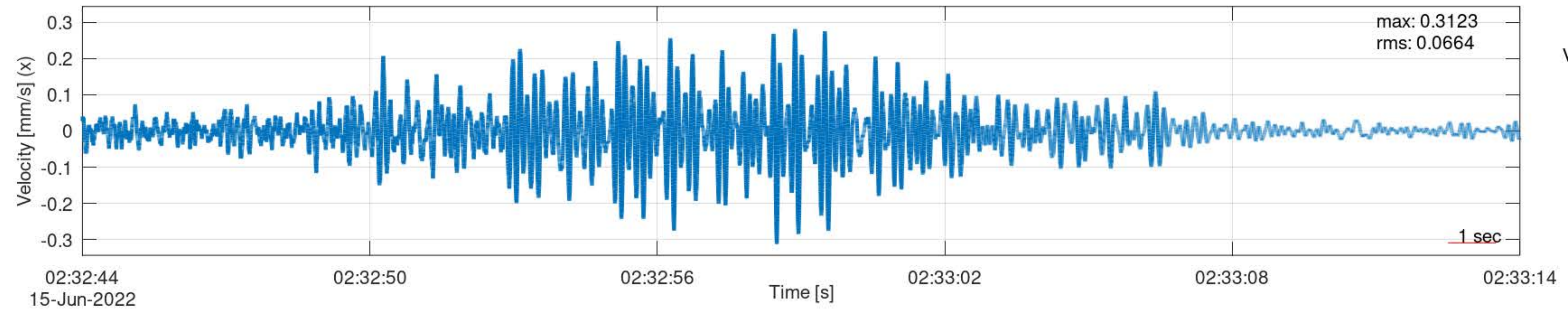
Veff,max: 0.071



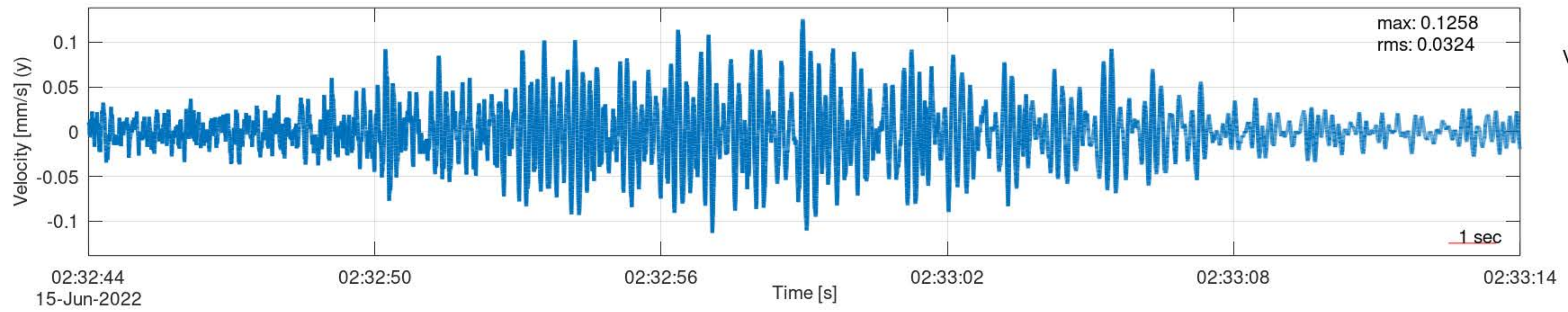
Veff,max: 0.258

xmr22166048.txt

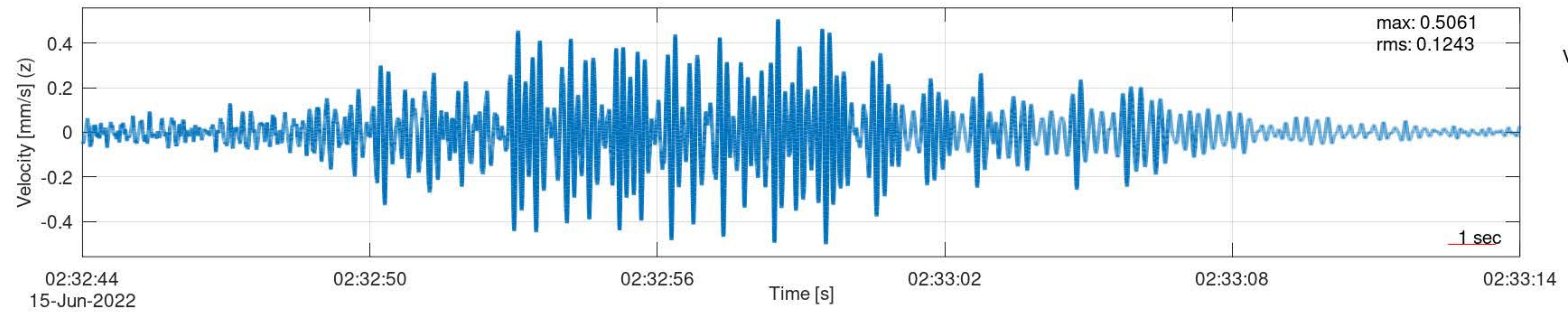
Passage mogelijke goederentrein



Veff,max: 0.142



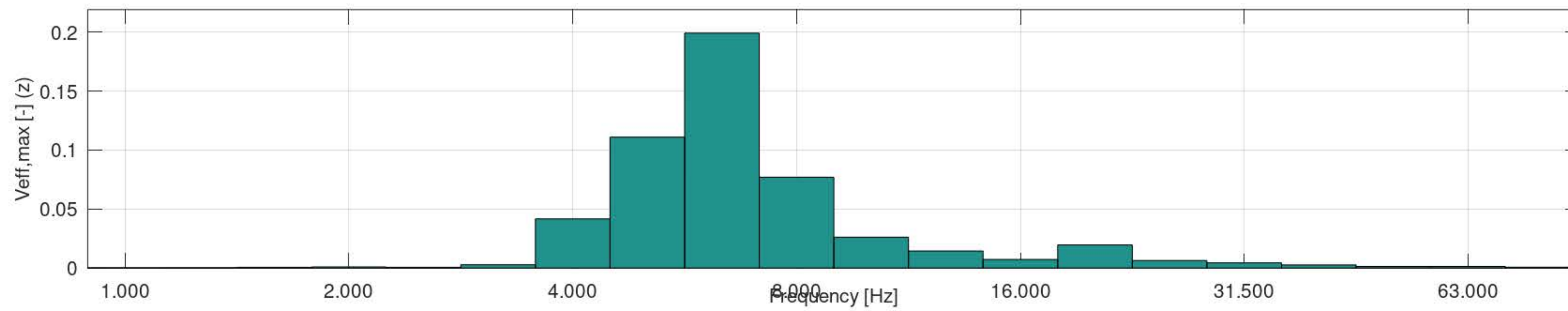
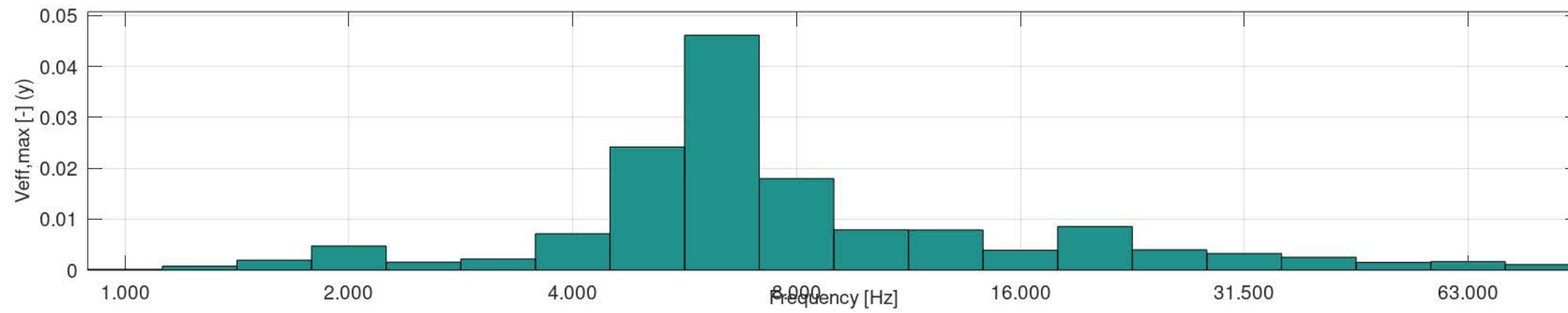
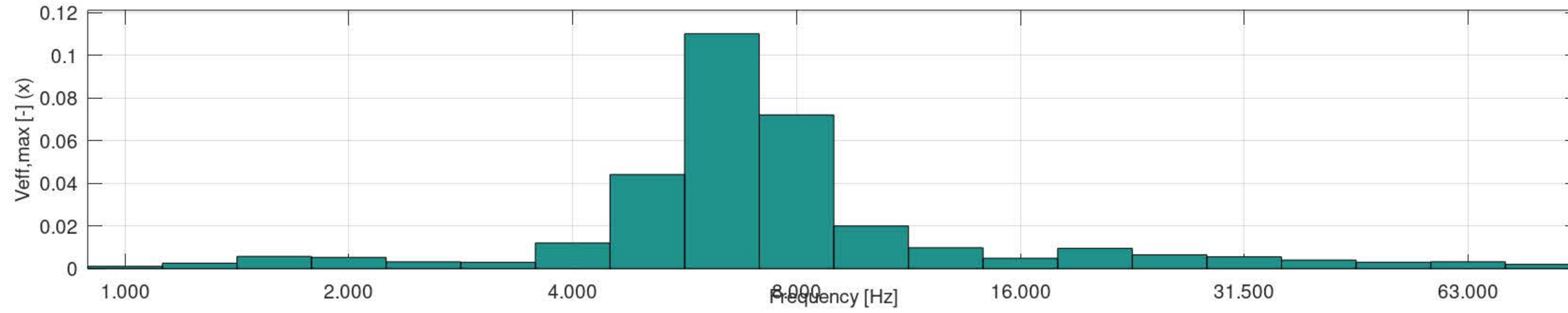
Veff,max: 0.058



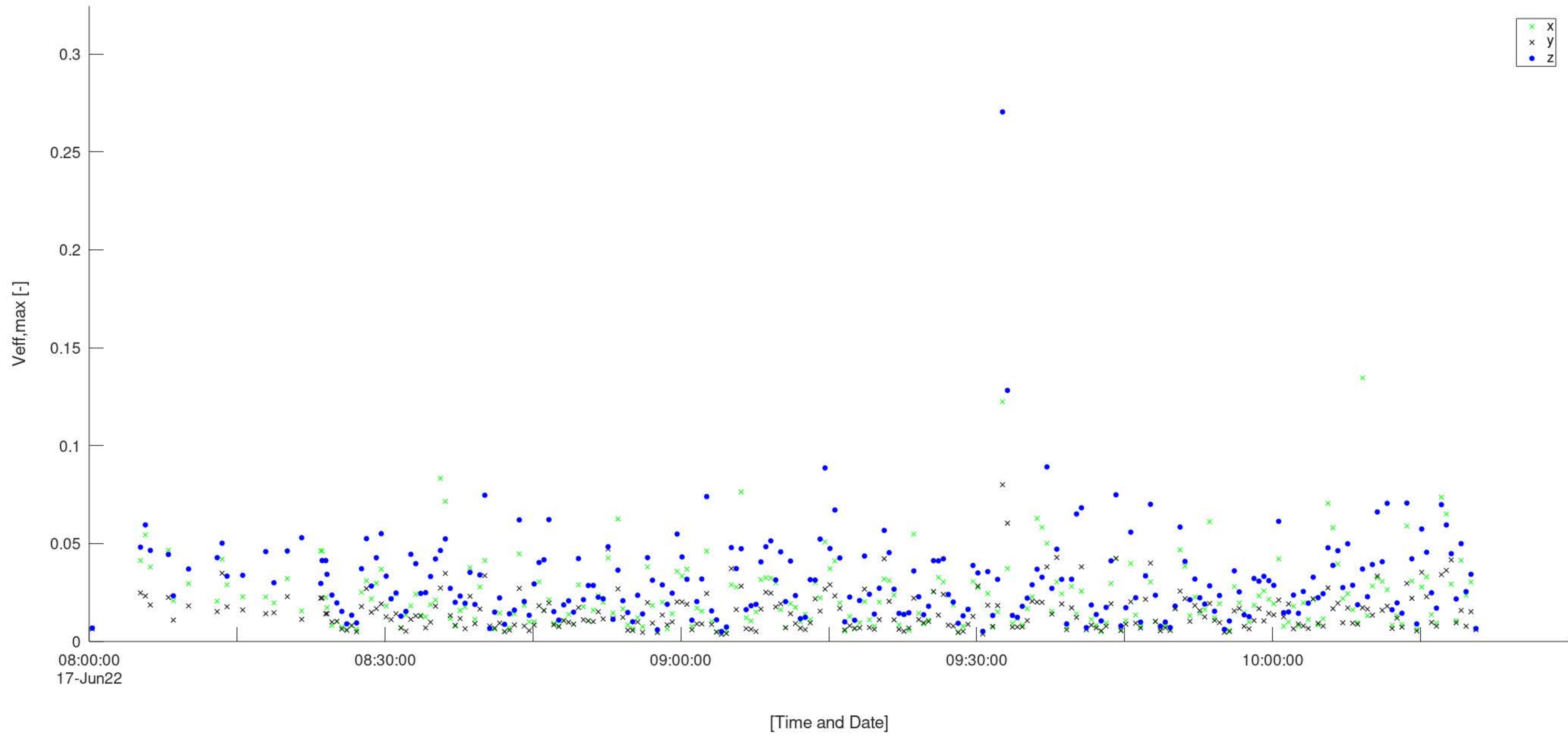
Veff,max: 0.247

xmr22166048.txt

Spectrum passage mogelijke goederentrein



MP1, Trillingniveaus bemande metingen 17-06-2022

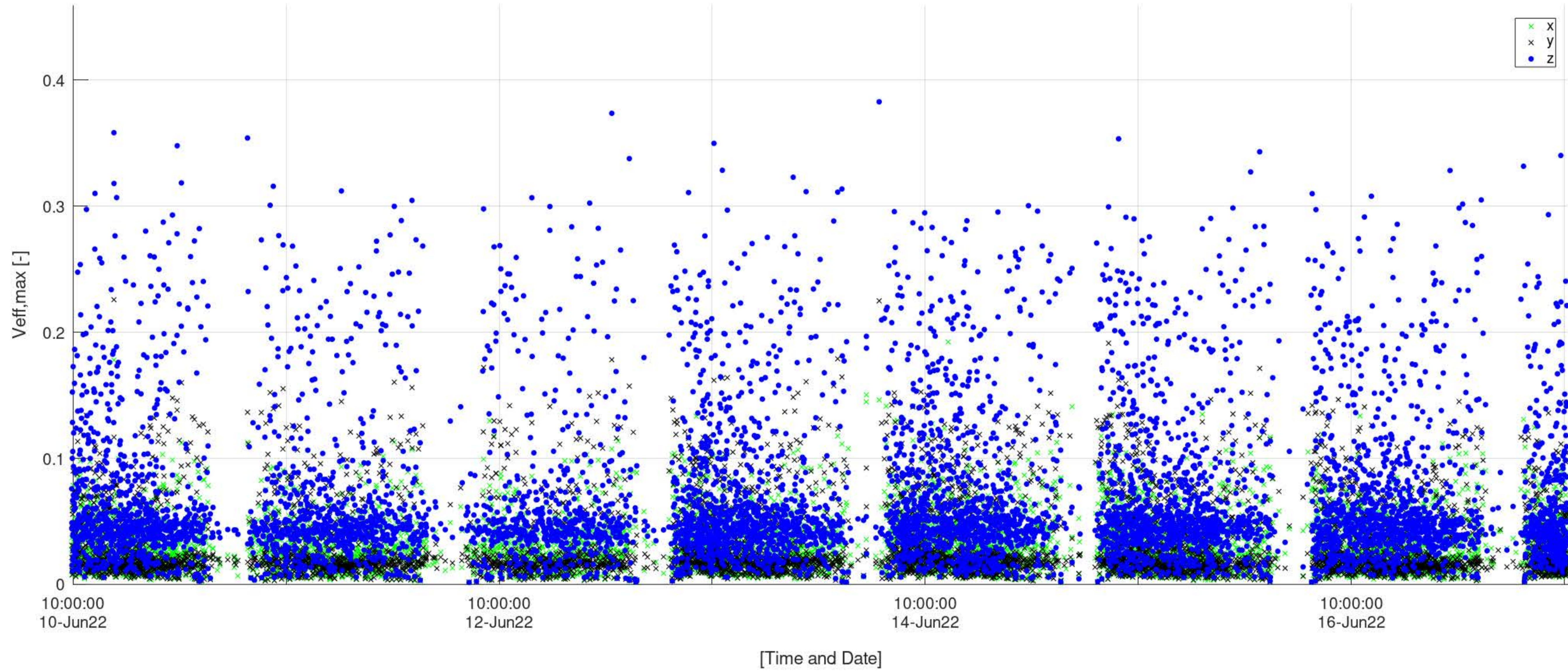




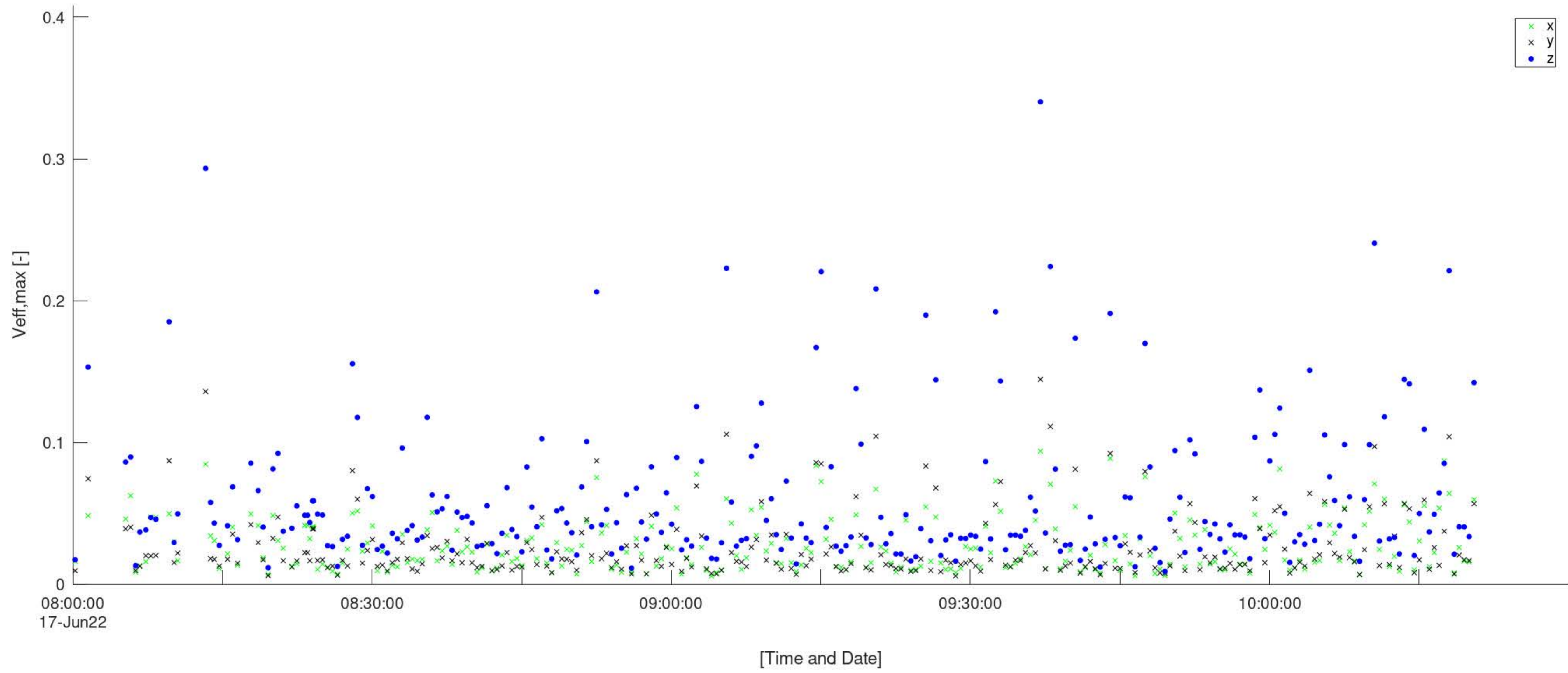
Bijlage 2

Resultaten van metingen op meetpositie 2

MP2, Stationsplein 107, Leiden

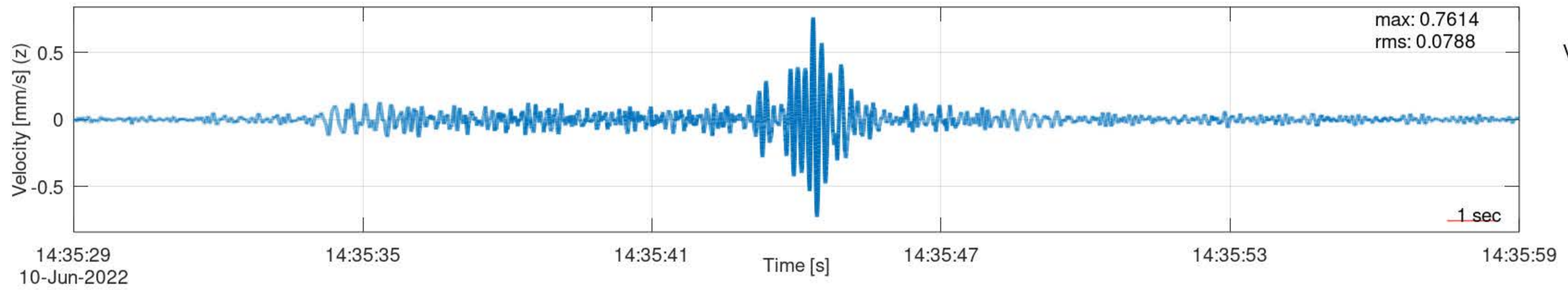
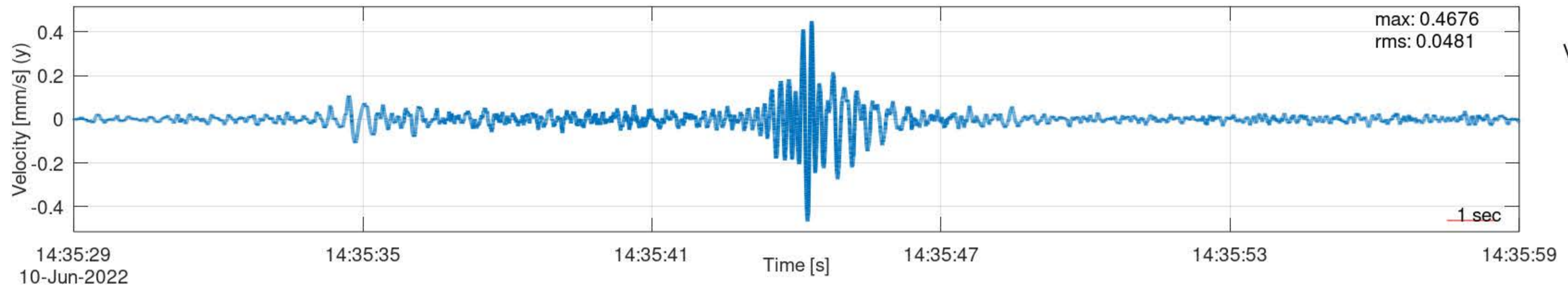
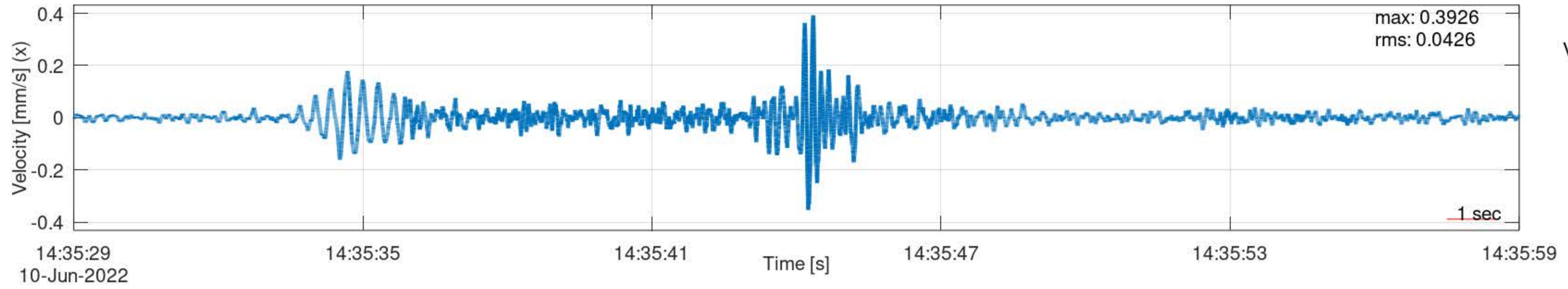


MP2, Trillingniveaus bemande metingen 17-06-2022



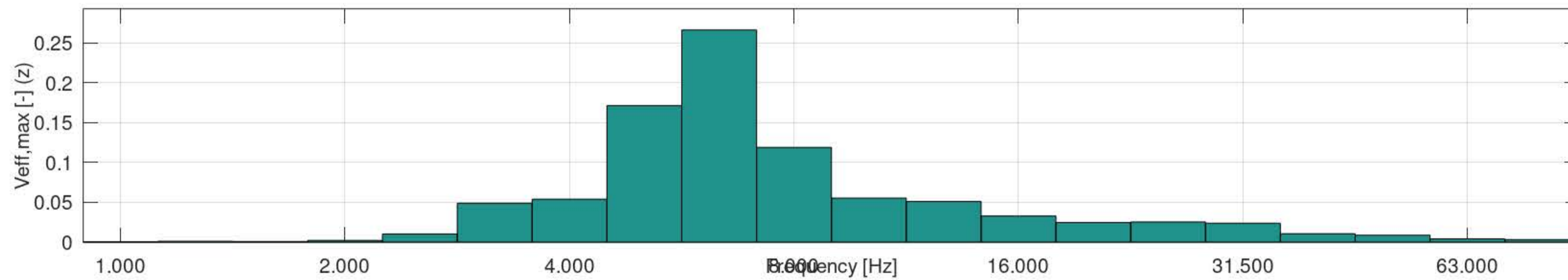
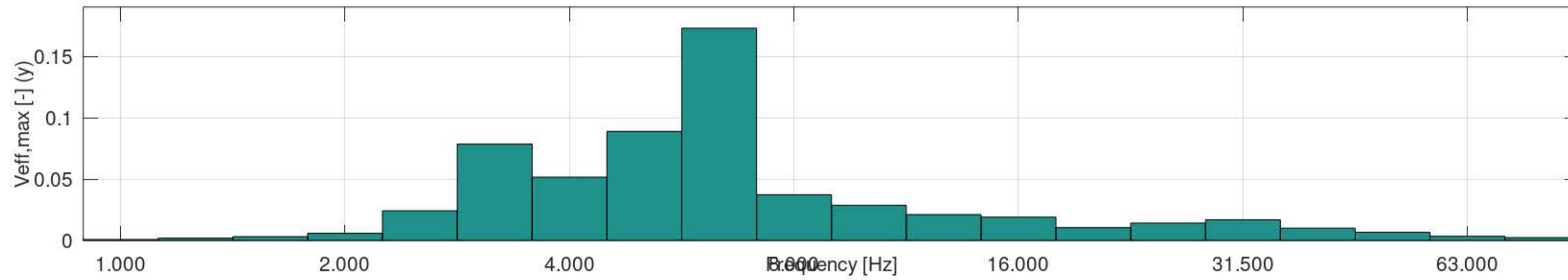
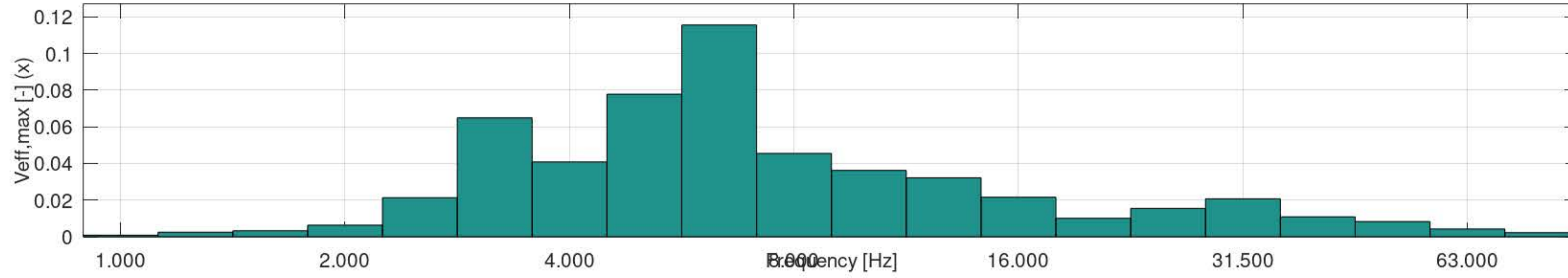
xmr22161443.txt

P2_p assage trein



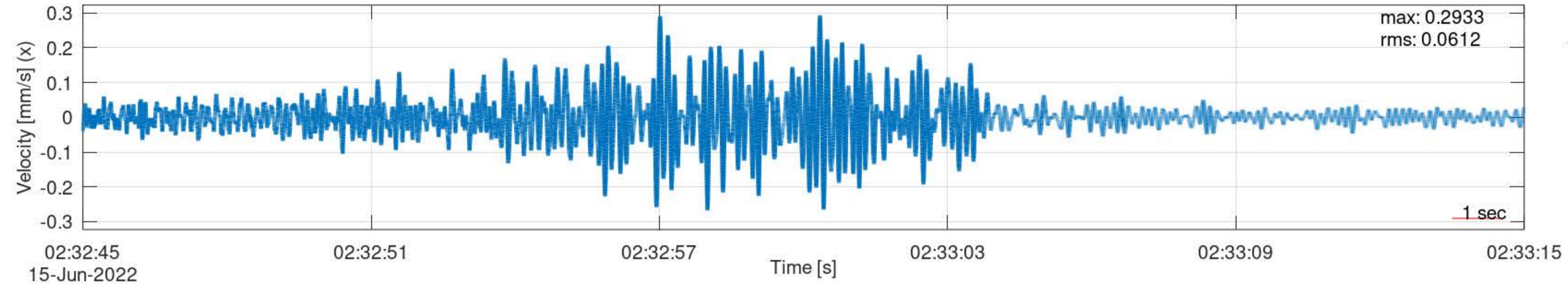
xmr22161443.txt

P2_S spectrum, passage train

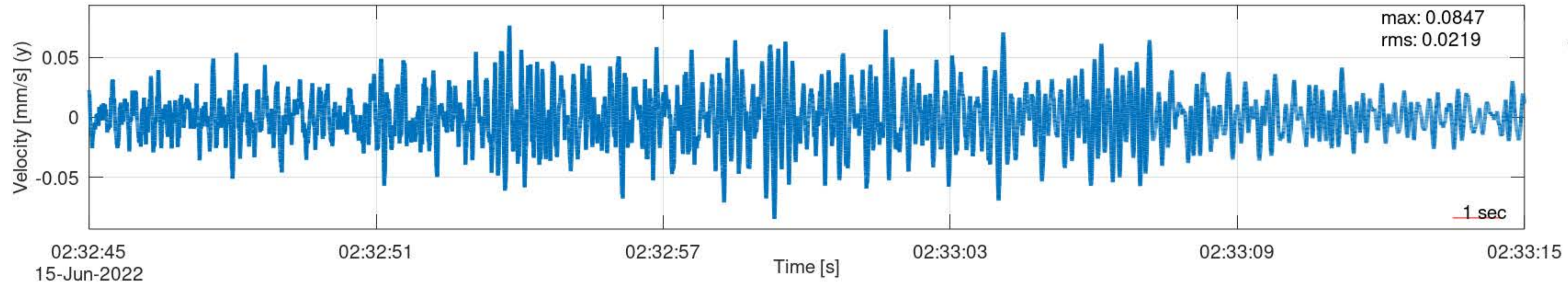


xmr22166056.txt

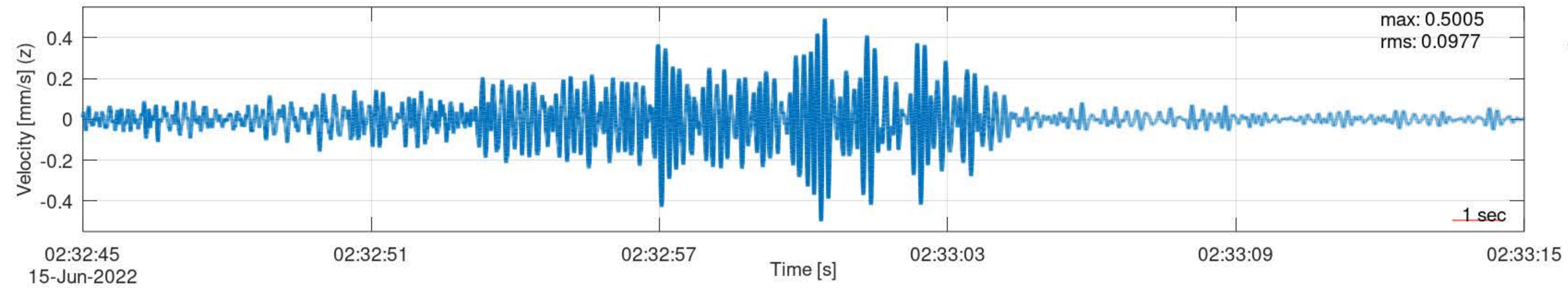
Passage mogelijke goederentrein



Veff,max: 0.141



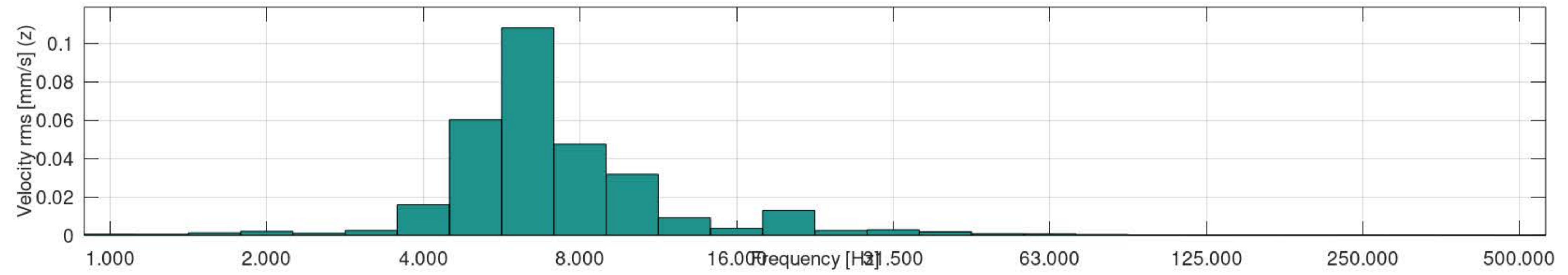
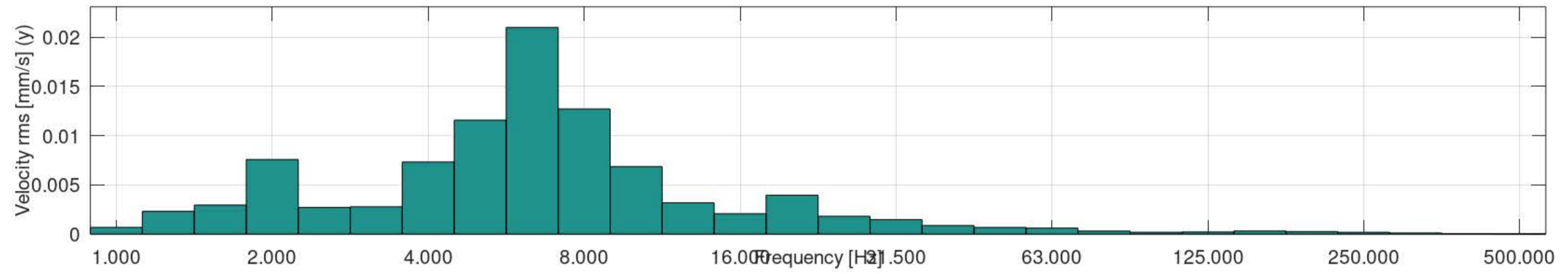
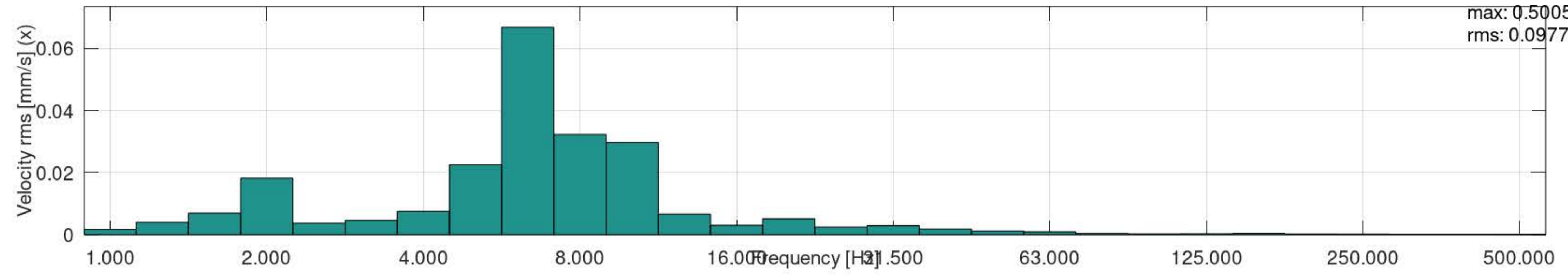
Veff,max: 0.036



Veff,max: 0.251

xmr22166056.txt

Spectrum passage mogelijke goederentrein



Veff,max x [-] Veff,max y [-] Veff,max z [-]
 0,192315375 0,225844267 0,382873347
 0,177891081 0,224945613 0,373752105
 0,150332692 0,191350883 0,358361884
 0,146781393 0,178972951 0,354147256
 0,146348621 0,178246933 0,353494593
 0,144809008 0,172091466 0,349909022
 0,141428022 0,171323468 0,347975311
 0,141357451 0,164521249 0,343205738
 0,140978393 0,164052332 0,340288722
 0,134916546 0,163491075 0,337800383
 0,134858311 0,162140849 0,331745091
 0,133679931 0,161905642 0,328572216
 0,133400825 0,160790406 0,328367358
 0,130881279 0,160451909 0,327236656
 0,1299063 0,159996467 0,323038162
 0,129810314 0,159225702 0,318530316
 0,129611213 0,157685476 0,318073825
 0,127451099 0,157291001 0,315824309
 0,124515997 0,15612263 0,313678821
 0,123828531 0,155273468 0,312133689
 0,119090503 0,152631335 0,311569385
 0,11782272 0,15216022 0,311197047
 0,117807828 0,151895227 0,310888069
 0,117749875 0,151882561 0,310170337
 0,116841278 0,151802037 0,309996805
 0,116339877 0,15167725 0,307939407
 0,115672828 0,151634336 0,306887413
 0,114296772 0,151487882 0,30677951
 0,113785977 0,150183974 0,305015632
 0,113211338 0,14919922 0,304620498
 0,113009224 0,148456312 0,302484711
 0,112730323 0,147868886 0,301728235
 0,112654195 0,147562721 0,300805065
 0,112296195 0,147382861 0,300429329
 0,111591986 0,14670067 0,299921335
 0,111391188 0,146634591 0,299784772
 0,111219507 0,145717986 0,2994912
 0,108943396 0,145082005 0,298617681
 0,107697031 0,14506509 0,29854231
 0,107439828 0,144822263 0,297870976
 0,107046657 0,144593607 0,297473389
 0,106823996 0,142506734 0,29729922
 0,106713839 0,14199349 0,296907609
 0,106487784 0,141800196 0,296140096
 0,106427623 0,141725387 0,295771639
 0,106409785 0,141357874 0,295392144
 0,104971326 0,141277334 0,294750856
 0,104784226 0,141160623 0,293331908
 0,104473877 0,140821792 0,293010246
 0,104417161 0,14073567 0,291458135
 0,104392344 0,140195491 0,291288222
 0,104292093 0,139309273 0,290335263
 0,104061452 0,138355089 0,290017315
 0,10399093 0,138310917 0,288631377
 0,103913644 0,137554957 0,288499802
 0,103794624 0,137524449 0,288283705
 0,103588835 0,136922073 0,287389014
 0,103467057 0,13690685 0,287134718
 0,103060542 0,13656706 0,286865561
 0,102907797 0,136356788 0,285678675
 0,102814761 0,136260744 0,284740569
 0,102664964 0,135998862 0,284109428
 0,10263957 0,1359496 0,283837117
 0,101785627 0,135717233 0,283673003
 0,101626472 0,135674337 0,283247044
 0,101517249 0,135192875 0,282507994
 0,101240411 0,134842838 0,282445411
 0,100271064 0,134742302 0,282264356
 0,100135596 0,134627341 0,282054279
 0,100016908 0,134174001 0,281628988
 0,13410317 0,280940709
 0,133926554 0,280258344
 0,133879055 0,278129876
 0,133876115 0,277307809
 0,13338263 0,276713539
 0,132931009 0,276562979
 0,132693219 0,276493326

NIET INVULLEN
 X Y Z
 0,192315375 0,225844267 0,382873347
 0,177891081 0,224945613 0,373752105
 0,150332692 0,191350883 0,358361884
 0,146781393 0,178972951 0,354147256
 0,146348621 0,178246933 0,353494593
 0,144809008 0,172091466 0,349909022
 0,141428022 0,171323468 0,347975311
 0,141357451 0,164521249 0,343205738
 0,140978393 0,164052332 0,340288722
 0,134916546 0,163491075 0,337800383
 0,134858311 0,162140849 0,331745091
 0,133679931 0,161905642 0,328572216
 0,133400825 0,160790406 0,328367358
 0,130881279 0,160451909 0,327236656
 0,1299063 0,159996467 0,323038162
 0,129810314 0,159225702 0,318530316
 0,129611213 0,157685476 0,318073825
 0,145325682 0,176008367 0,345384523 μ
 0,017503094 0,021905157 0,017368888 σ
 0,179639586 0,219109739 0,377347384 Vmaxstat

50% van top waarden
 X Y Z
 0,096157688 0,112922134 0,191436674
 number for stats
 15 15 15
 Factoren conform SBR-B
 1,76 1,76 1,76

Tabel SBR-B	
3	2,92
4	2,35
5	2,13
6	2,02
7	1,94
8	1,89
9	1,86
10	1,83
11	1,81
12	1,8
13	1,78
14	1,77
15	1,76