

Bezoekadres:
Amerikalaan 14
6199 AE Maastricht - Airport
Postadres:
Hoofdweg 76
3067 GH Rotterdam

T +31 (0)88-5152505
E info@cauberg Huygen.nl
W <http://www.cauberg Huygen.nl>

K.V.K. 58792562
IBAN NL71RABO0112075584

**Trillingsonderzoek Iep, Spoorweglaan Best;
Prognose trillingshinder spoor**

Datum 24 oktober 2022
Referentie 09167-56876-01

CONCEPT

Referentie 09167-56876-01
Rapporttitel Trillingsonderzoek Iep, Spoorweglaan Best;
Prognose trillingshinder spoor

Datum 24 oktober 2022

Opdrachtgever Accent Adviseurs
Luchthavenweg 13E
5657 EA EINDHOVEN
Contactpersoon De heer F. van der Putten

Behandeld door De heer ing. H.E.O. Williams
De heer C.J. Ostendorf
Cauberg Huygen B.V.
Bezoekadres:
Amerikalaan 14
6199 AE Maastricht - Airport
Postadres:
Hoofdweg 76
3067 GH Rotterdam
Telefoon 088-5152505

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	6
2.1	Opzet onderzoek	6
2.2	Bestemmingsplan	6
2.3	Toetsingskader	7
2.4	Beschrijving situatie	8
3	Trillingsmetingen	10
3.1	Algemeen	10
3.2	Meetposities	10
3.3	Meetparameters	12
3.4	Treinen	12
4	Meetresultaten	13
4.1	Bemande meting	13
4.2	Onbemande weekmeting	13
4.3	Onbemande meting meetpunt 4	15
5	Prognose	17
5.1	Werkwijze	17
5.2	Invoergegevens	17
5.2.1	$V(f)_{top, maaiveld}$	17
5.2.2	$H(f)_{fundering}$	18
5.2.3	$H(f)_{vloer}$	18
5.2.4	$H(f)_{afstand}$	19
5.2.5	Resultaat prognose	19
5.3	Beoordeling V_{max}	20
5.4	Beoordeling V_{per}	22
5.5	Beschouwing	22
5.5.1	Conservatief model	22
5.5.2	Aantal overschrijdingen per week en per etmaal	22
5.5.3	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	24
5.5.4	Trillingssterkte verder reduceren	24
6	Conclusie	25

Bijlagen

Bijlage I Meetresultaten

Bijlage I-1	Verloop van $v_{eff, max, 30, i}$ tijdens de onbemande meting
Bijlage I-2	SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages
Bijlage I-3	Top10 gemeten treinen per meetpunt

1 Inleiding

In opdracht van Accent Adviseurs B.V. is door Cauberg Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd in verband met het ontwikkelen van een woningbouwplan aan de straat "Iep", parallel aan de Spoorweglaan te Best. Het project ligt op relatief korte afstand van de spoorlijn Eindhoven – 's-Hertogenbosch. De woningen in het plan liggen op circa 76 tot 136 meter afstand van het spoor. Trillingen van het treinverkeer kunnen daarom tot hinder leiden voor toekomstige bewoners. Figuur 1.1 geeft een overzicht van de locatie van het woningbouwplan aangegeven met het rode kader.



Figuur 1.1: Situatie van het woningbouwplan. De betreffende percelen liggen binnen de rode kader

Het doel van het onderzoek is om:

- te bepalen of de trillingen als gevolg van het treinverkeer kunnen leiden tot hinder voor personen in de nieuw te bouwen woningen;
- te bepalen of bij het ontwerp van de woningen rekening dient te worden gehouden met trillingsreducerende maatregelen.

Ten behoeve van de onderzoeksdoelen zijn trillingsmetingen op maaiveld uitgevoerd en is een prognose van de trillingssterkte opgesteld.

Bij de uitvoering van de trillingsmetingen en de beoordeling van de berekende trillingssterkte is gebruik gemaakt van de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel B "Trillingen; hinder voor personen in gebouwen (SBR-B). SBR-B geeft streefwaarden voor de trillingssterkte in gebouwen 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 Uitgangspunten

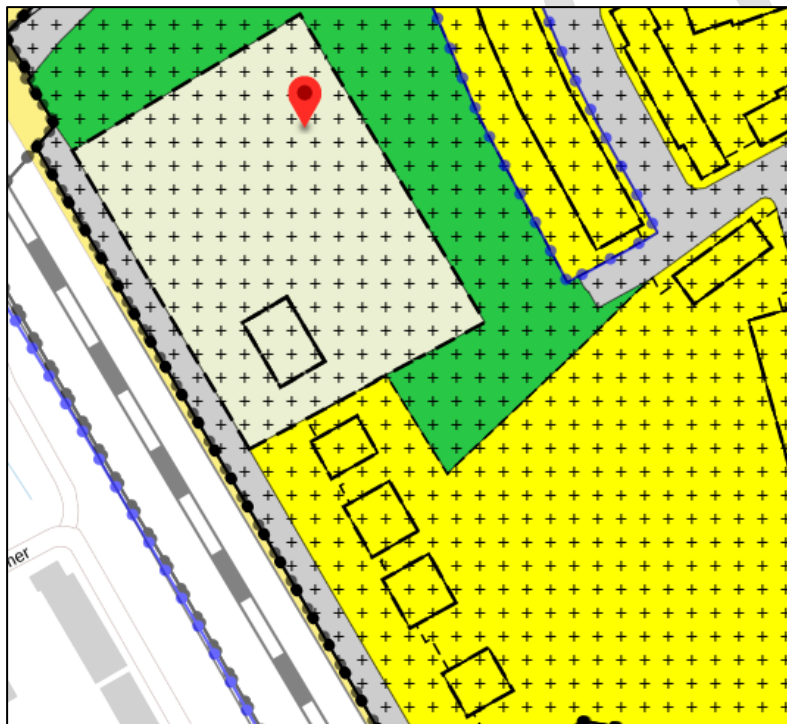
2.1 Opzet onderzoek

Voor de onderzoeksopzet is gekozen voor een combinatie van bemande en onbemande metingen. De bemande metingen zijn uitgevoerd op 5 oktober 2022 en zijn gebruikt om de kenmerken van de trillingen van de treinpassages te bepalen. Hiermee is onderscheid gemaakt tussen treintrillingen en stoortrillingen van bijvoorbeeld het wegverkeer over de naastgelegen spooronderdoorgang of de Spoorweglaan. De onbemande metingen zijn aansluitend uitgevoerd tot en met 12 oktober 2022 voor een periode van zeven dagen.

Er is op maaiveld gemeten, op de plaats van de hoeken van de toekomstige fundering van de woningen. Op basis van de meetresultaten op maaiveld is een trillingssterkte in de toekomstige woningen berekend. De berekende trillingssterkte $V_{\max}$ is getoetst aan de streefwaarden uit SBR-B.

2.2 Bestemmingsplan

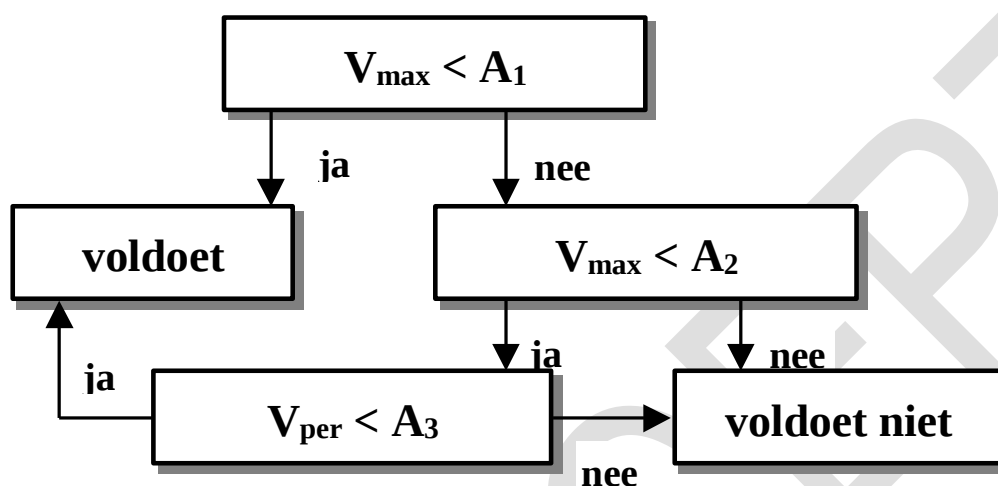
Op het plangebied rusten de bestemmingen 'agrarisch', 'groen' en 'wonen' op basis van het op 12 juli 2010 onherroepelijk vastgestelde bestemmingsplan "Salderes" in de gemeente Best. In de planregels van het vigerende bestemmingsplan zijn geen voorwaarden opgenomen met betrekking tot trillingen. Dit betekent dat bij de beoordeling van de onderzoeksresultaten geen rekening hoeft te worden gehouden met regels vanuit het vigerende bestemmingsplan. Een afbeelding van de bestemming ter plaatse van het bouwplan is te zien in figuur 2.1.



Figuur 2.1: Bestemmingsplanlocatie waarbij 'agrarisch' licht groen is gekleurd, 'groen' groen is gekleurd en 'wonen' geel is gekleurd. (bron ruimtelijkeplannen.nl)

2.3 Toetsingskader

Voor de beoordeling van de trillingssterkte in de toekomstige woningen is gebruik gemaakt van SBR-B uit 2006. De beoordeling vindt plaats op basis van twee parameters namelijk $V_{\max}$ en V_{per} . De parameter $V_{\max}$ staat voor de maximale gewogen trillingssnelheid binnen een beoordelingsperiode (dag, avond en nacht). Parameter V_{per} staat voor de gemiddelde trillingssnelheid 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 . A_1 is de onderste streefwaarden. Als $V_{\max}$ kleiner is dan A_1 dan is verdere beoordeling niet nodig en wordt voldaan aan SBR-B. Een verdere toetsing is dan niet nodig.

A_2 is de bovenste streefwaarde. Als $V_{\max}$ niet voldoet aan A_2 dan wordt niet aan SBR-B voldaan. A_3 is de streefwaarde voor V_{per} en gaat over de gemiddelde trillingssterkte over een beoordelingsperiode. Als $V_{\max}$ groter is dan A_1 maar kleiner dan A_2 en V_{per} voldoet aan A_3 dan voldoet de trillingssterkte ook aan SBR-B. Als V_{per} groter is dan A_3 , dan wordt niet voldaan aan de SBR-B.

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 bouwproject is wonen. 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.

Het voorliggende project 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-B opgenomen.

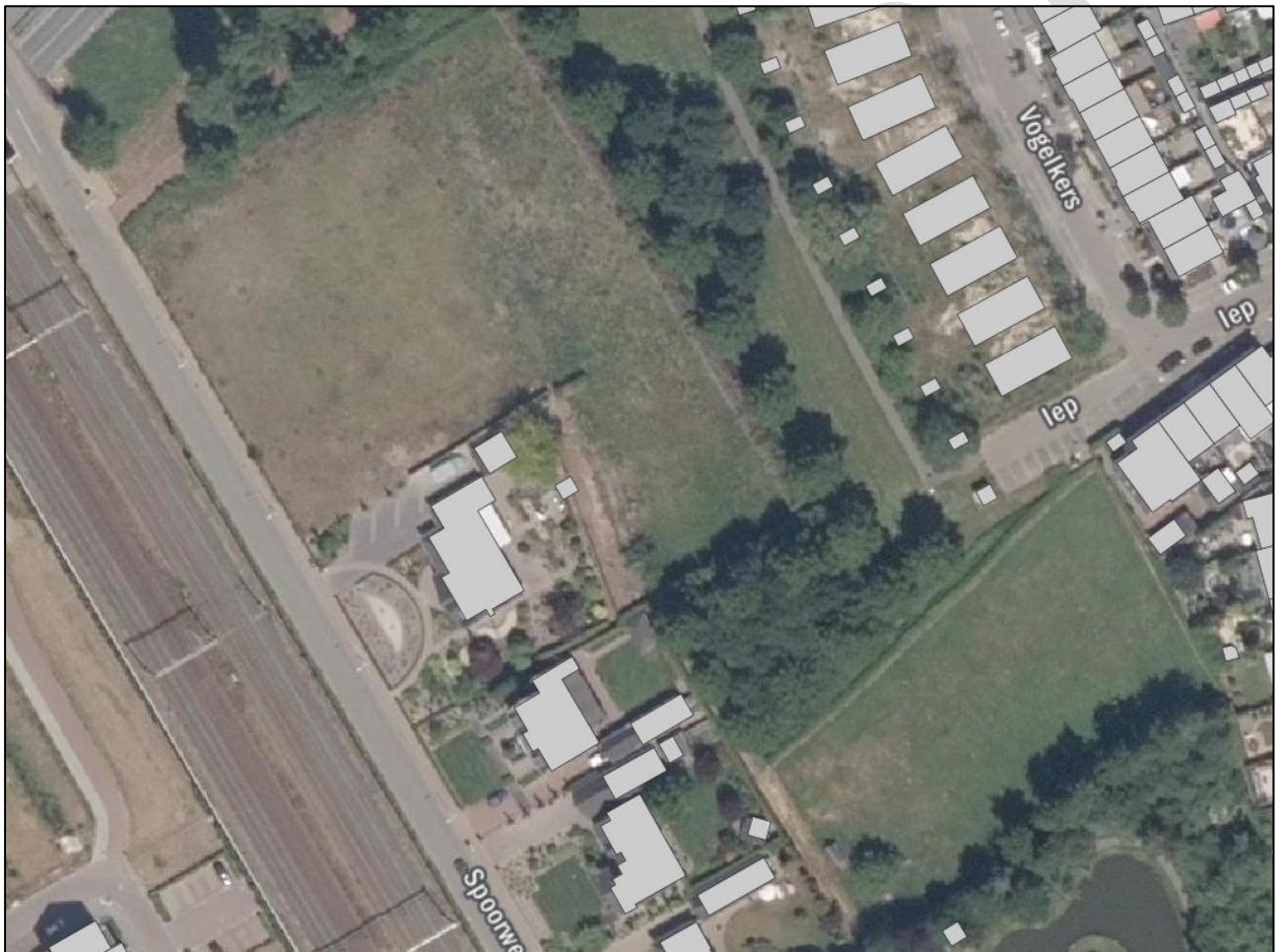
Tabel 2.1: Streefwaarden nieuwe situatie hinder $V_{\max}$ en V_{per}

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

Uit tabel 2.1 volgt dat de nachtperiode maatgevend is voor de beoordeling van de trillingen. De streefwaarde A_2 (de bovenste streefwaarde) is in de nacht het laagst en bedraagt 0,2.

2.4 Beschrijving situatie

Binnen het bouwplan zijn verschillende grondgebonden woningen voorzien. Aan de noordzijde van het bouwplan is een reeks rijtjeswoningen voorzien op circa 78 m afstand tot het spoor. In het midden van het bouwplan zijn tweekappers gepland, parallel op het spoor, op ongeveer 75 m afstand tot het spoor. Als laatste is een rij woningen (ook tweekappers) voorzien, gelegen dwars op het spoor op 76 m tot 136 m afstand. Het spoor ligt op maaiveld en er ligt een spooronderdoorgang aan de noordzijde van het bouwplan. Figuur 2.2 geeft een luchtfoto weer van de onbebouwde locatie.



Figuur 2.2: Luchtfoto van de onbebouwde locatie (bron: Bagviewer)

De locatie is opgesplitst in drie delen. De noordelijke deel is braakliggend en begroeid met niet-gesnoeid gras, het middelste deel is bebost en het zuidelijke deel fungeert als terrein waar geiten worden gehouden. Foto's van de situatie zijn opgenomen in figuur 2.3 en 2.4.



Figuur 2.3: Situatie aan de noordzijde van het bouwplan. Foto genomen vanaf Spoorweglaan richting de te bouwen woningen



Figuur 2.4: Situatie aan de zuidzijde van het bouwplan. Foto genomen vanaf de tuin van Spoorweglaan 12 richting de te bouwen woningen

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 5 oktober 2022 tot en met 12 oktober 2022. Bij de bemande en onbemande metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 6x Syscom Red Box trillingsmonitor MR3000TR.
- 6x triaxial Syscom trillingsopnemer MS2003+ (trillingssnelheid).

Alle trillingsmeters worden onderhouden op basis van het kwaliteitssysteem van Cauberg Huygen B.V. en zijn op basis van vier internet timeservers gesynchroniseerd in tijd.

3.2 Meetposities

De meetpunten zijn zo dicht mogelijk bij de hoeken van de toekomstige fundering van woningen geplaatst. Twee meetpunten zijn geplaatst op de hoeken van de toekomstige fundering van de rijtjeswoningen aan de noordzijde van het plangebied. Twee meetpunten zijn geplaatst op de hoeken van de fundering van de tweekappers midden in het bouwplan. Een meetpunt is geplaatst op de fundering van de woning het verst van het spoor. Er is één meetpunt geplaatst op 15 m afstand van het spoor. Dit meetpunt fungeert als “common trigger” of gemeenschappelijke drempelwaarde voor de overige vijf meetpunten. Met dit meetpunt is een treinpassage gedetecteerd en vervolgens de andere trillingsmeters aangestuurd om een tijdsignaal op te slaan. In figuur 3.1 is een overzicht gegeven van de meetpunten met de afstanden van de meetpunten tot het spoor.



Figuur 3.1: Overzicht van de meetpunten

Op ieder meetpunt is de trillingssnelheid op maaiveld in drie richtingen gemeten:

- Horizontaal dwars op het spoor (de X-richting).
- Horizontaal evenwijdig aan het spoor (de Y-richting).
- Verticaal (de Z-richting).

De trillingssensoren zijn ingegraven in de bodem zodat op de vaste grond is gemeten. De trillingsopnemers zijn bevestigd op een grondplaat die stevig in de zandbodem is gedrukt. De sensor en de trillingsmeters zijn afgedekt met een plastic deksel. Figuur 3.2 geeft een voorbeeld van de opstelling geplaatst bij meetpunt 1.



Figuur 3.2: Opstelling bij meetpunt 1

Op meetpunt 4 is alleen de eerste meetdag gemeten. Een vergelijking van de meetresultaten van meetpunt 4 met meetpunt 3 en 5 is gemaakt om toch een indicatie te geven over de te verwachten trillingssterkte in de toekomstige situatie op dit punt.

3.3 Meetparameters

Elke 30 seconde is de trillingssterkte $v_{\text{eff,max},30,i}$ bepaald op alle meetpunten. Dit is de hoogste effectieve trillingssterkte gemeten in de meterstand “fast”, waarbij de frequentieweging volgens de SBR-B wordt toegepast.

Ook is voor alle treinpassages waarvan de trillingssnelheid de waarde 0,15 mm/s overschreed bij meetpunt 1, een registratie van de trillingssnelheid in de tijd uitgevoerd (tijdsignaal). De overschrijding van deze drempelwaarde zorgde ook voor een aansturing van de trillingsmeters op de overige meetpunten. Daardoor is gelijktijdig een tijdsignaal geregistreerd van een treinpassage op alle meetpunten. Met deze methode voorkomen we dat lokale stoortrillingen bij een meetpunt zorgen voor onbruikbare tijdsignalen. De tijdsignalen van meetpunten 2 tot en met 6 zijn gebruikt voor de prognose.

3.4 Treinen

Tijdens de bemande trillingsmetingen is vastgesteld dat sprinters en intercity's (type Flirt, DDZ, VIRM, ICM en ICR) over het traject rijden. Daarnaast passeren er regelmatig goederentreinen met diverse ladingen (auto's, containers, ketels en kolenwagons). De intercity's en goederentreinen rijden op volle snelheid langs de meetlocatie.

4 Meetresultaten

4.1 Bemande meting

Op 5 oktober 2022 is de bemande meting uitgevoerd. Daarbij is tussen 13:13 en 14:12 het type trein genoteerd samen met de rijrichting en de trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$ gemeten op maaiveld. Het type trein is aangegeven met sprinter, ICM of VIRM. Rijrichting is richting 's-Hertogenbosch of Eindhoven. De letter X, Y of Z geeft de dominante trillingsrichting aan. Het resultaat van de bemande metingen is te zien in tabel 4.1.

Tabel 4.1: meetresultaat op maaiveld tijdens bemande metingen op 5 oktober 2022

Tijd	Treintype	Rijrichting	V_{max} Meetpunt 2 [-]	V_{max} Meetpunt 3 [-]	V_{max} Meetpunt 4 [-]	V_{max} Meetpunt 5 [-]	V_{max} Meetpunt 6 [-]
15:28	Sprinter	Eindhoven	0,03 X	0,03 Y	0,03 Y	0,02 X	0,01 Y
15:31	Sprinter	Den Bosch		0,03 Y	0,02 X	0,02 X	0,02 Y
15:37	ICM	Eindhoven		0,07 Y	0,09 X	0,04 Y	0,02 Y
15:38	VIRM	Eindhoven	0,05 Z	0,06 X	0,05 Y	0,02 Y	0,01 Y
15:39	VIRM	Den Bosch	0,08 Z	0,06 Y	0,05 Y	0,03 Y	0,02 Y
15:42	VIRM	Den Bosch		0,09 Y	0,08 Y	0,04 X	0,03 Y
15:45	Sprinter	Den Bosch	0,06 Y	0,04 Y	0,02 X	0,03 X	0,02 Y
15:48	VIRM	Eindhoven		0,07 Y	0,07 X	0,03 X	0,02 X
15:50	ICM	Den Bosch	0,14 X	0,11 Y	0,11 X	0,07 X	0,04 X
15:53	VIRM	Den Bosch		0,08 X	0,09 Y	0,05 X	0,03 X

Uit de bemande meting volgt dat de trillingssterkte op maaiveld bij meetpunt 2 het hoogst is. De afstand tot het spoor bij meetpunt 2 en meetpunt 3 is hetzelfde maar levert voor alle gemeten treinen een hogere trillingssterkte bij meetpunt 2. Verder zijn de trillingssterktes gemeten bij meetpunt 3 en meetpunt 4 van een vergelijkbaar trillingsniveau dat weer hoger ligt dan de waardes gemeten bij meetpunt 5. Dit ondanks het feit dat meetpunten 2 t/m 5 op een vergelijkbare afstand tot het spoor liggen (circa 76 tot 78 meter). Meetpunt 6 levert de laagste trillingsniveaus. Dit past bij de grootste afstand tot het spoor van circa 136 m.

De ICM van 15:50 die richting 's-Hertogenbosch reed, levert op alle meetpunten de hoogste trillingssterkte. Deze was bij meetpunt 2 het hoogst en bedroeg 0,14 in de horizontale trillingsrichting dwars op het spoor.

4.2 Onbemande weekmeting

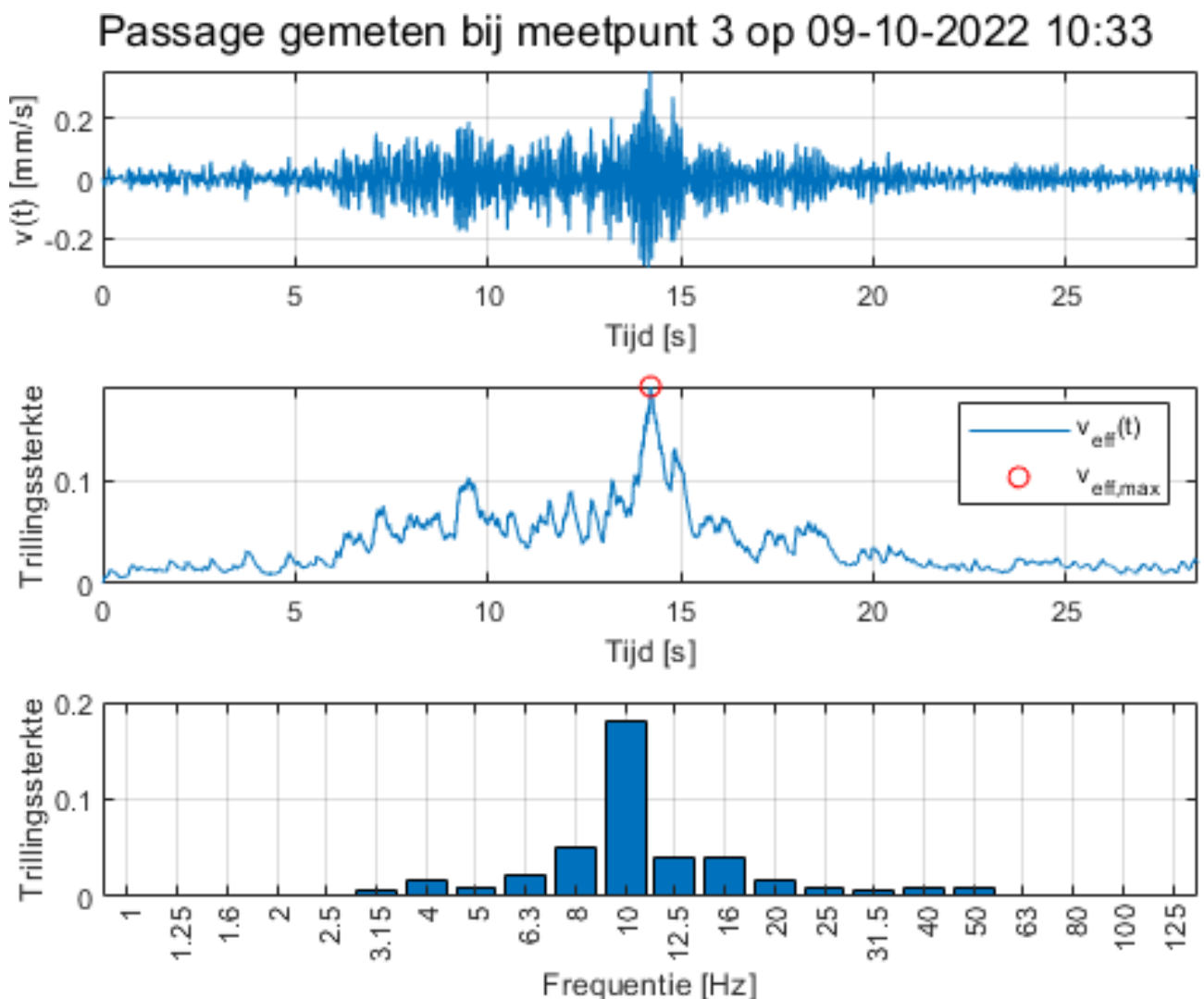
Aansluitend op de bemande meting is de onbemande meting gestart voor de gehele meetperiode. Voor meetpunten 2, 3, 5 en 6 is een top tien geselecteerd van de treinpassages met de hoogste trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$. Deze waardes zijn weergegeven in tabel 4.2. Daarin is de datum en tijd van de treinpassage opgenomen samen met de $v_{\text{eff,max}}$ en de dominante trillingsrichting gemeten bij dat meetpunt. De resultaten van meetpunt 3 worden in de volgende paragraaf behandeld. De meetresultaten van alle treinpassages zijn opgenomen in grafieken in bijlage I-1.

Voor meetpunt 4 is maar een beperkte tijdsduur gemeten. Daarom zijn de meetresultaten niet opgenomen in tabel 4.2. Paragraaf 4.3 gaat in op de specifieke resultaten voor dit meetpunt.

Tabel 4.2: meetresultaat op maaiveld tijdens onbemande metingen van 5 t/m 12 oktober 2022

Datumtijd	V _{max} Meetpunt 2 [-]	V _{max} Meetpunt 3 [-]	V _{max} Meetpunt 5 [-]	V _{max} Meetpunt 6 [-]
5-10-2022 20:50	0,16 Z			
5-10-2022 21:50	0,17 Z			
6-10-2022 06:25				0,06 X
6-10-2022 08:51	0,16 Z			
6-10-2022 17:26			0,10 X	
6-10-2022 21:37			0,11 X	0,07 X
6-10-2022 23:20	0,16 Z	0,12 Y		
7-10-2022 00:32		0,14 X	0,16 X	0,08 Z
7-10-2022 01:25		0,12 Y		
7-10-2022 13:00			0,11 Y	0,07 Y
7-10-2022 21:18		0,13 Y		
8-10-2022 10:15		0,12 Y		
8-10-2022 10:51	0,18 Z			
8-10-2022 12:56			0,10 X	
8-10-2022 18:21		0,12 Y		
9-10-2022 10:33		0,19 Y		
9-10-2022 16:35			0,10 X	
9-10-2022 21:32		0,18 Y	0,12 Y	
9-10-2022 22:18			0,10 Y	0,07 Y
10-10-2022 07:04		0,16 Y	0,14 X	
10-10-2022 14:05		0,17 Y		
10-10-2022 17:28				0,07 X
10-10-2022 23:50	0,16 X			
11-10-2022 06:53	0,16 Z			
11-10-2022 10:20	0,16 Z			
11-10-2022 13:44				0,07 X
11-10-2022 19:20	0,16 Z			
11-10-2022 19:26			0,11 Y	0,10 X
11-10-2022 19:43				0,08 Y
11-10-2022 19:50	0,16 Z			
12-10-2022 00:26				0,06 X

Uit de onbemande meting blijkt dat de hoogst gemeten trillingssterkte $V_{\max}$ 0,19 bedraagt in de horizontale trillingsrichting parallel aan het spoor (Y). Deze trillingssterkte is gemeten tijdens een passage op 9 oktober 2022 om 10:33 bij meetpunt 3. In figuur 4.1 is het gemeten tijdsignaal te zien (boven) samen met de voortschrijdend effectieve waarde (midden) en het max-hold spectrum in tertsbanden (onder).



Figuur 4.1: Passage bij meetpunt 3 die de hoogste gemeten trillingssterkte veroorzaakte

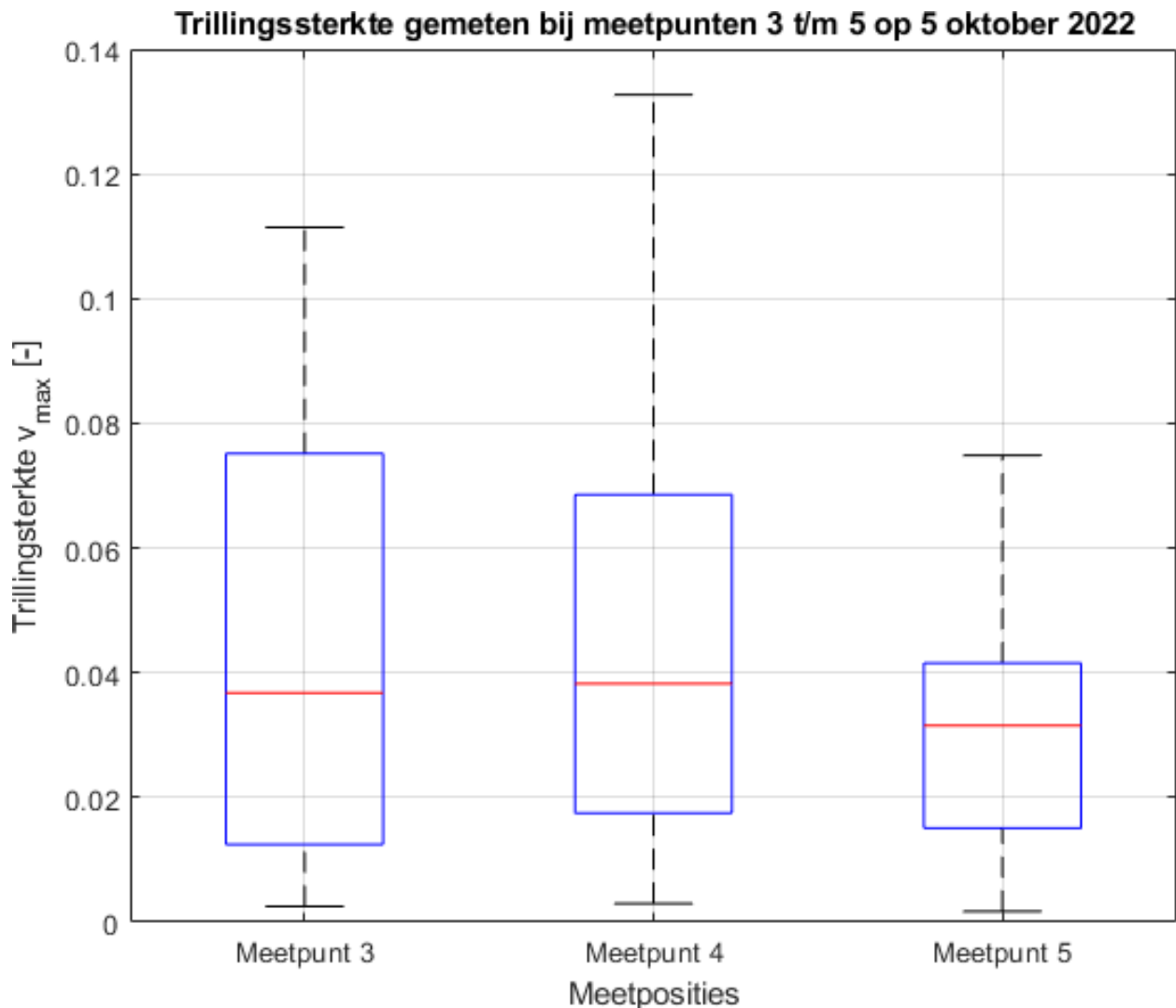
In figuur 4.1 is te zien dat de maximale trillingssterkte $v_{eff,max}$ van dit tijdssignaal in het midden van de passage plaatsvindt rond het tijdstip 14 seconden. De trillingssterkte $v_{eff,max}$ bedraagt 0,19. In het spectrum is de 10 Hz tertsband maatgevend.

4.3 Onbemande meting meetpunt 4

De meting bij meetpunt 4 is slechts een dagdeel uitgevoerd, op 5 oktober 2022 vanaf 14:30 tot 20:35. Om toch een oordeel te geven over de toekomstige situatie zijn de meetresultaten vergeleken met meetpunt 3 en meetpunt 5, de naastgelegen meetpunten op ongeveer dezelfde afstand tot het spoor. In figuur 4.2 zijn alle meetresultaten (van 97 treinen) bij meetpunt 4 opgenomen met de meetresultaten van de gelijktijdig gemeten treinpassages op de meetpunten 3 en 4.

De gemeten trillingssterkte per trein is gepresenteerd in een boxplot per meetpunt. Daarin is de rode lijn in ieder “box” de mediaan (of middelste) trillingssterkte en de “box” bevat 50 % van alle datapunten. De “whiskers”

aan het uiteinde van iedere stippellijn geven de minimum of maximum waarde aan. Buiten de “box” valt dus de overige 50 % van alle datapunten.



Figuur 4.2: Boxplot van meetresultaten van meetpunt 4 vergeleken met die gelijktijdig gemeten bij meetpunt 3 en meetpunt 5

Uit figuur 4.2 volgt dat de gemeten treinen bij meetpunt 4 een vergelijkbare mediaan delen met meetpunt 3 zijnde een trillingssterkte van ongeveer 0,04. De maximum gemeten trillingssterkte in de periode bij meetpunt 4 bedraagt 0,13. Dit past beter bij de gemeten maximum trillingssterkte op meetpunt 3 van 0,11 dan het maximum van meetpunt 5 met een waarde van 0,08. In het algemeen geldt dat de gemeten treinen bij meetpunt 4 ongeveer dezelfde trillingssterkte veroorzaken als bij meetpunt 3. In de prognose van de trillingssterkten in de woningen zullen de resultaten van meetpunt 3 daarom een goede indicatie geven van de toekomstige situatie bij meetpunt 4.

5 Prognose

5.1 Werkwijze

Voor de berekening van de trillingsniveaus is gebruik gemaakt van het volgende empirische rekenmodel:

$$V_{\max} = V(f)_{\text{topmaaiveld}} * H(f)_{\text{fundering}} * H(f)_{\text{vloer}} * H(f)_{\text{afstand}} * H(v)_{\text{SBRB}}$$

Hierin is:

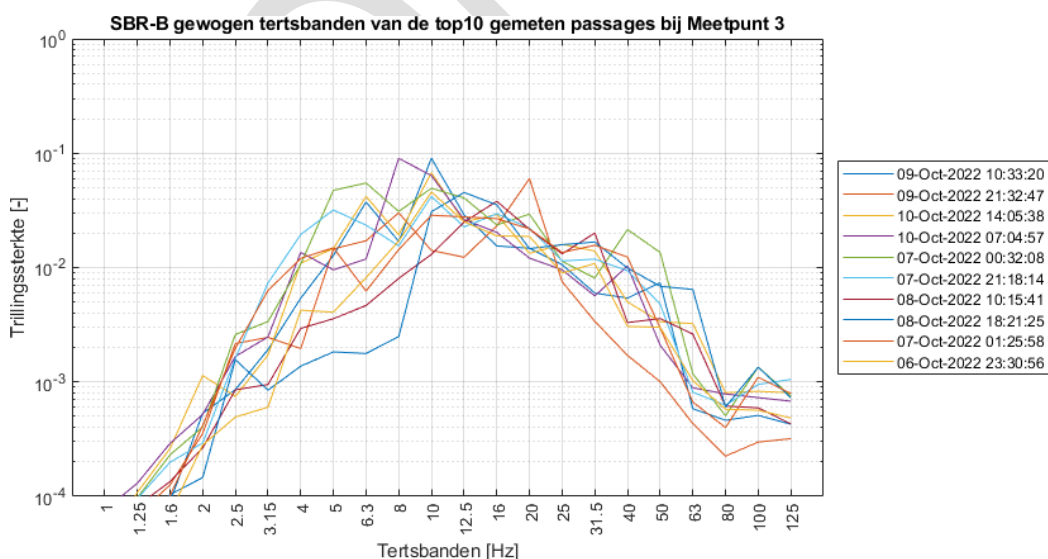
$V_{\max}$	de volgens SBR B gewogen maximale trillingssterkte
$V(f)_{\text{topmaaiveld}}$	de gemeten trillingssnelheid op maaiveld
$H(f)_{\text{fundering}}$	overdrachtsfactor voor de fundering
$H(f)_{\text{vloer}}$	overdrachtsfactor voor de vloer
$H(f)_{\text{afstand}}$	correctiefactor voor het verschil in afstand tussen meetpunt en nieuwbouw tot het spoor
$H(v)_{\text{SBRB}}$	weging van de trillingssnelheid volgens SBR B

Alle berekeningen zijn spectraal uitgevoerd in het frequentiebereik tussen 1 en 125 Hz in tertsbanden. Voor $V(f)_{\text{topmaaiveld}}$ is uitgegaan van een max-hold spectrum. De weging volgens $H(v)_{\text{SBRB}}$ is toegepast op $V(f)_{\text{topmaaiveld}}$. De prognose is opgesteld per meetpunt. Een berekend verschil in $V_{\max}$ van 0,05 is niet significant. Daarvoor is de onzekerheid binnen de prognose te groot.

5.2 Invoergegevens

5.2.1 $V(f)_{\text{top,maaiveld}}$

Per meetpunt zijn alle treinpassages spectraal vergeleken, waarna de prognose op basis van deze passages is opgesteld. Figuur 5.1 geeft een voorbeeld van de top tien spectra die voor meetpunt 3 zijn bepaald. Deze spectra zijn gewogen volgens de SBR-B en zijn weergegeven in de vorm van een max-hold tertsbandspectrum. De top tien spectra van de overige vier meetpunten 2 t/m 6 zijn te vinden in bijlage I-2.

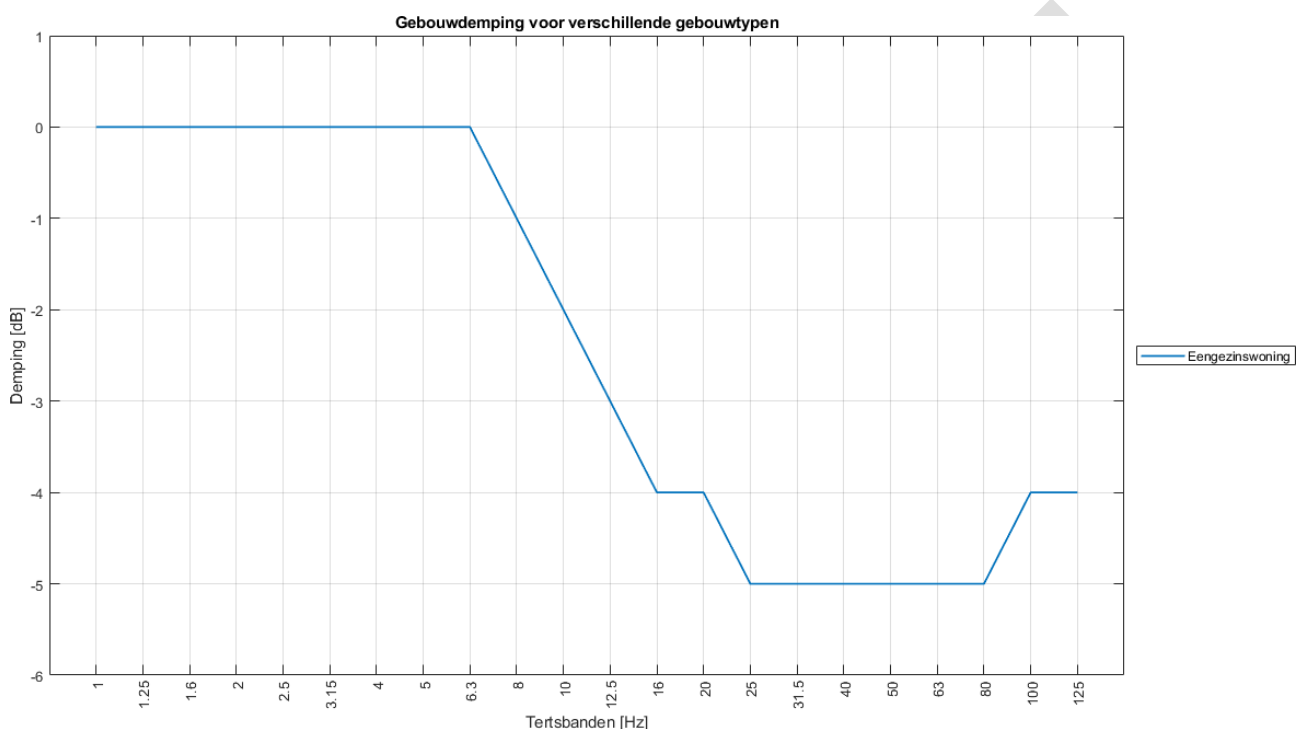


Figuur 5.1: SBR-B gewogen tertsbanden van de top 10 gemeten passages bij meetpunt 3

Uit figuur 5.1 blijkt dat de 10 Hz tertsbands maatgevend is in het spectrum voor meetpunt 3.

5.2.2 $H(f)$ fundering

Voor de overdracht van de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering van de woning, is uitgegaan van een eengezinswoning. Op basis van literatuurgegevens is uitgegaan van de in figuur 5.2 getoonde overdrachtsfactoren in dB voor de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering.



Figuur 5.2: Gebouwdemping toegepast in het prognosemodel voor een eengezinswoning

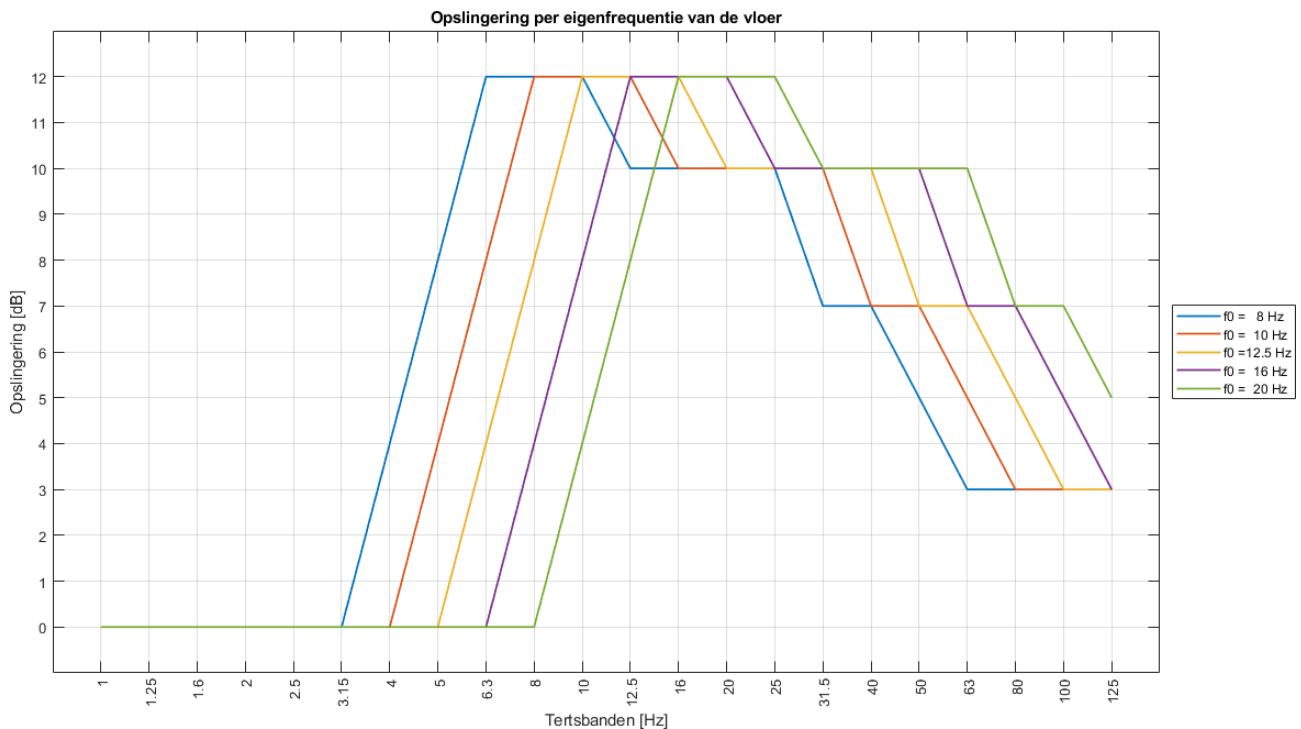
Een waarde van 0 wil zeggen dat er geen verzwakking optreedt. Een negatieve waarde betekent een reductie van de trillingen. Voor de laagste frequenties vanaf de 1 tot 8 Hz tertsbands heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 5 dB, iets minder dan een factor 2.

5.2.3 $H(f)_{\text{vloer}}$

Omdat de vloeren van de woningen in het bouwplan nog geen vastgestelde dimensies hebben, is gerekend met eigenfrequenties van de vloer die vaak voorkomen in dit type woningen. Deze eigenfrequenties liggen tussen de 8 en 20 Hz tertsbands.

Op basis van deze eigenfrequenties is rekening gehouden met mogelijke resonantie van de vloer waardoor versterking van de trillingen optreedt. Figuur 5.3 toont de overdrachtsfactoren. Een waarde groter dan 0 dB geeft aan dat de vloer voor die frequenties extra trillingen veroorzaakt als gevolg van resonantie waardoor de trillingssterkte toeneemt. Er is rekening gehouden met de onzekerheid van de gekozen eigenfrequenties in het empirisch model, waarbij een spreiding in de eigenfrequentie op kan treden. Daarom is steeds een

bandbreedte aangehouden waarbinnen de resonantie optreedt. De prognose is daarom niet gevoelig voor kleine veranderingen in de eigenfrequentie.



Figuur 5.3: Opsloring per eigenfrequentie van de vloer (8 t/m 20 Hz)

5.2.4 H(f)afstand

De meetpunten zijn gekozen ter plaatse van de toekomstige gebouwen. Daarom is geen afstandscorrectie nodig en bedraagt de factor $H(f)_{\text{afstand}}$ 1.

5.2.5 Resultaat prognose

De geprognosticeerde trillingssterkte V_{max} is berekend door het gemeten max-hold spectrum (figuur 5.1) te vermenigvuldigen met het overdrachtsspectrum voor de fundering (figuur 5.2) en het overdrachtsspectrum voor de invloed van de vloer (figuur 5.3). Het overdrachtsspectrum voor de fundering zorgt, afhankelijk van de frequentie, voor een reductie van de trillingssterkte terwijl het overdrachtsspectrum voor de vloer, afhankelijk van de frequentie, voor een versterking zorgt. Het berekende eindspectrum in tertsbanden is opgeteld tot één totaalwaarde, de V_{max} .

Per meetpunt is voor alle treinpassages en de gekozen eigenfrequenties van de vloer een prognose opgesteld. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in tabel 5.1. De trillingssterkte V_{max} is weergegeven voor de eigenfrequenties die het meest gunstige beeld geven (best case, laagste trillingssterkte) en het meest ongunstige beeld (worst case, hoogste trillingssterkte) voor de dag-, avond- en nachtperiode.

Tabel 5.1: Prognoseresultaten van $V_{\max}$ in geval van het best case eigenfrequentie (links) en worst case (rechts)

	$V_{\max}$ best case eigenfrequentie				$V_{\max}$ worst case eigenfrequentie			
	f_0	Nacht	Dag	Avond	f_0	Nacht	Dag	Avond
Meetpunt 2	8	0,36	0,38	0,36	12,5	0,43	0,46	0,45
Meetpunt 3	20	0,16	0,16	0,15	10	0,28	0,37	0,25
Meetpunt 5	12,5	0,18	0,20	0,21	8	0,25	0,28	0,23
Meetpunt 6	20	0,09	0,09	0,07	8	0,23	0,20	0,19

Uit tabel 5.1 blijkt dat de trillingssterkte bij meetpunt 2 het hoogst is, met 0,46 bij een eigenfrequentie van de vloer van 12,5 Hz (worst case) en 0,38 bij een eigenfrequentie van de vloer van 8 Hz (best case). Bij meetpunt 3 is de maximale trillingssterkte wat lager met in het worst case scenario een $V_{\max}$ van 0,37 (bij 10 Hz) en in het best case scenario een $V_{\max}$ van 0,16 (bij 20 Hz). Hoewel meetpunt 5 op een vergelijkbare afstand tot het spoor ligt als meetpunt 2 en 3 is de $V_{\max}$ in het worst case scenario lager met 0,28 bij 8 Hz. In het geval van het best case scenario bedraagt $V_{\max}$ 0,20 bij 12,5 Hz. Het meetpunt het verst van het spoor, meetpunt 6, heeft weer lagere trillingssterkten, met in het worst case scenario een $V_{\max}$ van 0,23 bij 8 Hz en in geval van het best case scenario een $V_{\max}$ van 0,09 bij 20 Hz. Een overzicht van de $V_{\max}$ waarden voor alle meetpunten is te zien in figuur 5.4.



Figuur 5.4: Overzicht geprognoseerde maximale trillingssterkten $V_{\max}$ voor alle meetpunten

5.3 Beoordeling $V_{\max}$

De eerste beoordeling van de trillingssterkte $V_{\max}$ vindt plaats op basis van de bovenste streefwaarde namelijk A_2 . Als deze waarde wordt overschreden is een verdere beoordeling niet nodig omdat er dan niet wordt voldaan

aan de streefwaarden uit SBR-B. A_2 voor nieuwbouwwoningen bedraagt 0,2 in de nachtperiode en 0,4 in de dag- en avondperiode.

In tabel 5.2 zijn de prognoseresultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer (zie tabel 5.1). De trillingssterkten $V_{\max}$ in de oranje gekleurde vakken voldoen niet aan de streefwaarde A_2 (0,4 voor de dag- en avondperiode, 0,2 voor de nachtperiode), de trillingssterkten $V_{\max}$ in de geel gekleurde vakken voldoen wél aan de streefwaarde A_2 maar niet aan de streefwaarde A_1 (0,1 voor alle perioden).

Tabel 5.2: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer (worst case)

	$V_{\max}$ worst case eigenfrequentie					
	A2 Nacht	$V_{\max}$ Nacht	A2 Dag	$V_{\max}$ Dag	A2 Avond	$V_{\max}$ Avond
Meetpunt 2	0,2	0,43	0,4	0,46	0,4	0,45
Meetpunt 3	0,2	0,28	0,4	0,37	0,4	0,25
Meetpunt 5	0,2	0,25	0,4	0,28	0,4	0,23
Meetpunt 6	0,2	0,23	0,4	0,20	0,4	0,19

Uit tabel 5.2 blijkt dat voor alle meetpunten de geprognosticeerde maximale trillingssterkte $V_{\max}$ niet voldoet aan de streefwaarde A_2 van de nachtperiode (0,2). Bij meetpunt 2 voldoet $V_{\max}$ in geen van de perioden dag, avond of nacht. Bij meetpunt 3, 5 en 6 voldoet de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ wel aan de streefwaarde A_2 voor de dag- en avondperioden.

In tabel 5.3 zijn de prognoseresultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer (zie tabel 5.1). De trillingssterkten $V_{\max}$ in de oranje gekleurde vakken voldoen niet aan de streefwaarde A_2 . Als het vak geel is gekleurd voldoet $V_{\max}$ wel aan de streefwaarde A_2 (0,4 voor de dag- en avondperiode, 0,2 voor de nachtperiode), maar niet aan de streefwaarde A_1 (0,1 voor alle perioden). In de groen gekleurde vakken voldoet de trillingssterkte aan de streefwaarde A_1 (0,1).

Tabel 5.3: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer (best case)

	$V_{\max}$ worst case eigenfrequentie					
	A2 Nacht	$V_{\max}$ Nacht	A2 Dag	$V_{\max}$ Dag	A2 Avond	$V_{\max}$ Avond
Meetpunt 2	0,2	0,36	0,4	0,38	0,4	0,36
Meetpunt 3	0,2	0,16	0,4	0,16	0,4	0,15
Meetpunt 5	0,2	0,18	0,4	0,20	0,4	0,21
Meetpunt 6	0,2	0,09	0,4	0,09	0,4	0,07

Uit tabel 5.3 blijkt dat alleen de geprognosticeerde maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in de nachtperiode bij meetpunt 2 niet voldoet aan de streefwaarde A_2 . Bij alle andere meetpunten voldoen alle trillingssterkten in alle perioden aan de streefwaarden A_2 .

Omdat voor sommige meetpunten $V_{\max}$ voldoet aan de streefwaarde A_2 , is voor deze meetpunten en perioden een beoordeling nodig van de onderste streefwaarde A_1 (0,1). In de best case scenario voldoet alleen de $V_{\max}$ berekend voor meetpunt 6 aan de streefwaarde A_1 . Dat betekent voor meetpunt 6 dat de kans op trillingshinder in de toekomstige woning zeer klein is. Voor de overige meetpunten en perioden waarin $V_{\max}$ voldoet aan de

streefwaarde A_2 maar niet aan de streefwaarde A_1 , is een aanvullende beoordeling nodig van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} .

5.4 Beoordeling V_{per}

De gemiddelde trillingssterkte V_{per} is berekend voor de dag-, avond- en nachtperiode voor het meest gunstige scenario van de vloereigenfrequentie (zie tabel 5.1). Voor de volledigheid is de berekening en beoordeling voor de meetpunten 2, 3 en 5 en voor alle perioden uitgevoerd. Een toetsing van meetpunt 6 is niet nodig omdat daar wordt voldaan aan de onderste streefwaarde A_1 . Bij de berekening van V_{per} zijn conform SBR-B alleen die passages meegenomen met een geprognosticeerde $v_{eff,max}$ van 0,1 of hoger. De waarden voor V_{per} zijn per periode opgenomen in tabel 5.4. De waarden die niet beoordeeld hoeven worden omdat daar niet wordt voldaan aan de streefwaarde A_2 , hebben een grijze kleur.

Tabel 5.4: Beoordeling V_{per} in geval van de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer

	V_{per} , best case eigenfrequentie					
	A3 Nacht	V_{per} Nacht	A3 Dag	V_{per} Dag	A3 Avond	V_{per} Avond
Meetpunt 2	0,05	0,010	0,05	0,013	0,05	0,014
Meetpunt 3	0,05	0,008	0,05	0,006	0,05	0,008
Meetpunt 5	0,05	0,006	0,05	0,005	0,05	0,008

Uit tabel 5.4 blijkt dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet aan de streefwaarde A_3 bij meetpunt 2, 3 en 5 in de dag-, avond- en nachtperiode. Bij meetpunt 2 voldoet V_{per} ook in de nachtperiode aan de streefwaarde A_3 echter is de toetsing voor de nachtperiode niet nodig omdat daar niet wordt voldaan aan de streefwaarde A_2 voor V_{max} .

Dat betekent voor meetpunt 3, 4 (zie paragraaf 4.3 voor onderbouwing) en 5 de kans op trillingshinder als gevolg van passerende treinen in alle perioden klein wordt geacht. Voor meetpunt 2 geldt deze stelling alleen voor trillingshinder in de dag- en avondperiode. In de nachtperiode geldt voor meetpunt 2 dat de kans op trillingshinder groter is dan gewenst, zelfs in geval van een gunstige eigenfrequentie van de vloeren.

5.5 Beschouwing

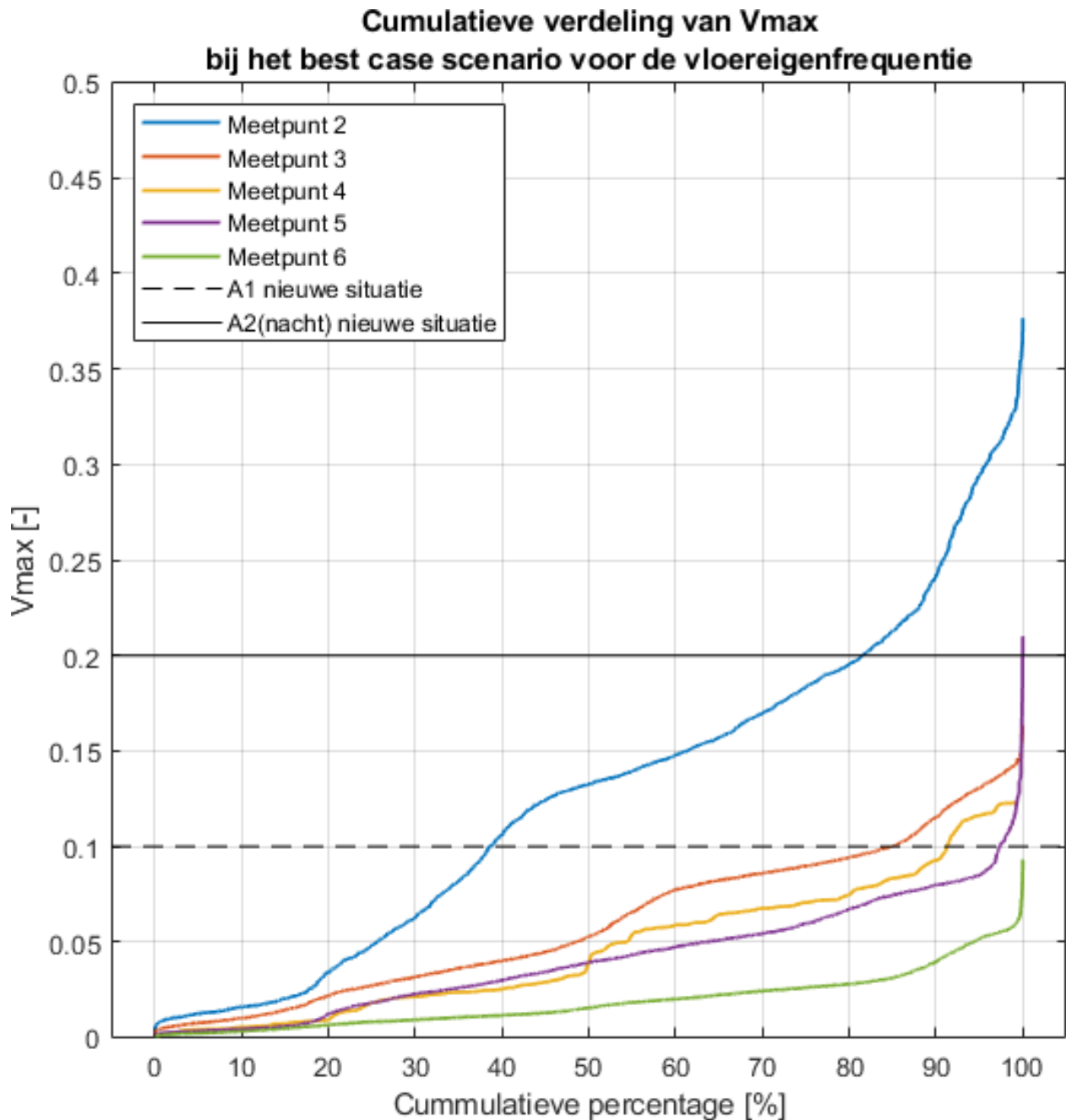
5.5.1 Conservatief model

Het is van belang om te beseffen dat het rekenmodel conservatief rekent en uitgaat van ongunstige situaties. Deze wijze van rekenen past bij de bepaling van een maximale waarde zoals V_{max} . Het rekenmodel is zo opgebouwd dat de kans groter is dat de werkelijke trillingssterkte na realisatie van het gebouw lager is dan de voorspelde trillingssterkte, dan dat de werkelijke trillingssterkte hoger is dan de voorspelde trillingssterkte.

5.5.2 Aantal overschrijdingen per week en per etmaal

Het is ook belangrijk om te beseffen dat niet elke treinpassage zal zorgen voor de berekende overschrijdingen. De prognose is beoordeeld op basis van de V_{max} over een meetperiode van een week. Figuur 5.4 toont de verdeling van de geprognosticeerde v_{max} voor alle meetpunten over de meetperiode van één week op basis van de best case (dus met een gunstige eigenfrequentie van de vloer). De streefwaarde A_2 in de nacht is aangegeven met een doorgetrokken zwarte lijn. De streefwaarde A_1 is aangegeven met een stippellijn.

Overschrijding van de streefwaarde A_1 is acceptabel als $V_{\max}$ voldoet aan A_2 en de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet aan de streefwaarde A_3 .



Figuur 5.5: Cumulatieve verdeling van $v_{\text{eff,max}}$ bij het best case scenario voor de eigenfrequentie van de vloer

Uit figuur 5.4 blijkt dat bij meetpunt 2 in het geval van het best case scenario ongeveer 18% van het aantal treinpassages in de week, leidt tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode (0,2). Sommige van deze treinen rijden overdag en zullen dus niet leiden tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 voor de dagperiode (0,4). Op basis van de meetgegevens is aanvullend het gemiddeld aantal

overschrijdingen per etmaal berekend. Dit is voor meetpunt 2 in de nachtperiode gemiddeld 6 treinen per etmaal.

5.5.3 Keuze eigenfrequentie van de vloeren

De keuze van de eigenfrequenties van de vloeren is van belang voor de uiteindelijke trillingssterkte in beide woonblokken. Uit de meet- en rekenresultaten blijkt dat voor de woningen bij meetpunten 3 t/m 6 een eigenfrequentie met ordegrrootte 8 á 10 Hz ongunstig is omdat ook de aanstootfrequentie veel energie in deze frequenties bevat. Een eigenfrequentie hoger dan deze middenfrequenties is gunstiger. Bij meetpunt 2 is de aanstoting vooral in de 12,5 Hz tertsband aanwezig en is een lagere eigenfrequentie van 8 Hz gunstiger. Bij het ontwerp van de woningen dient dus rekening te worden gehouden met deze eigenfrequenties. Dat kan door de keuze van de vloerconstructie en de grootte van de overspanning. In het algemeen geldt dat een stijve vloerconstructie in combinatie met een kleine overspanning zorgt voor een hoge eigenfrequentie. Een grotere overspanning en een minder stijve vloerconstructie, zorgt voor een lage eigenfrequentie.

Ongeacht de uiteindelijke eigenfrequentie van de vloer, blijven overschrijdingen bestaan voor de geprognosticeerde trillingssterkte bij meetpunt 2 in de nachtperiode. Onderzoek naar aanvullende trillingsreducerende maatregelen is nodig om de trillingssterkte voor deze woning(en) verder te reduceren.

5.5.4 Trillingssterkte verder reduceren

De geprognosticeerde maximale trillingssterkte $V_{\max}$ bij meetpunt 2 in de nachtperiode bedraagt tussen de 0,36 en 0,43 afhankelijk van de eigenfrequentie van de vloer. Een reductie van ruim een factor twee is benodigd voor de trillingssterkte zodat deze voldoet aan de streefwaarde A_2 (0,2 voor de nachtperiode). Voor eengezinswoningen is het mogelijk de gebouwinvloed (damping door de fundering samen met de opslinging door de vloer) zo te reduceren dat dit in totaal niet meer is dan een factor 1. Dit is realiseerbaar door de wanden en vloeren zo te optimaliseren dat deze de trillingen minder (of niet) versterken. Op maaiveld is voor meetpunt 2 een $V_{\max}$ gemeten van 0,18 dus met deze optimalisatie zou de toekomstige trillingssterkte in de woningen voldoen. Om trillingsreducerende maatregelen verder te ontwerpen is onderzoek nodig in de vorm van een Eindig Elementen Methode berekening (EEM).

6 Conclusie

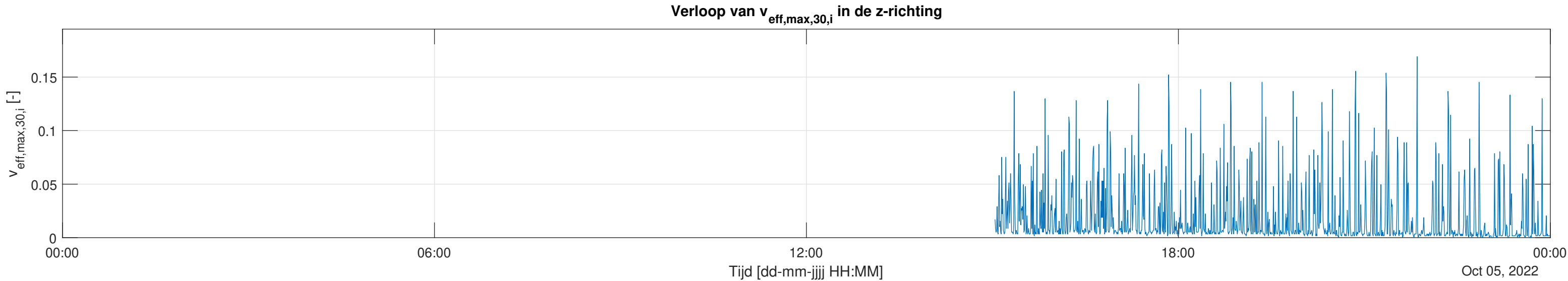
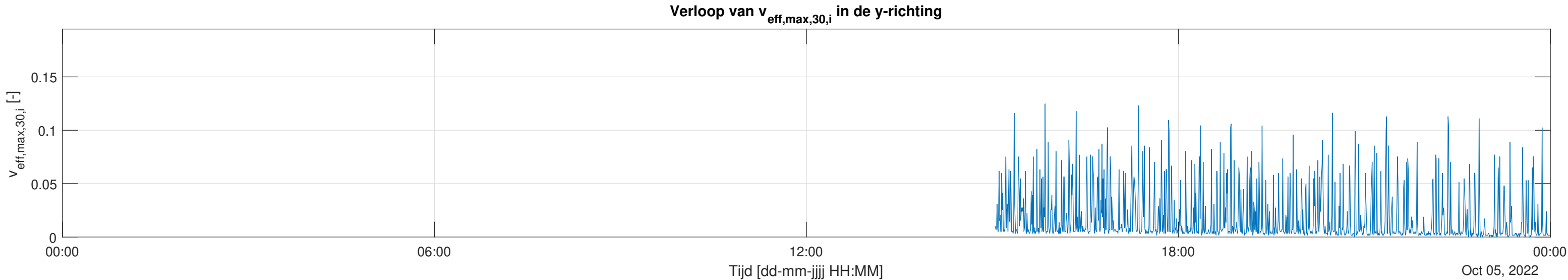
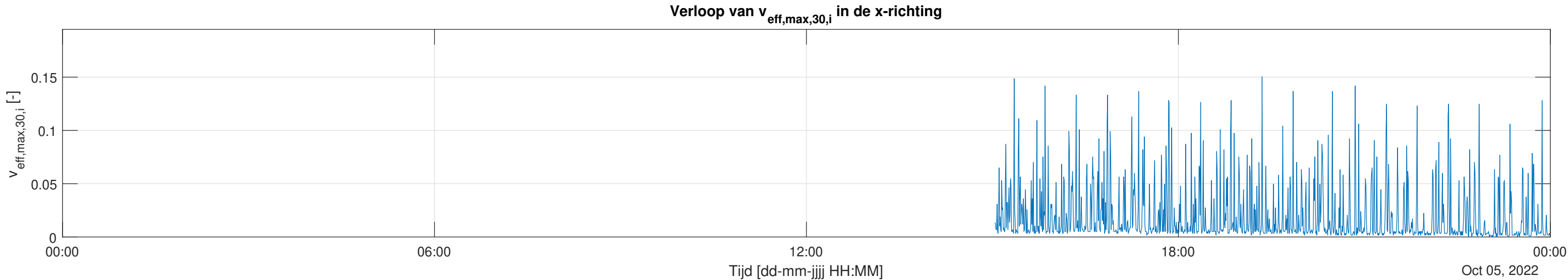
Het trillingsonderzoek dat is uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling van het woningbouwplan aan de Iep en de Spoorweglaan te Best, leidt tot de volgende conclusies:

1. De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer mogelijk is. Voor de rijtjeswoningen aan het noordzijde van het bouwplan (meetpunt 2 op 78 meter van het spoor), is de trillingssterkte het hoogst en bedraagt de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ 0,38 tot 0,46 afhankelijk van de eigenfrequentie van de vloer (8 Hz respectievelijk 12,5 Hz). In beide gevallen leidt dit tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 (0,2 in de nacht) uit SBR richtlijn deel B. Bij een gunstige eigenfrequentie van de vloer (8 Hz), blijft alleen een overschrijding bestaan in de nachtperiode van iets minder dan een factor twee.
2. Voor de tweekappers in het midden en het zuiden van het bouwplan is in het ongunstige scenario van de eigenfrequentie van de vloer alleen een overschrijding van de streefwaarde A_2 van de nachtperiode (0,2) uit SBR richtlijn deel B. Als er rekening wordt gehouden met een gunstige eigenfrequentie van de vloer voldoet de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in alle perioden aan de streefwaarden.
3. Als rekening wordt gehouden met een gunstige eigenfrequentie van de vloer, bedraagt de gemiddelde trillingssterkte V_{per} maximaal 0,014 en voldoet aan de streefwaarde A_3 (0,05) uit SBR richtlijn deel B.
4. Om te voldoen aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie (0,2), zijn dus trillingsreducerende maatregelen nodig voor alle woningen. Het gaat dan met name om het zorgen voor een zo gunstig mogelijke eigenfrequentie van de vloer, maar er kunnen ook aanvullende maatregelen nodig zijn. Bij het bouwkundig en constructief ontwerp van de woningen dient, ten behoeve van de omgevingsvergunning, dus rekening te worden gehouden met het integreren van trillingsreducerende maatregelen in het ontwerp. De verwachting is dat met de juiste maatregelen voldaan kan worden aan de streefwaarden voor trillingen in de nieuwe situatie.

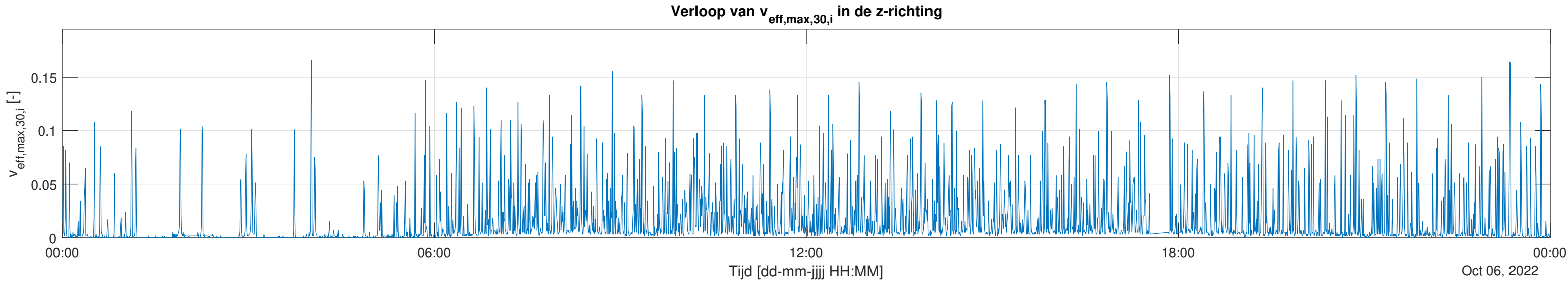
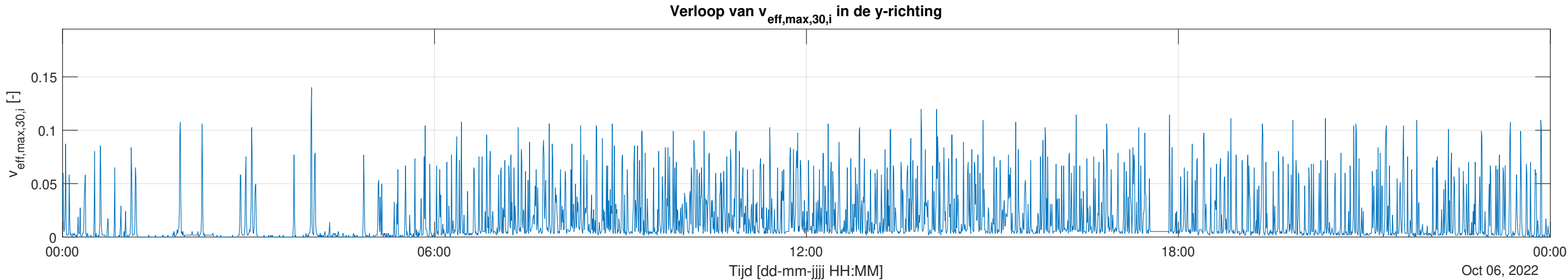
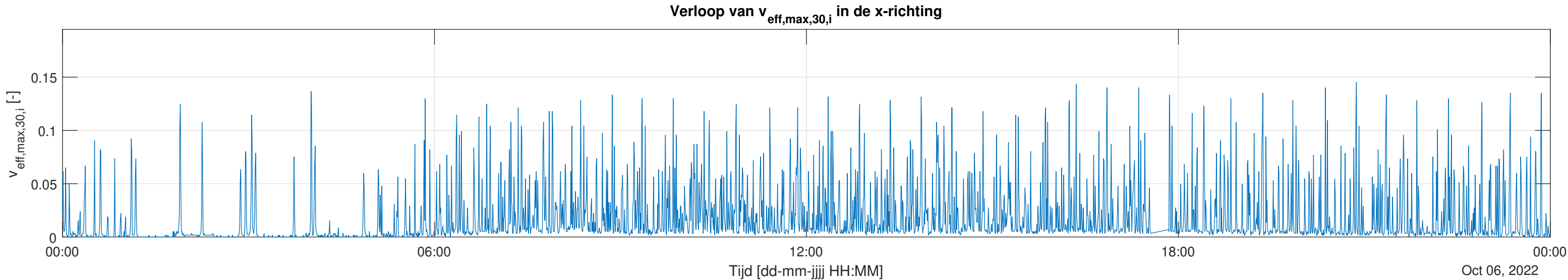
Cauberg Huygen B.V.

De heer C.J. Ostendorf
Senior adviseur

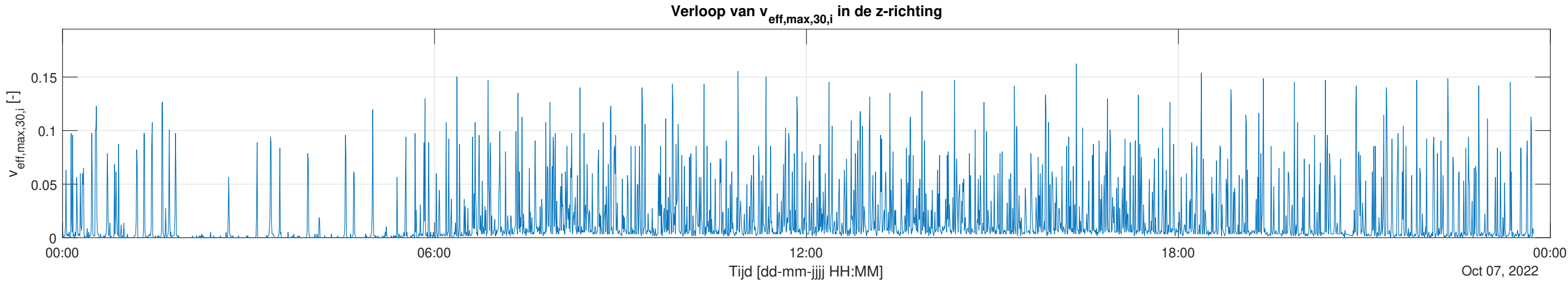
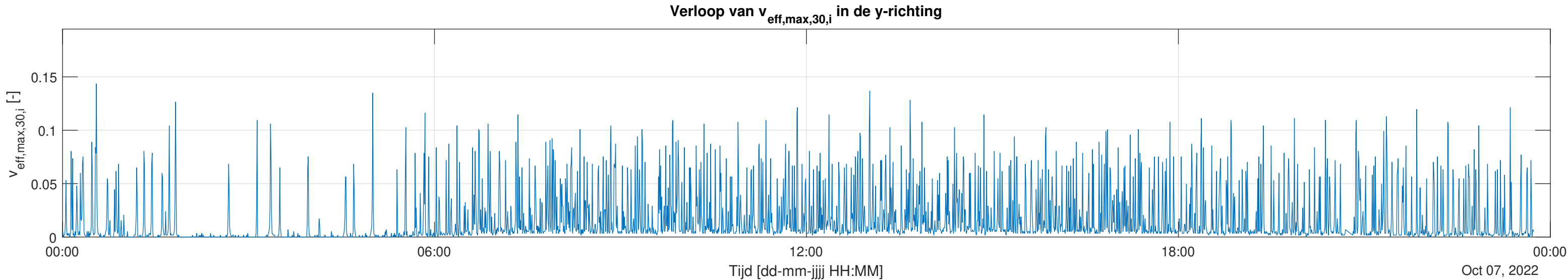
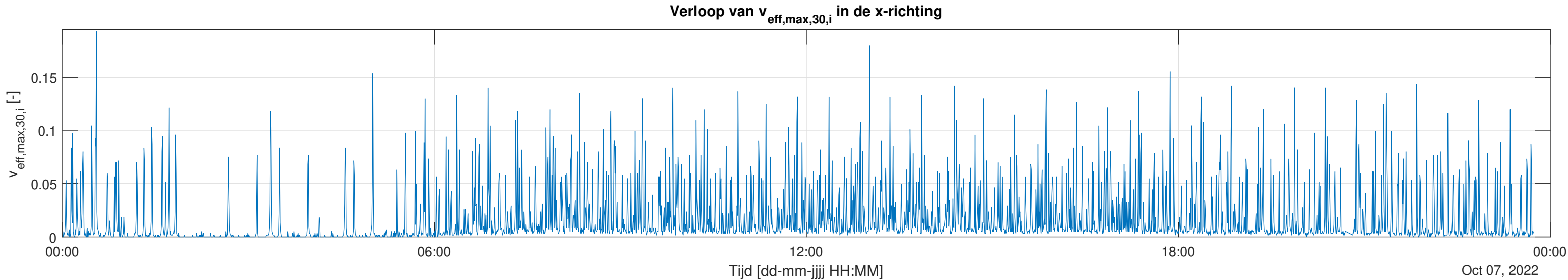
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 05-Oct-2022



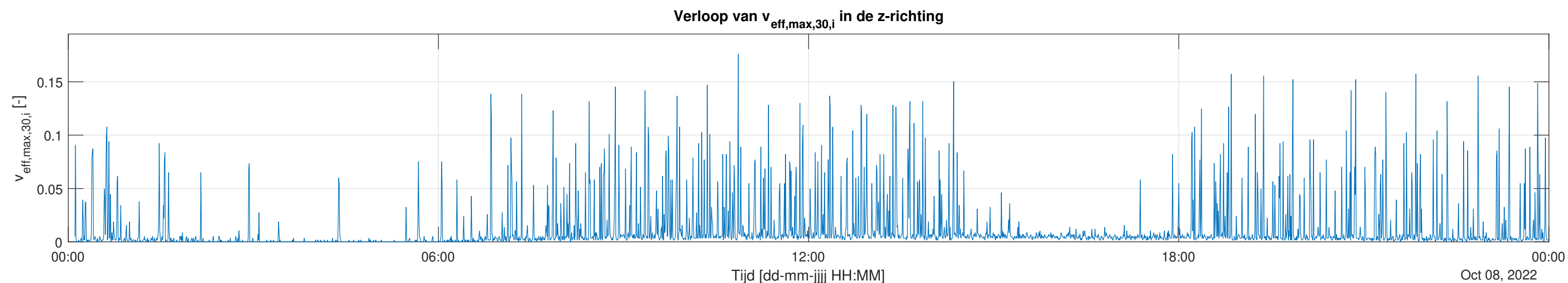
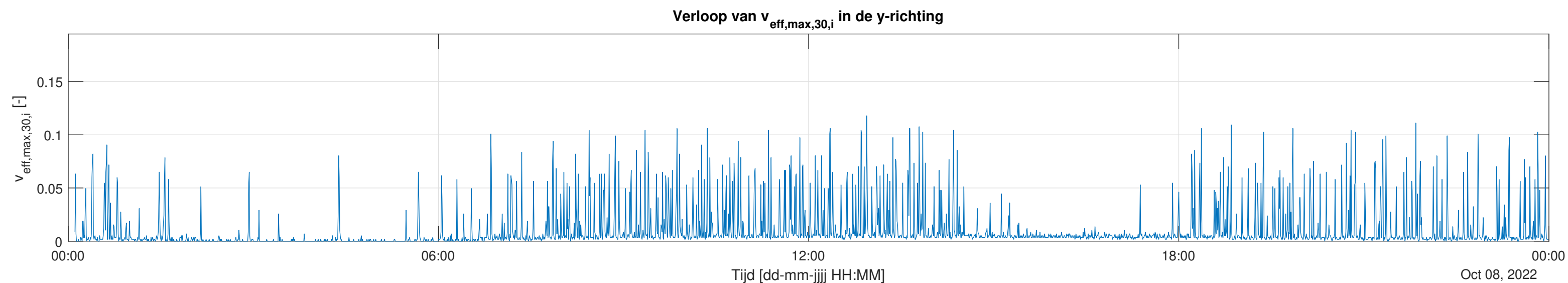
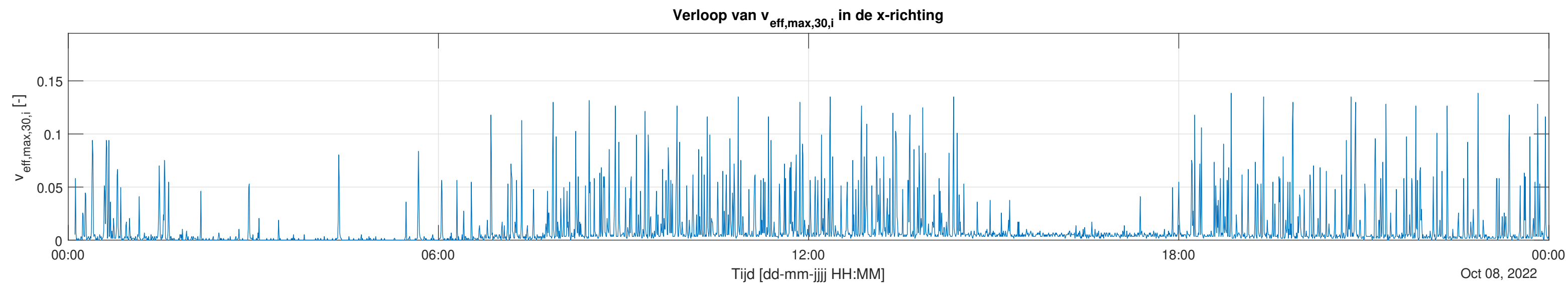
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 06-Oct-2022



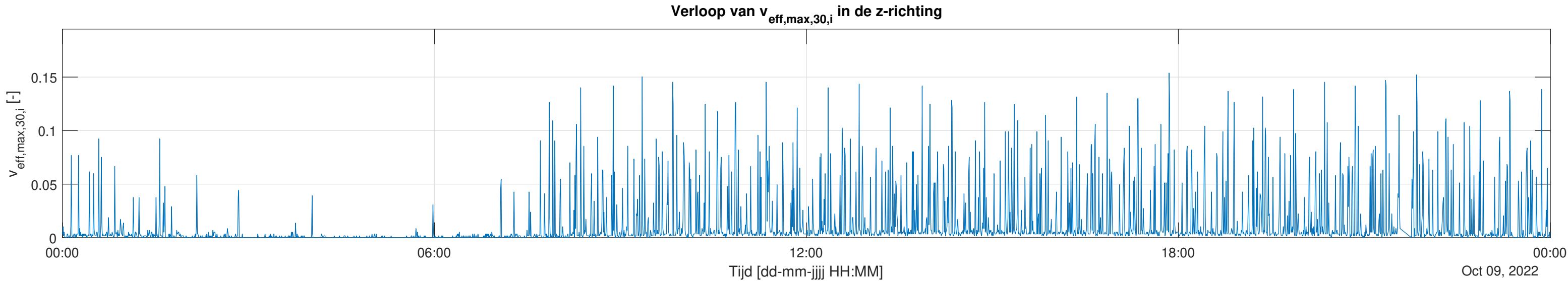
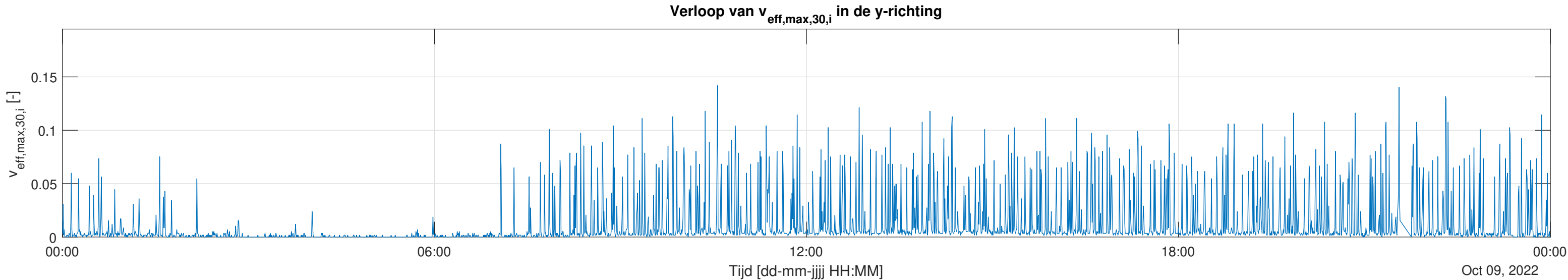
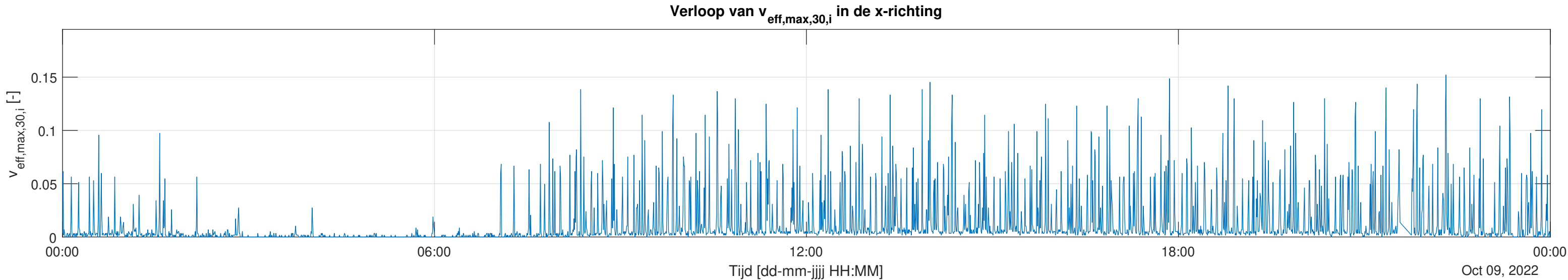
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 07-Oct-2022



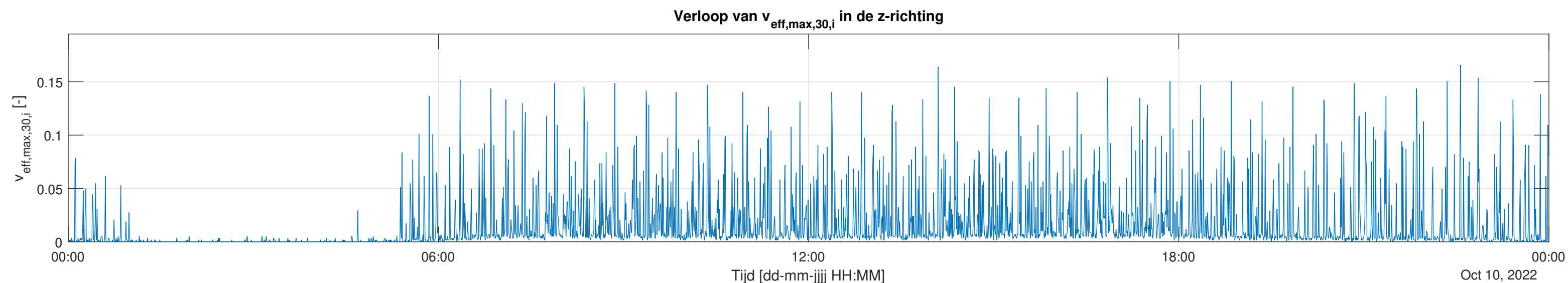
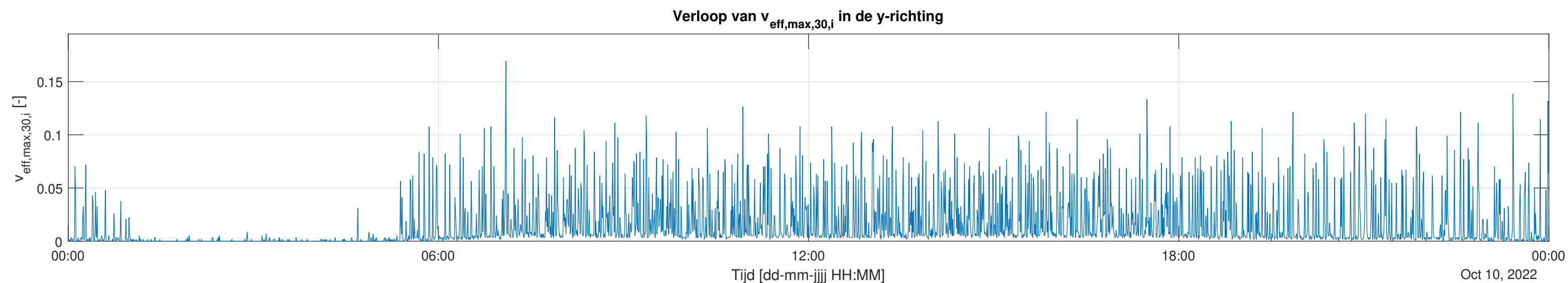
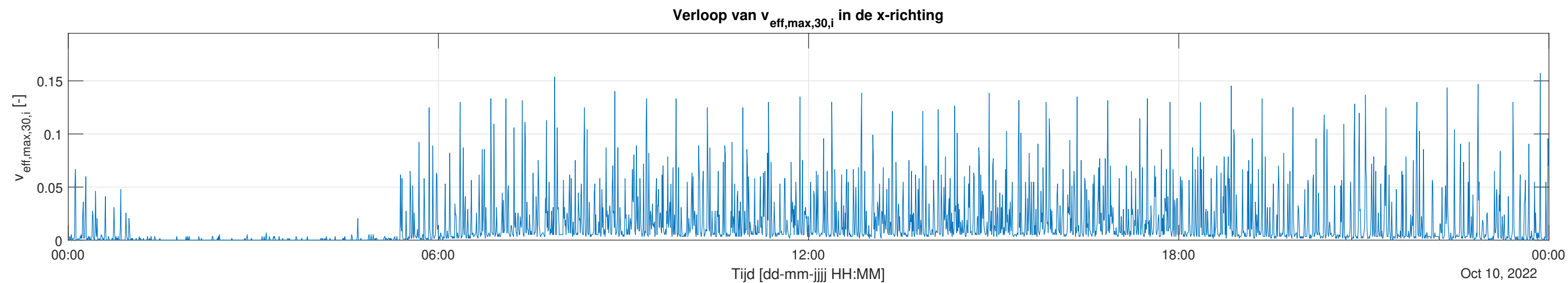
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 08-Oct-2022



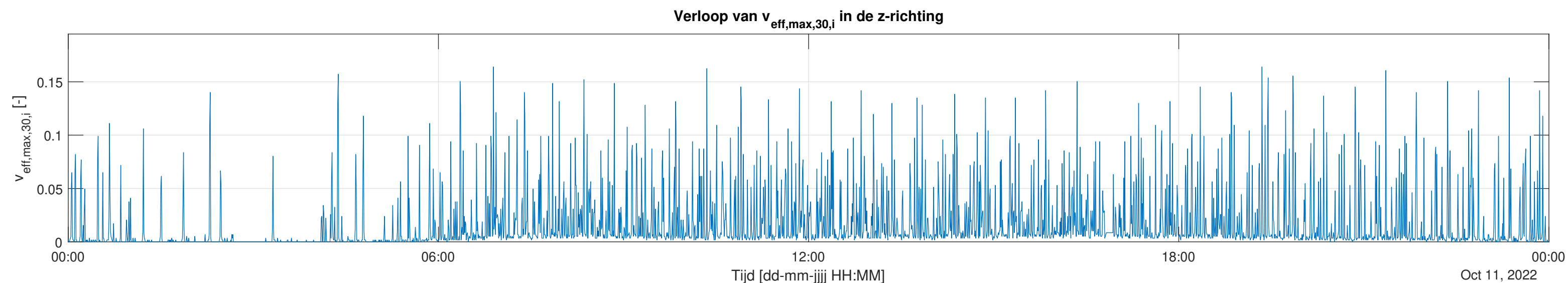
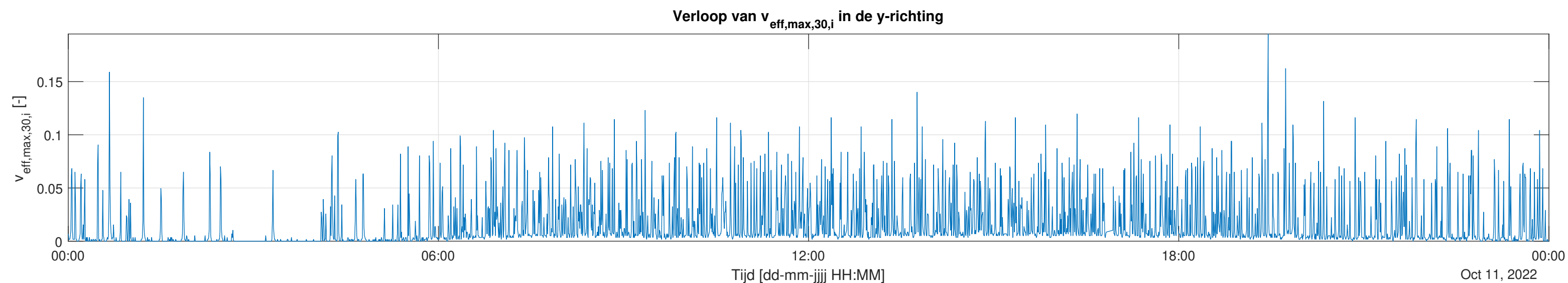
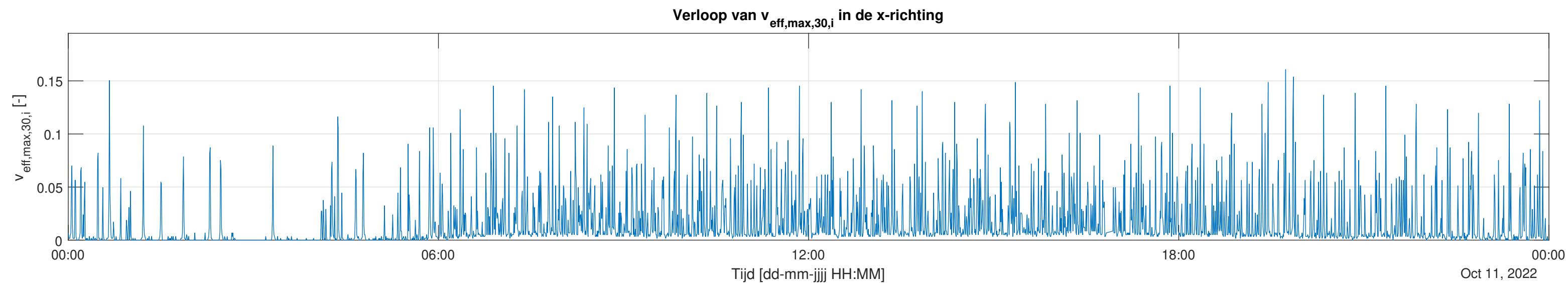
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 09-Oct-2022



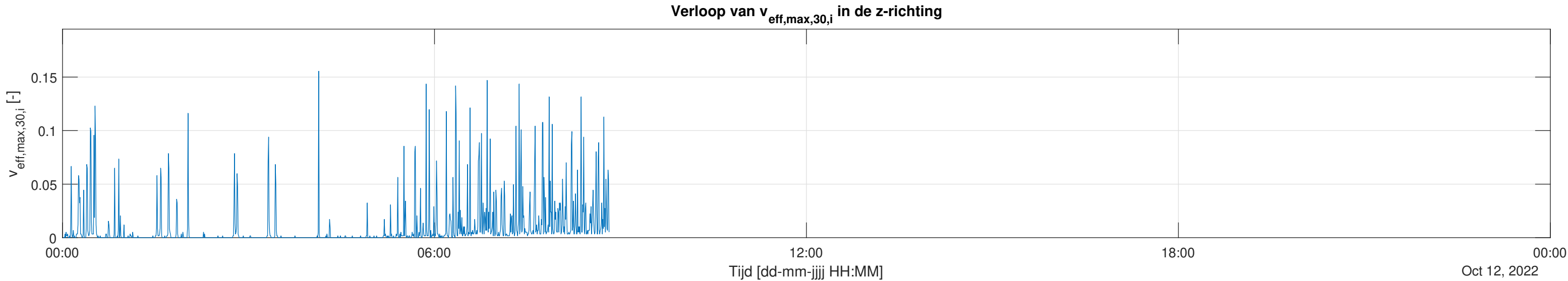
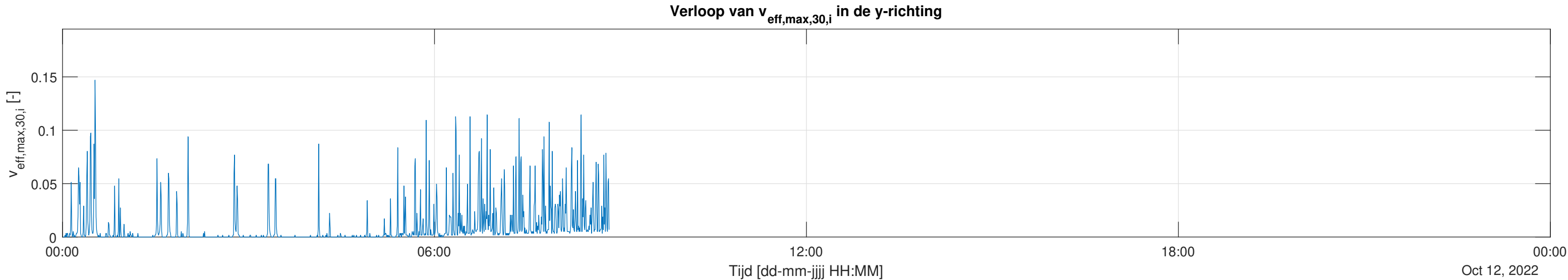
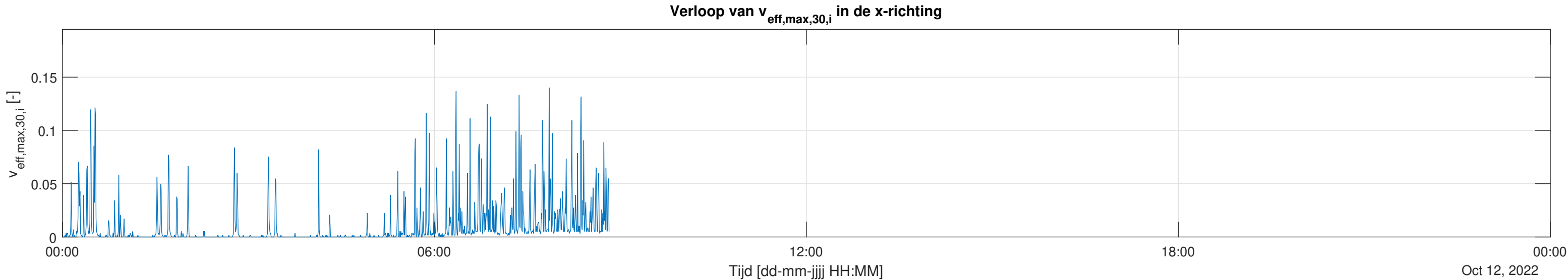
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 10-Oct-2022



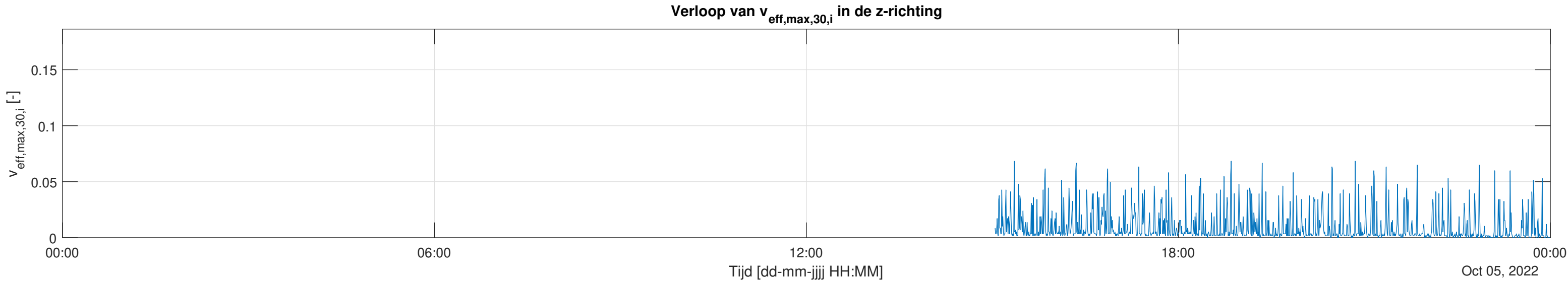
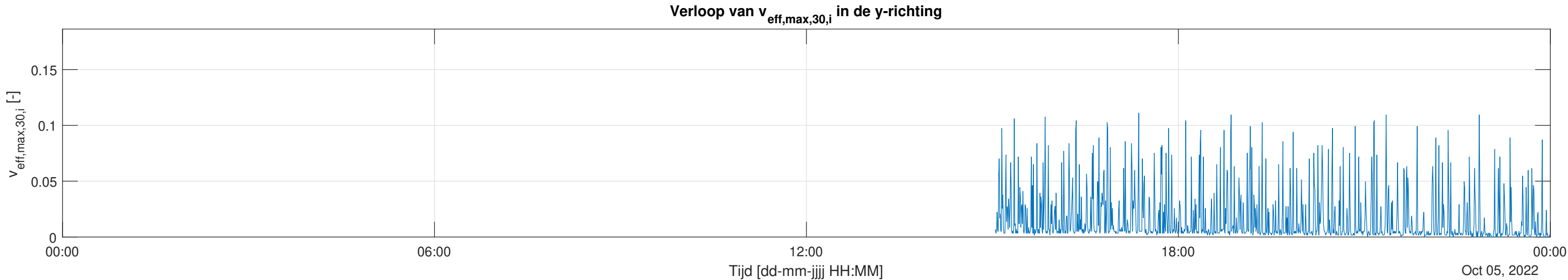
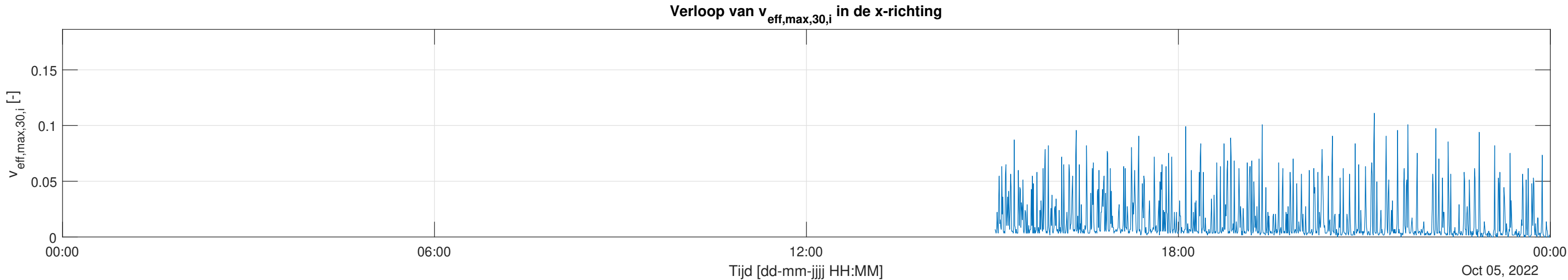
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 11-Oct-2022



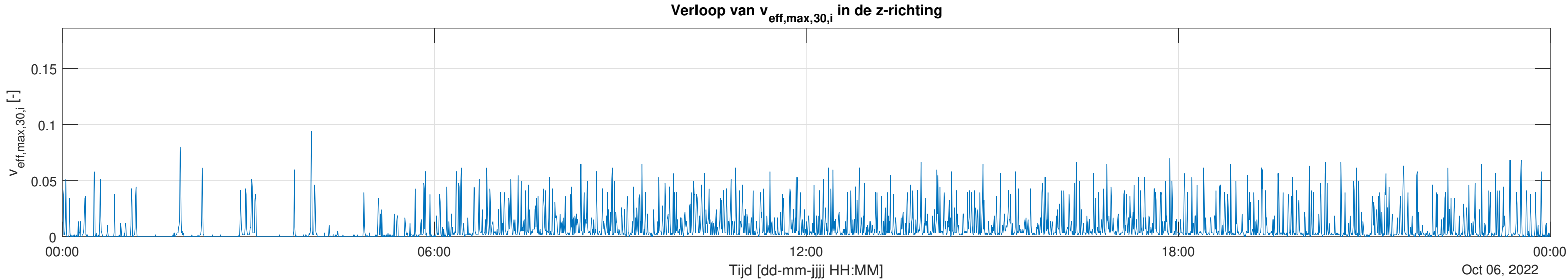
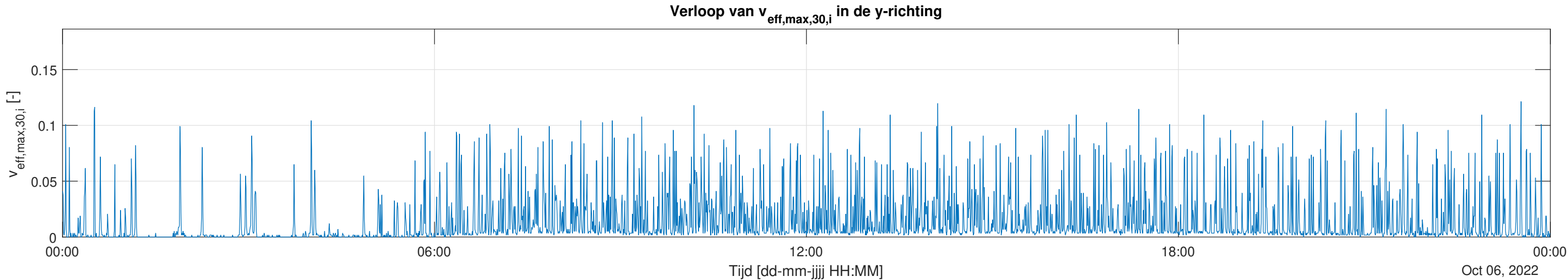
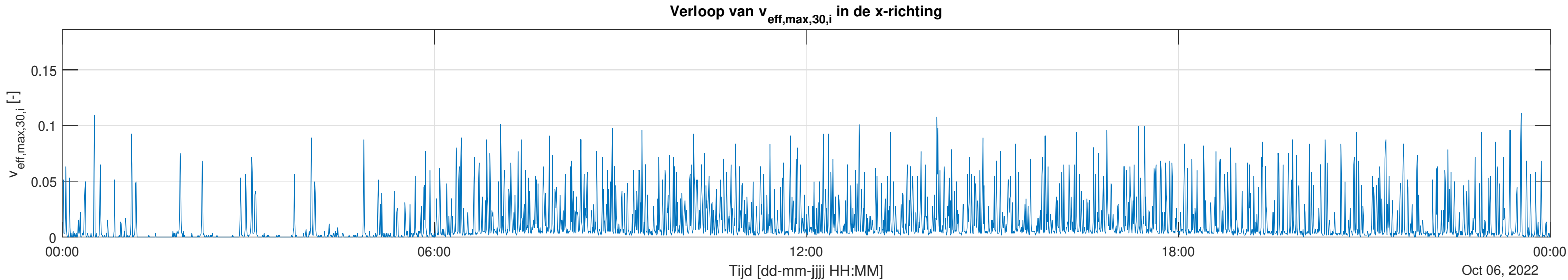
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 12-Oct-2022



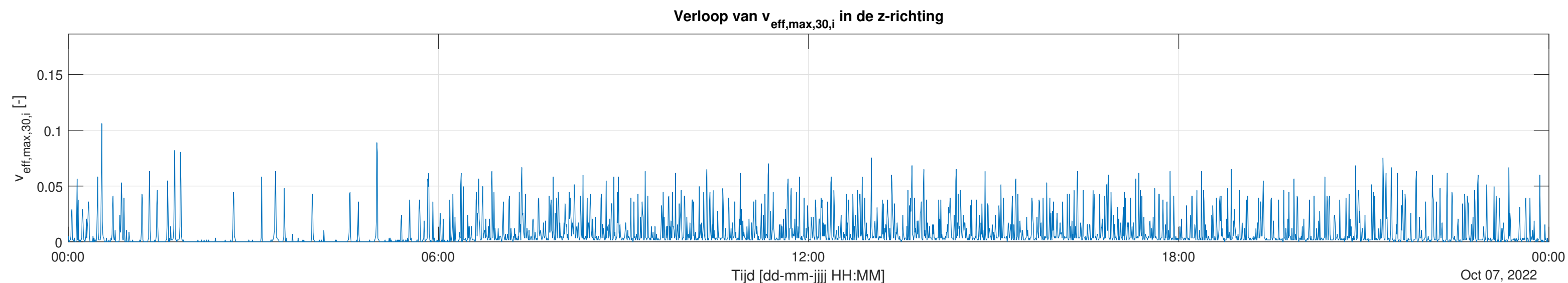
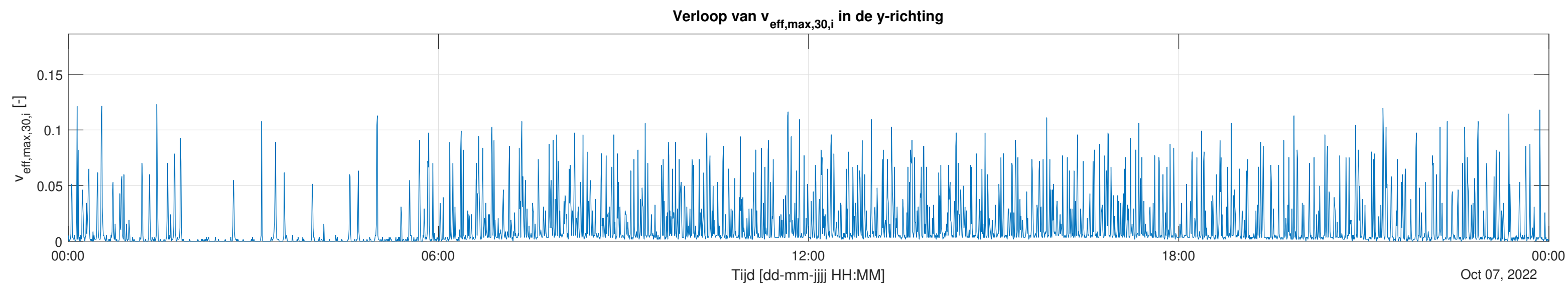
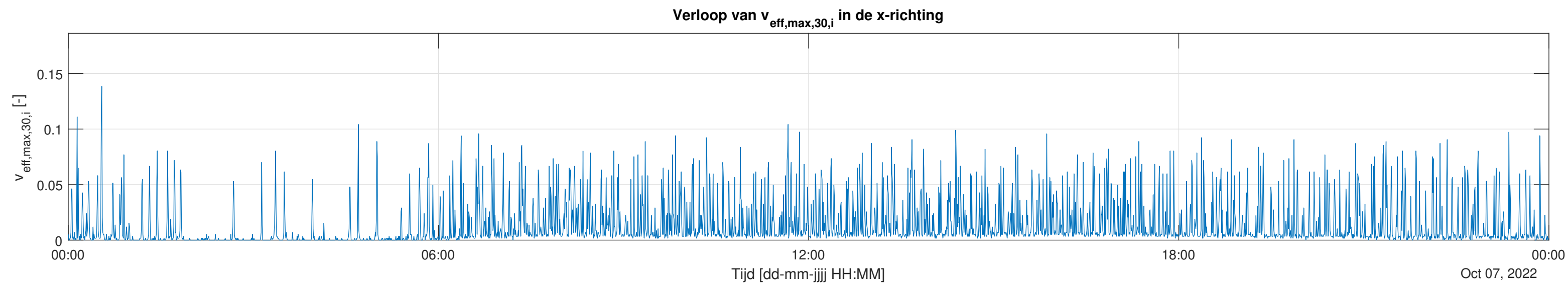
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 05-Oct-2022



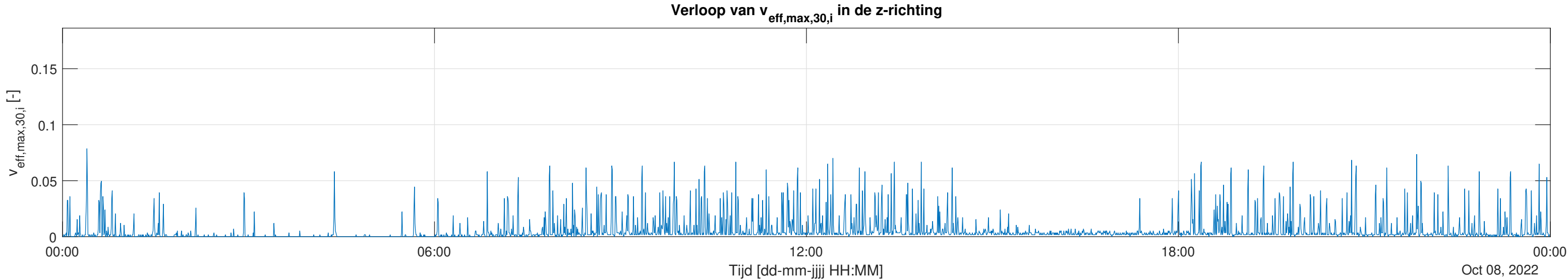
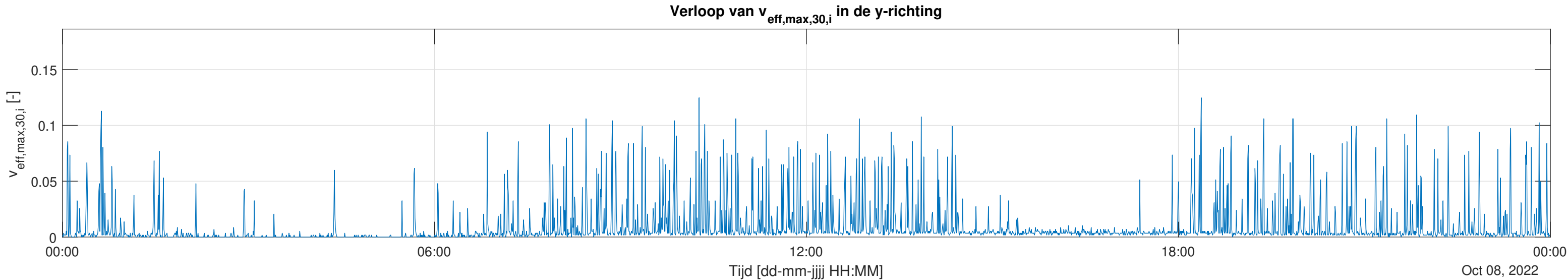
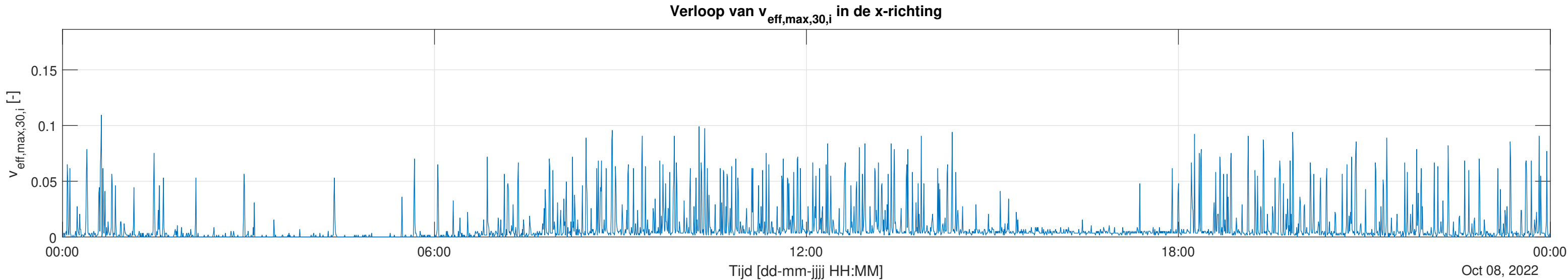
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 06-Oct-2022



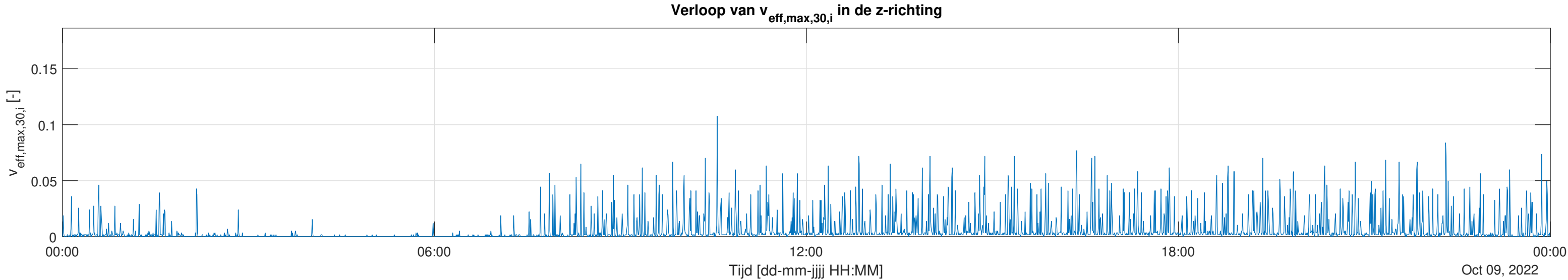
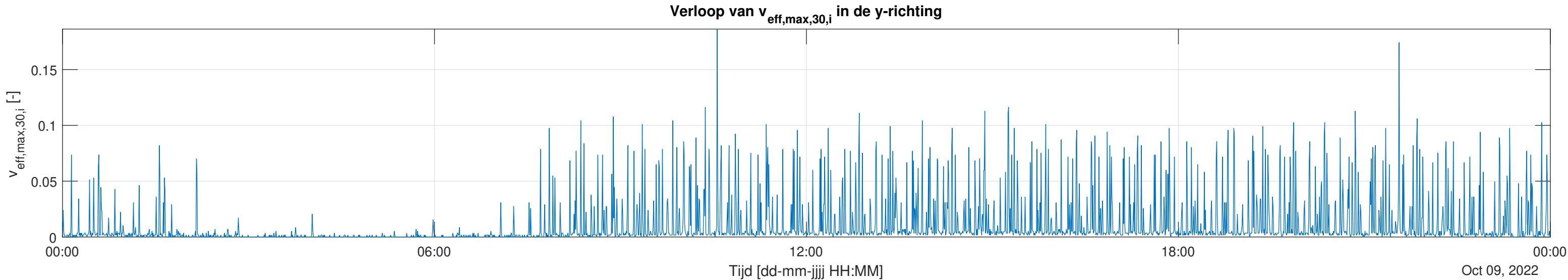
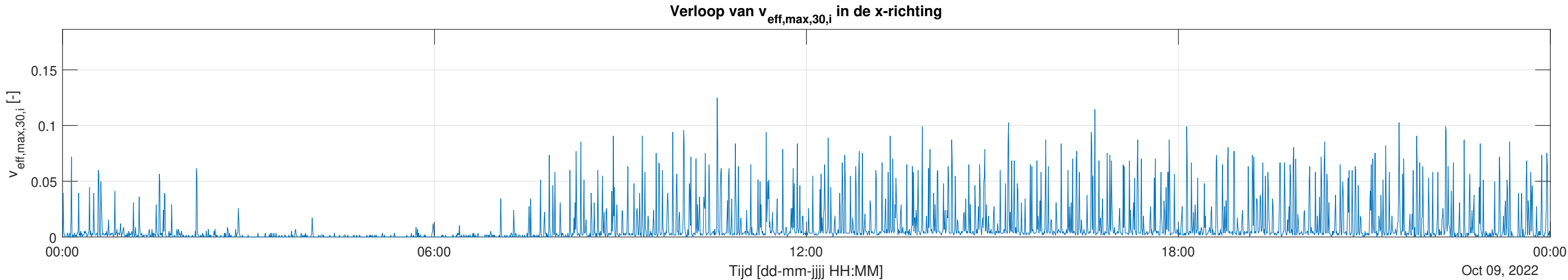
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 07-Oct-2022



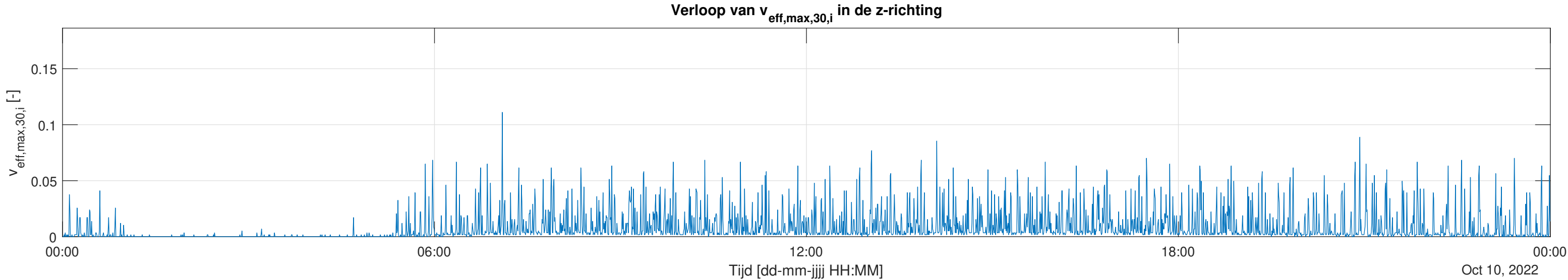
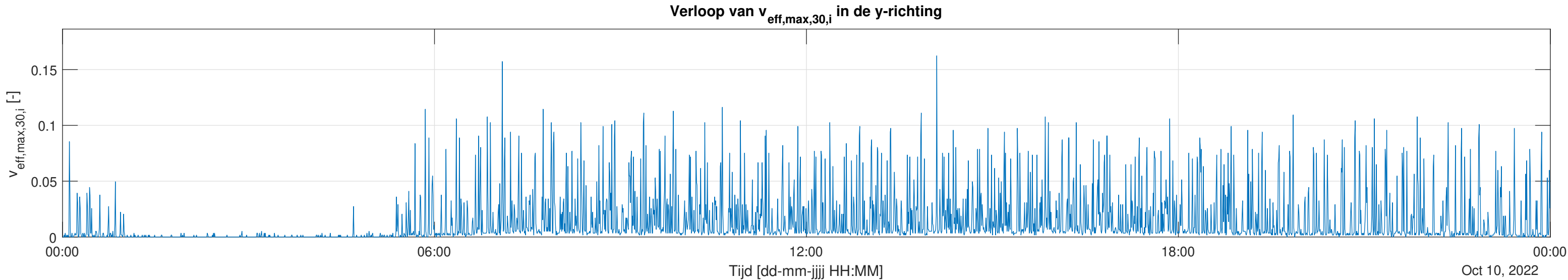
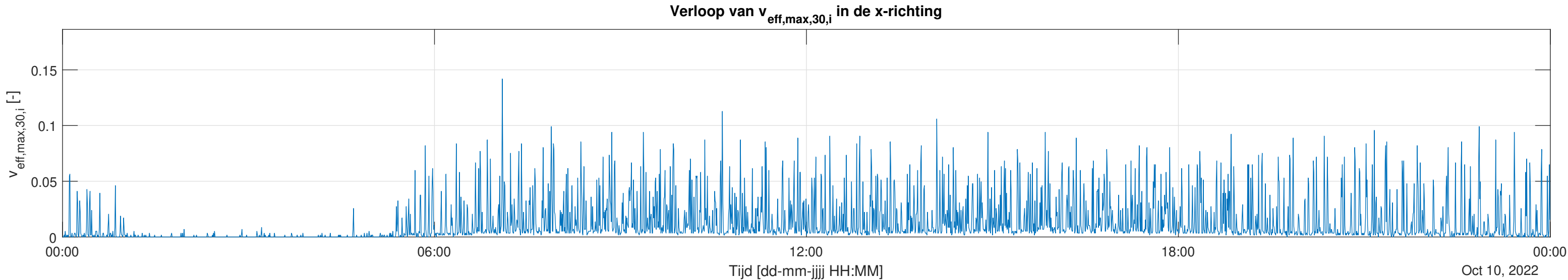
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 08-Oct-2022



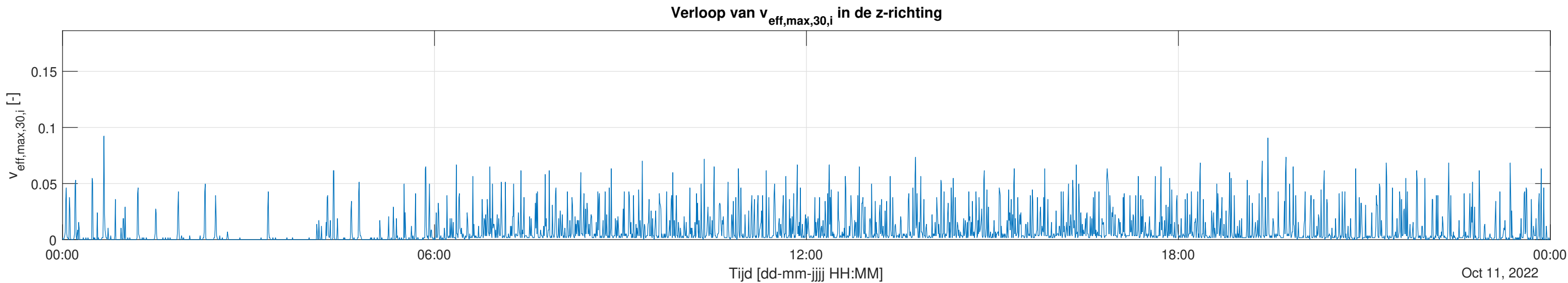
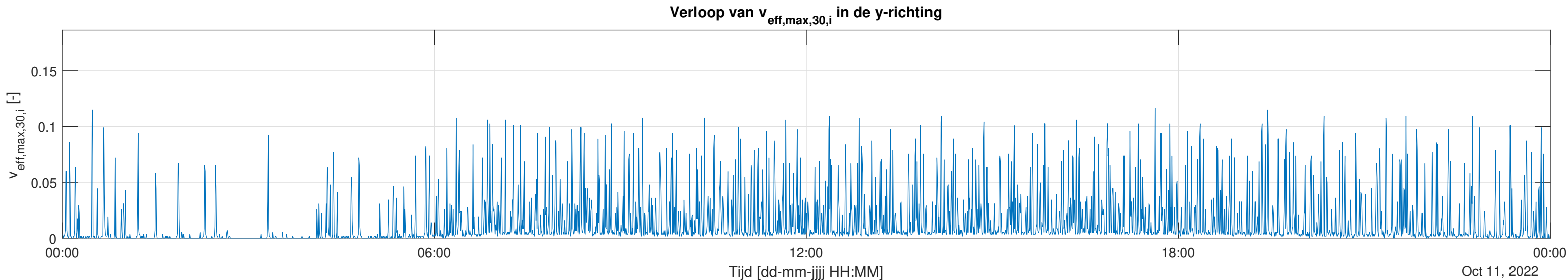
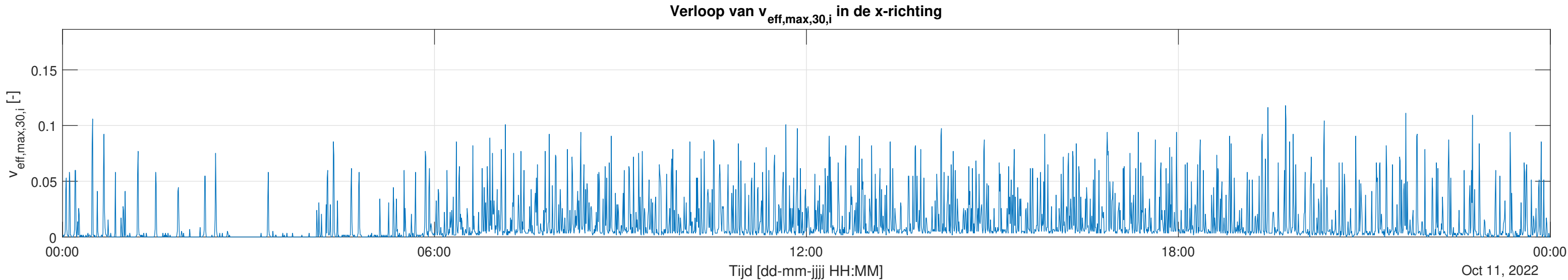
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 09-Oct-2022



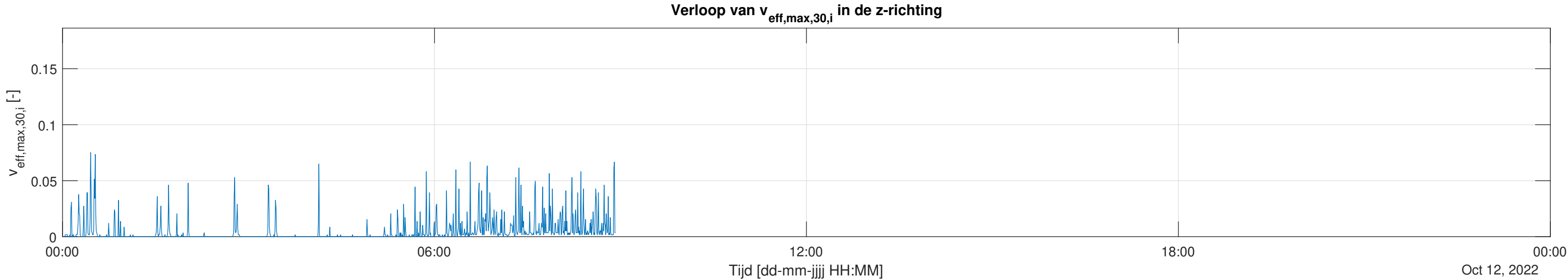
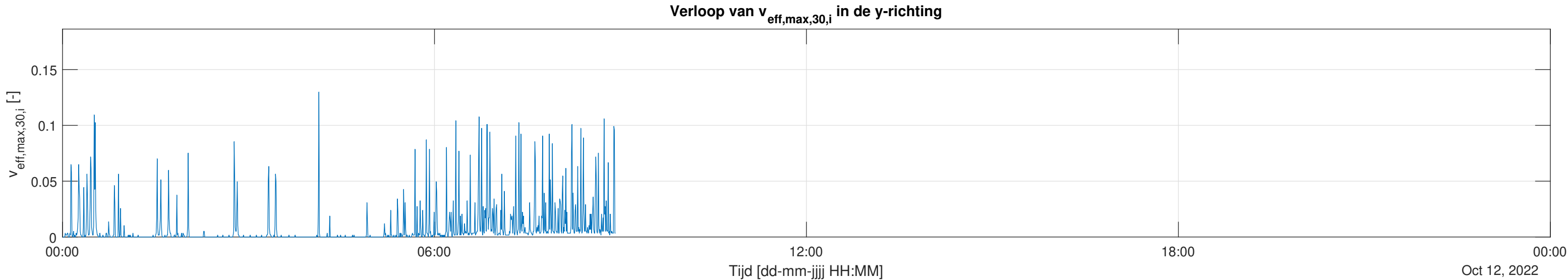
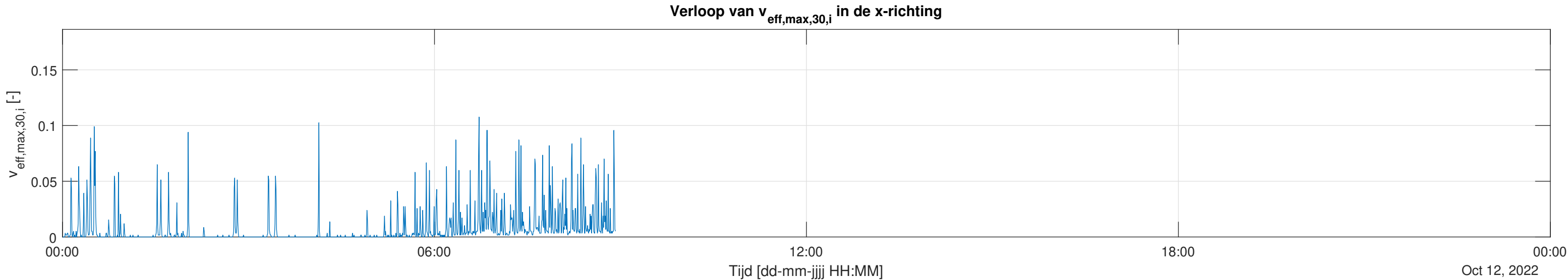
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 10-Oct-2022



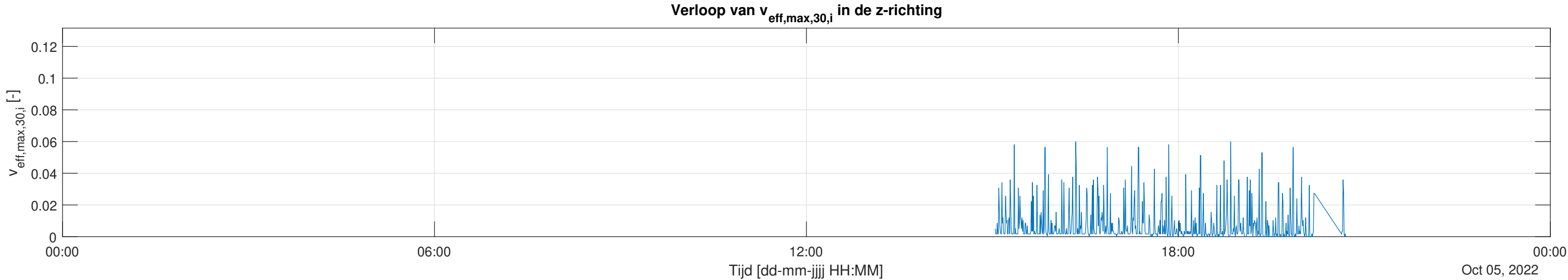
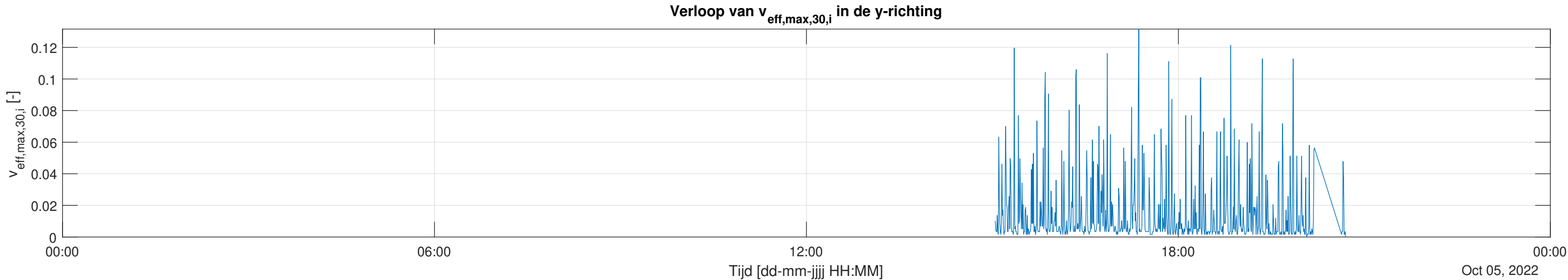
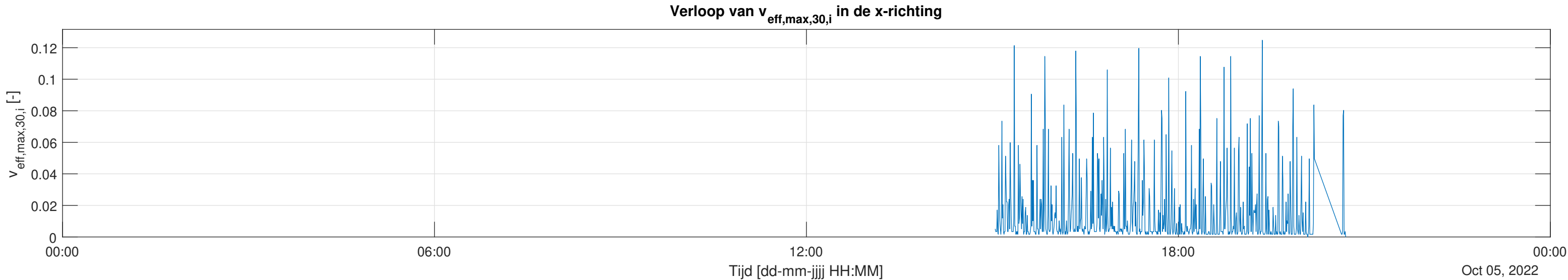
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 11-Oct-2022



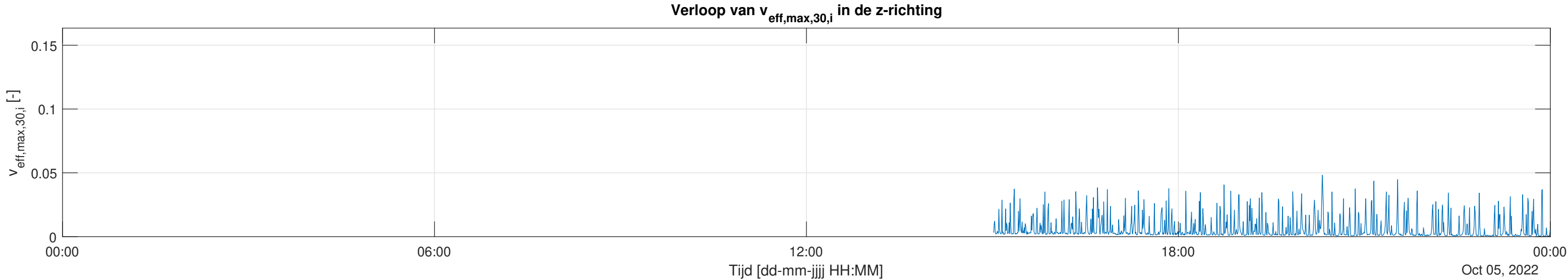
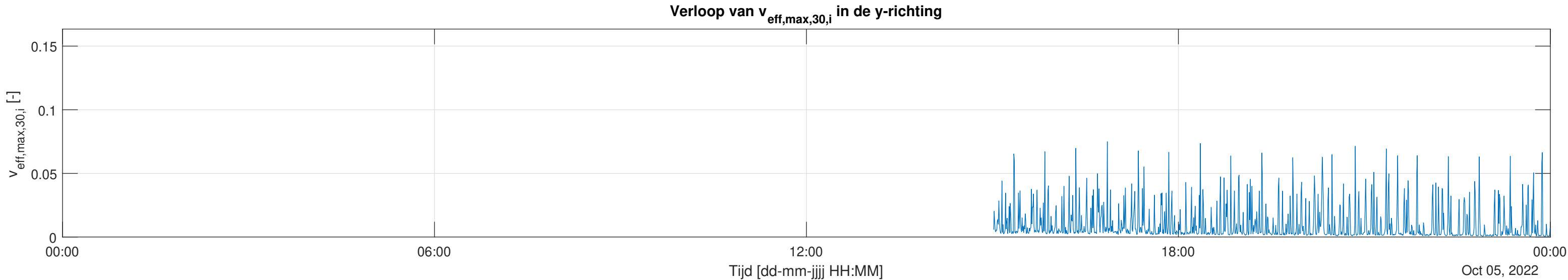
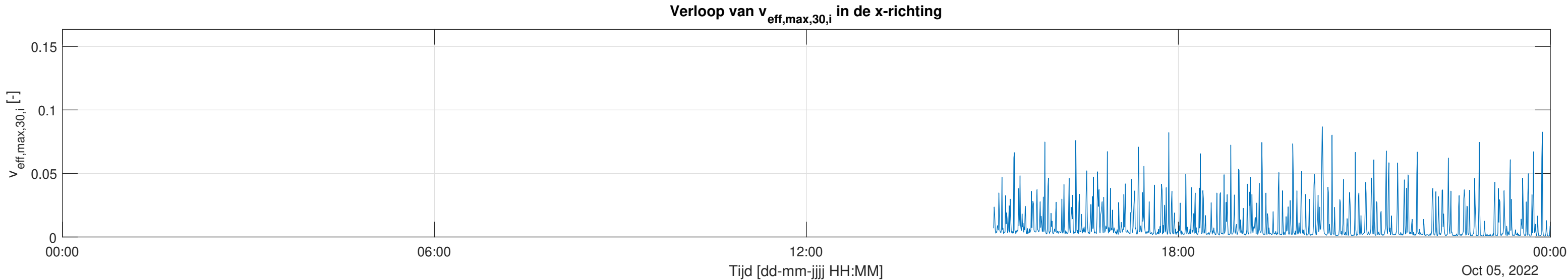
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 12-Oct-2022



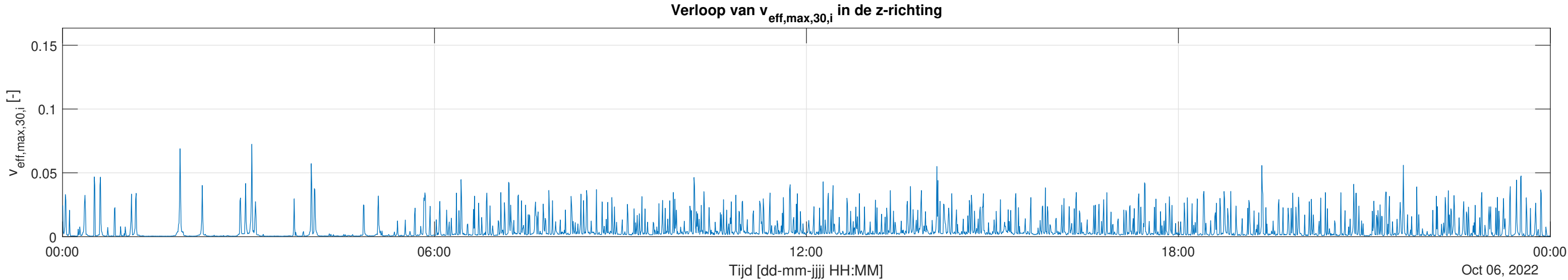
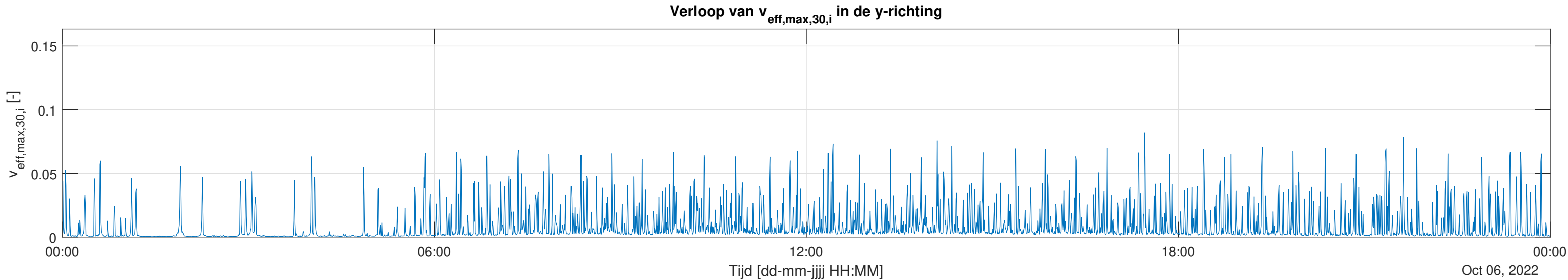
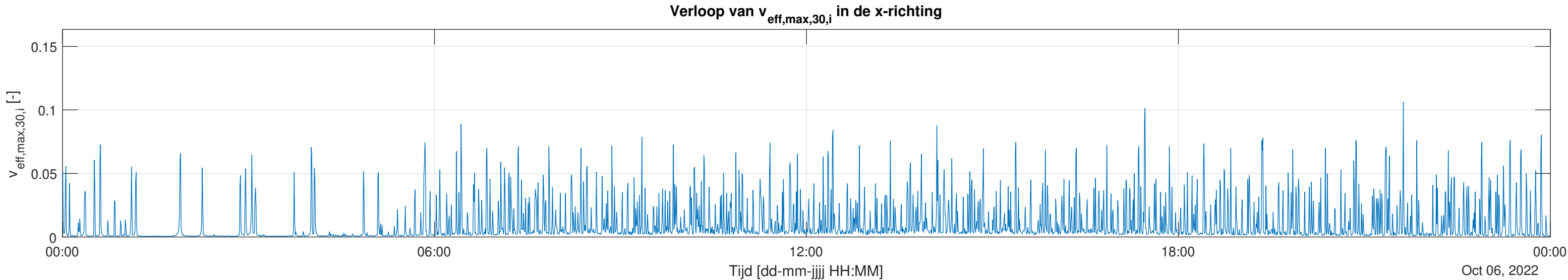
Verloop van $v_{eff,max,30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 05-Oct-2022



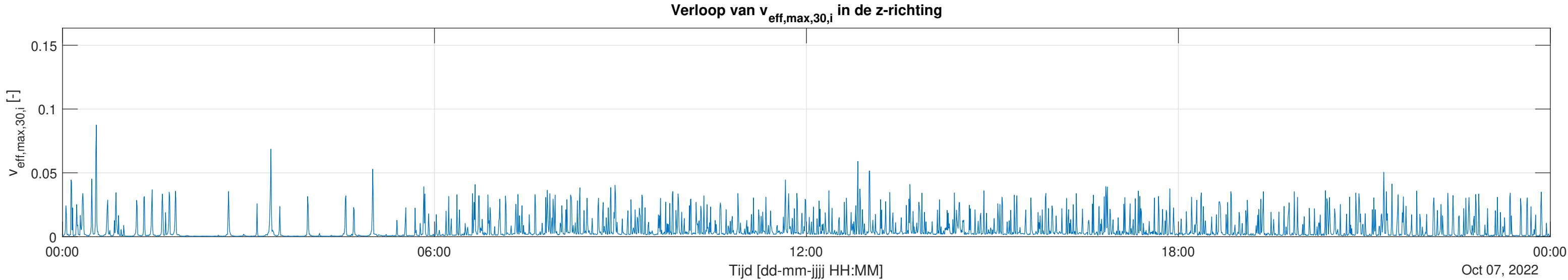
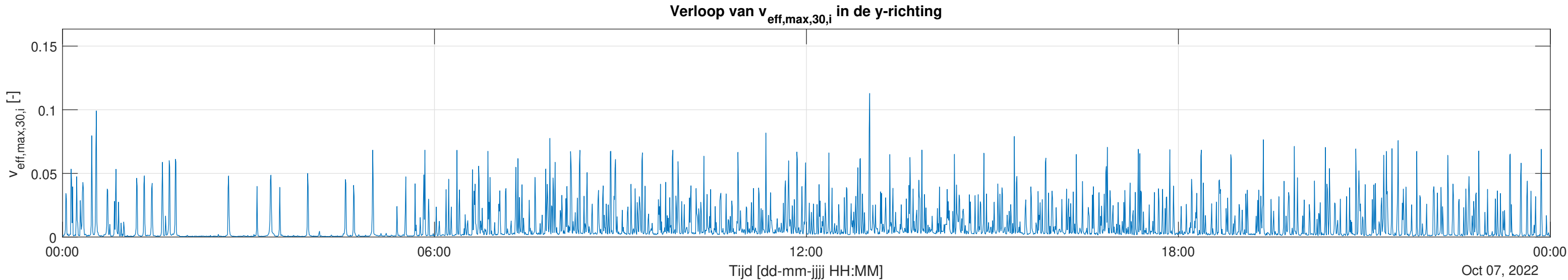
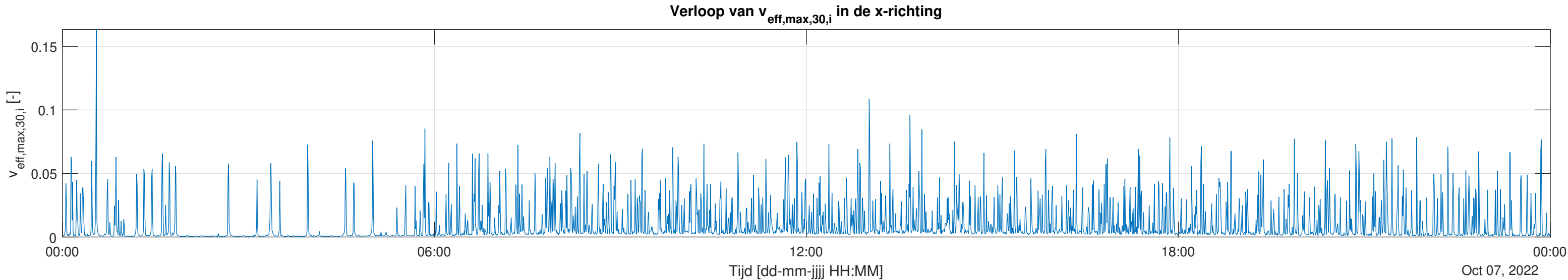
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 05-Oct-2022



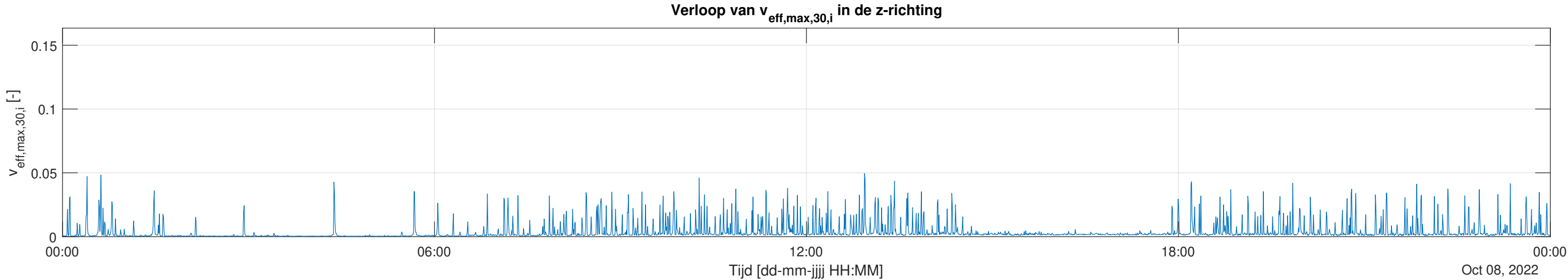
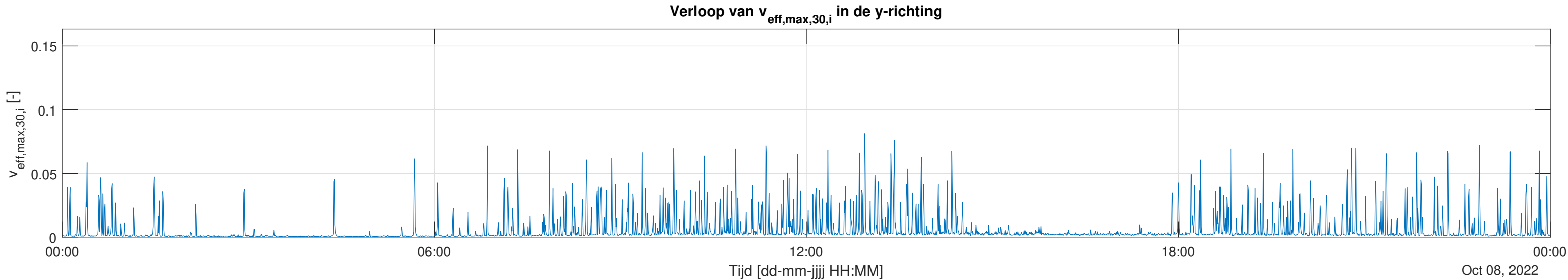
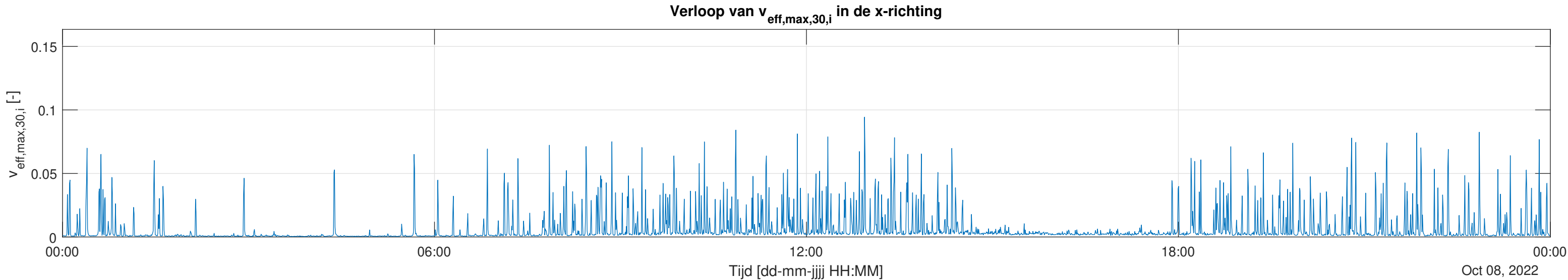
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 06-Oct-2022



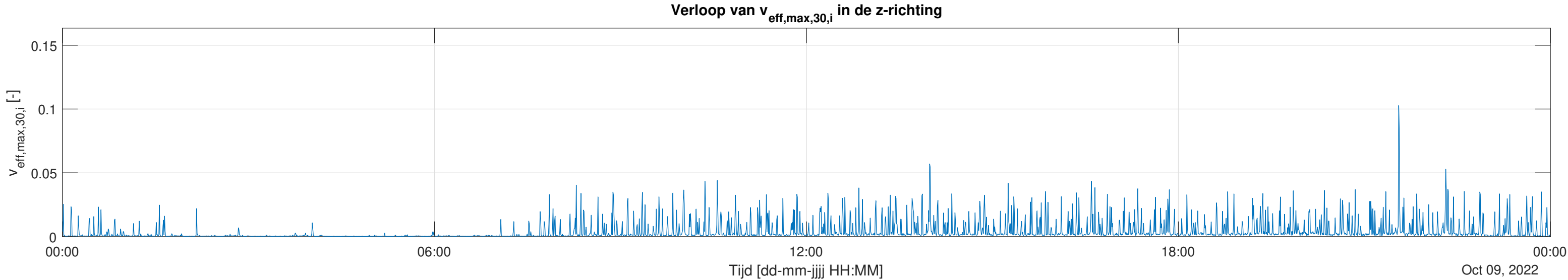
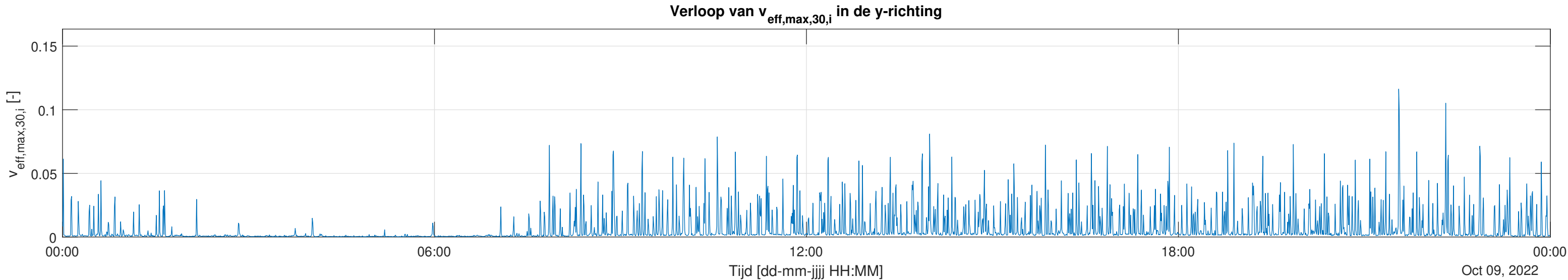
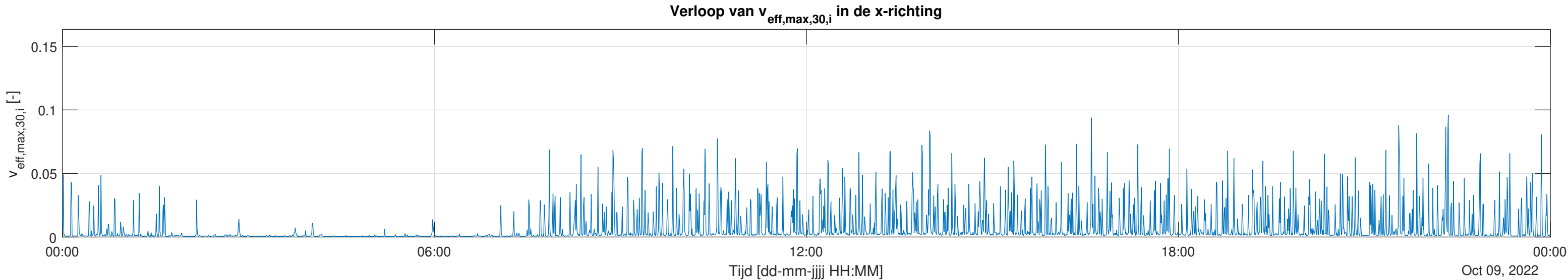
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 07-Oct-2022



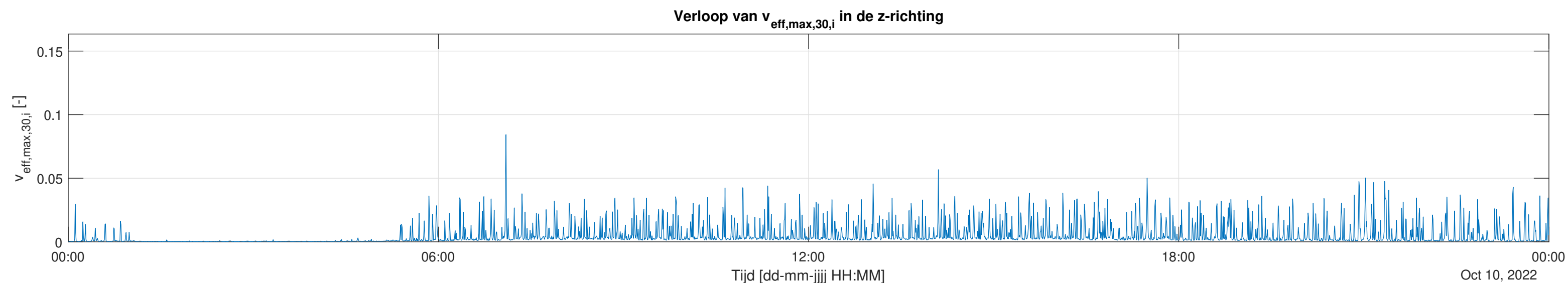
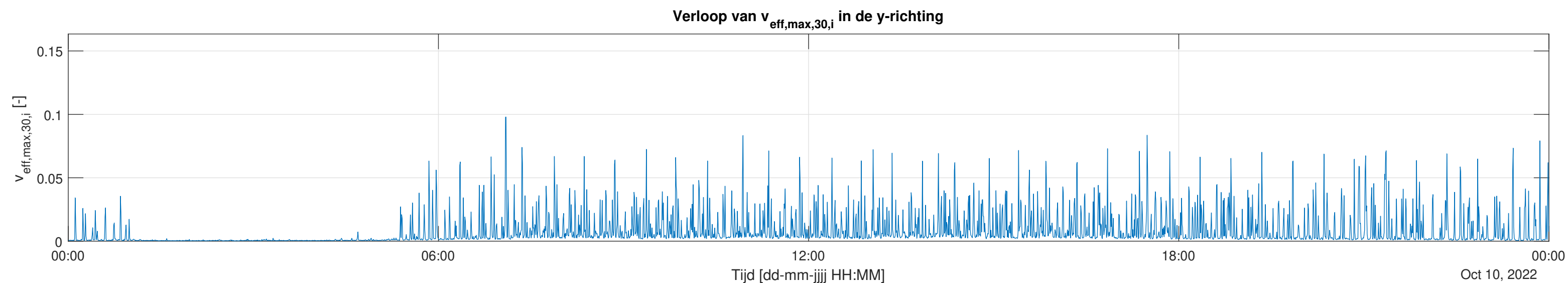
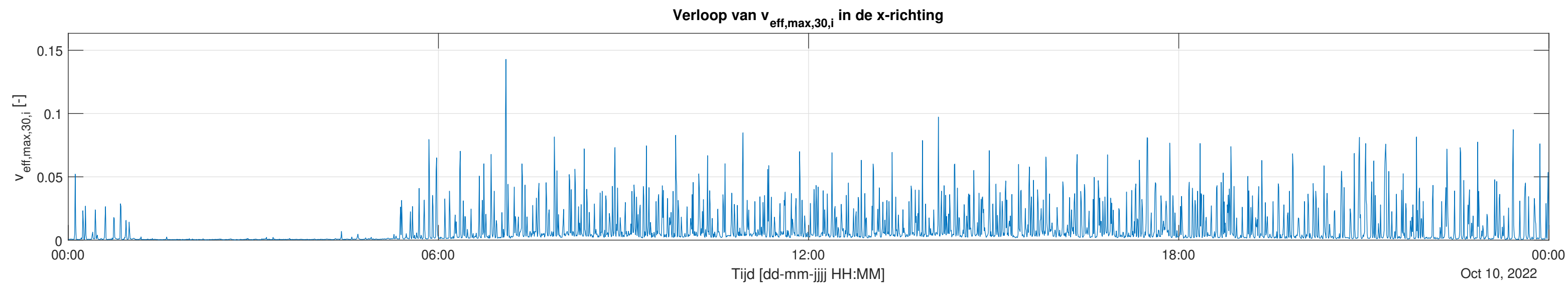
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 5 op 08-Oct-2022



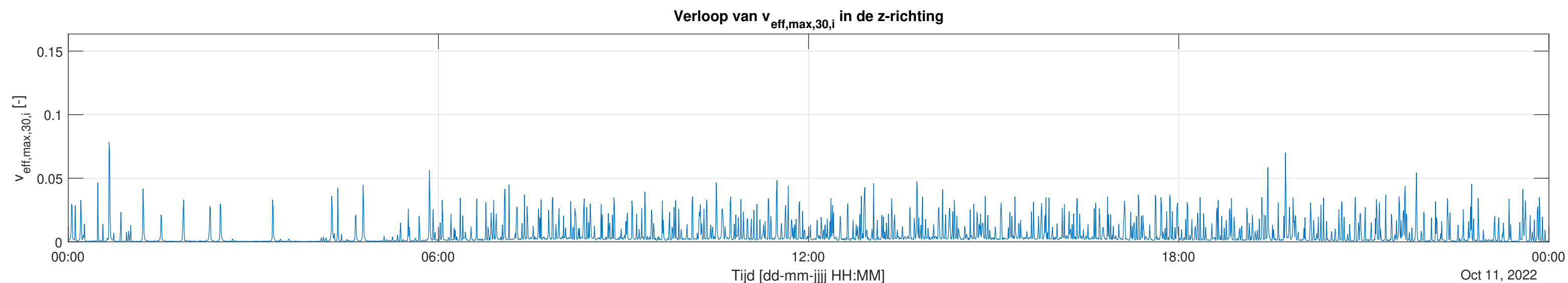
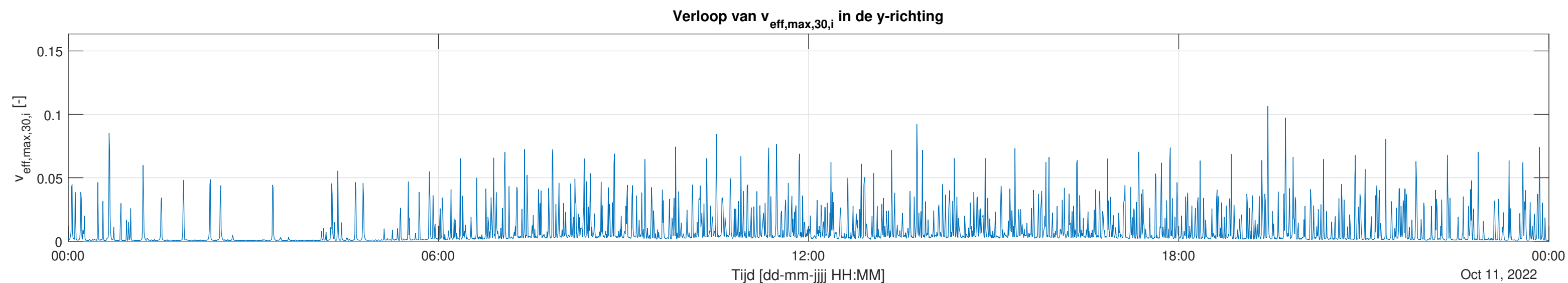
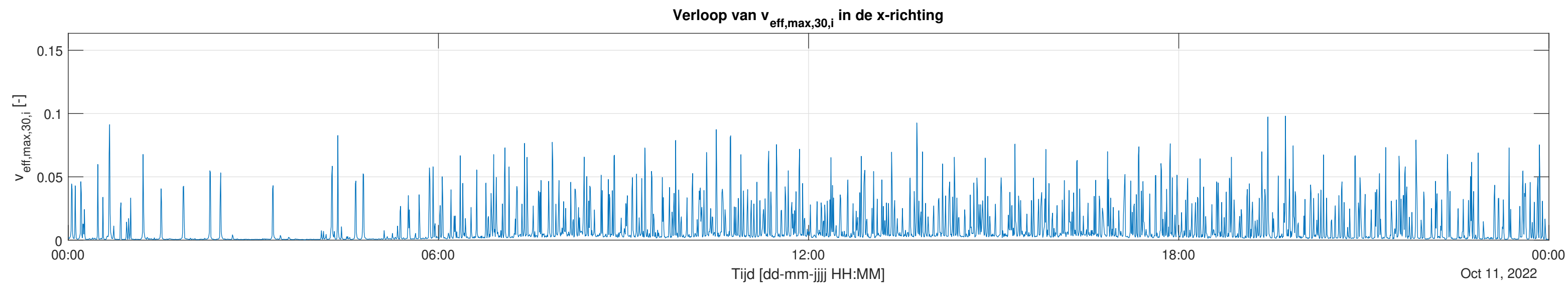
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 5 op 09-Oct-2022



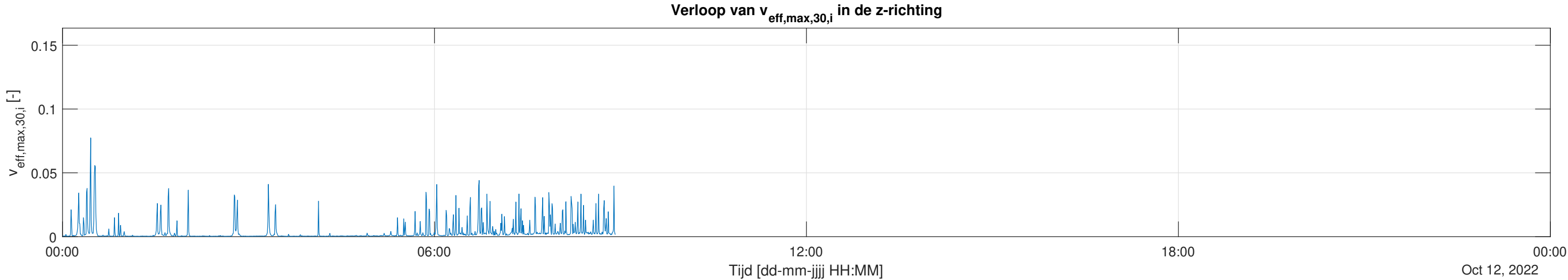
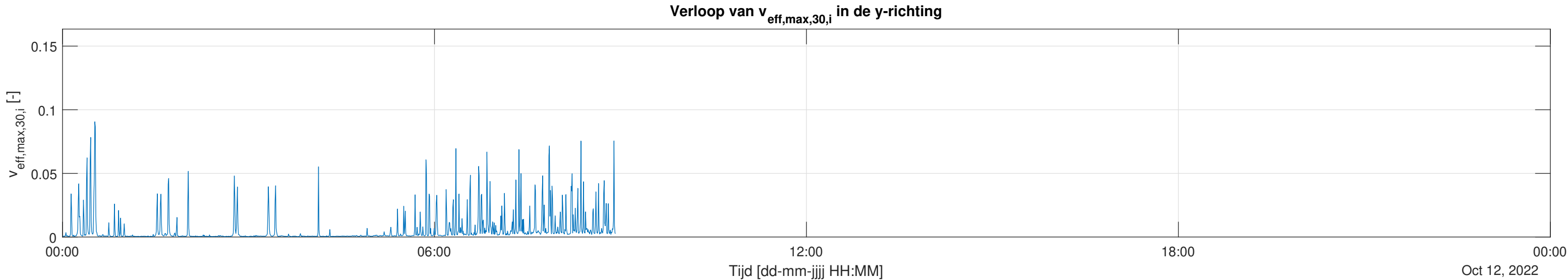
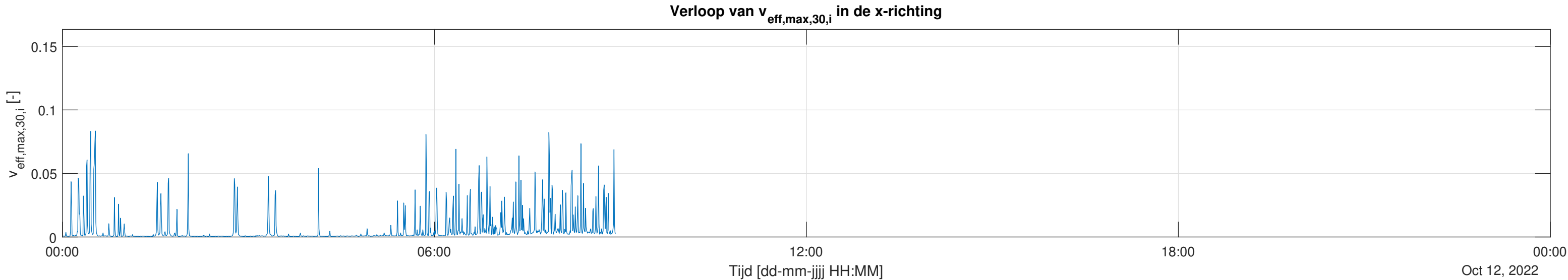
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 10-Oct-2022



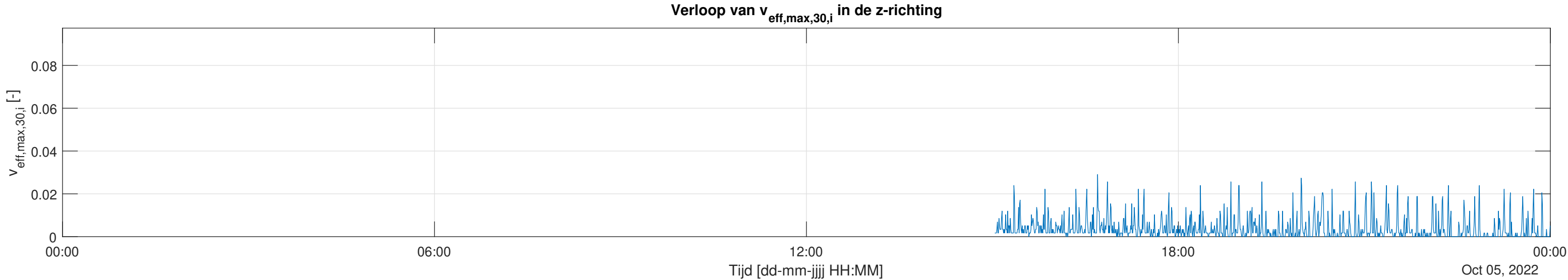
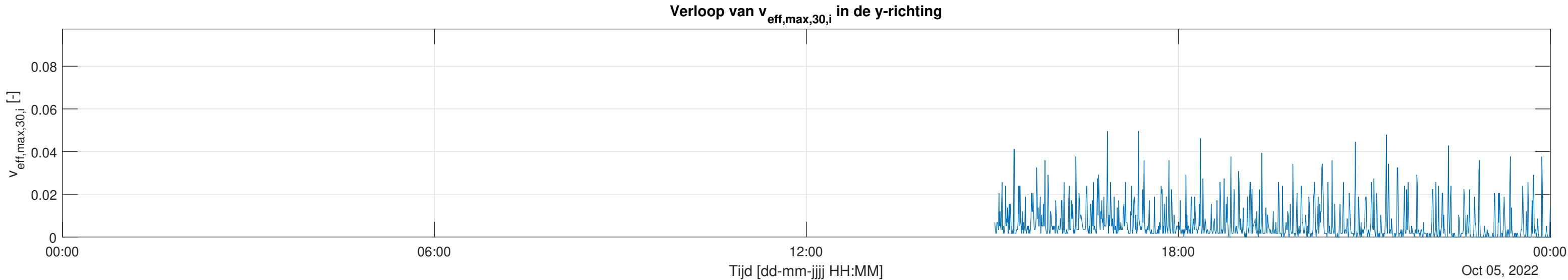
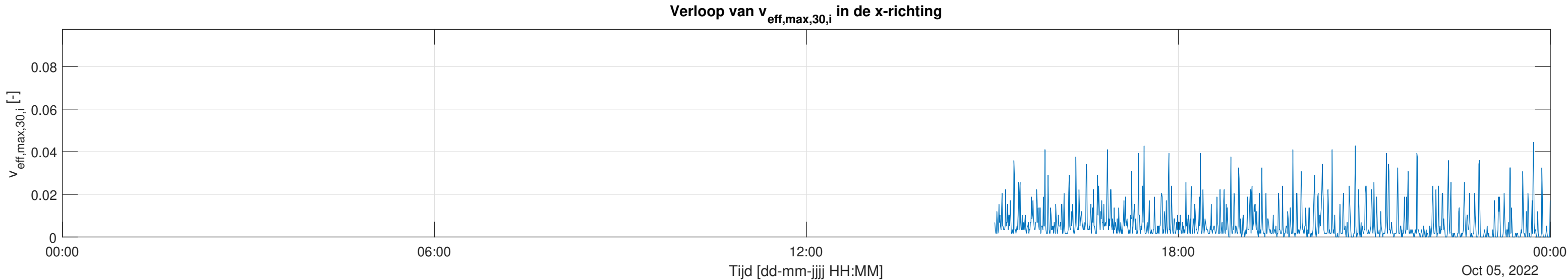
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 11-Oct-2022



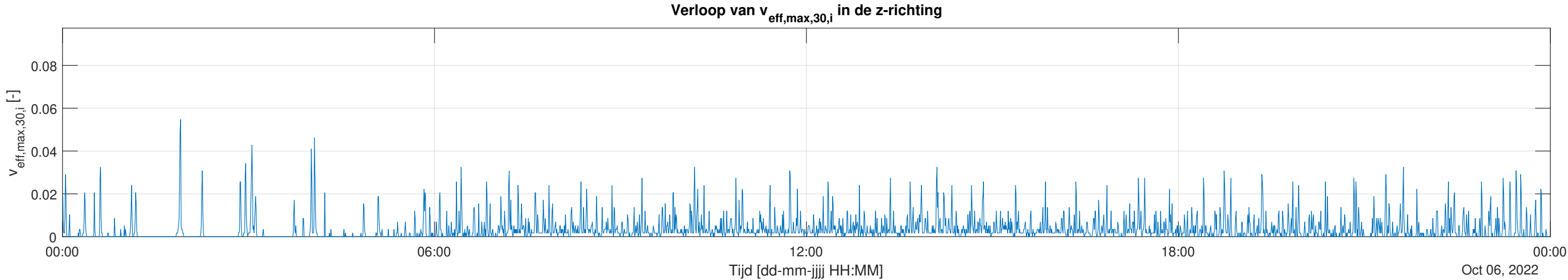
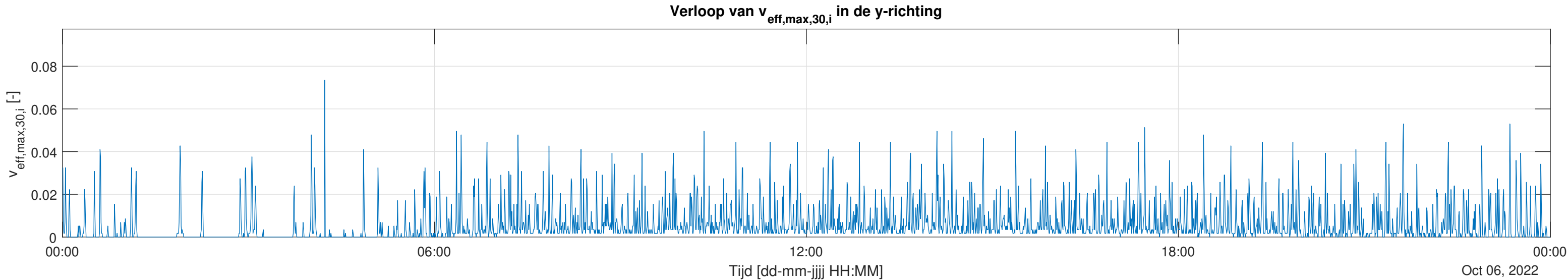
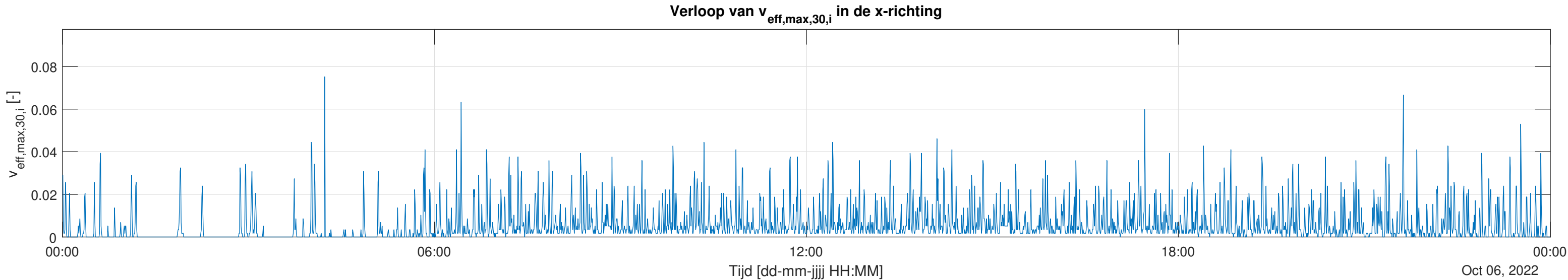
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 5 op 12-Oct-2022



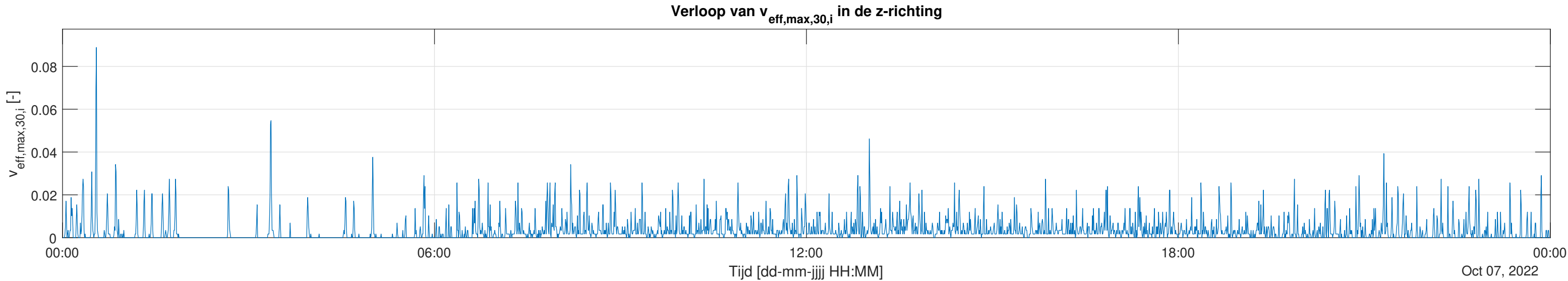
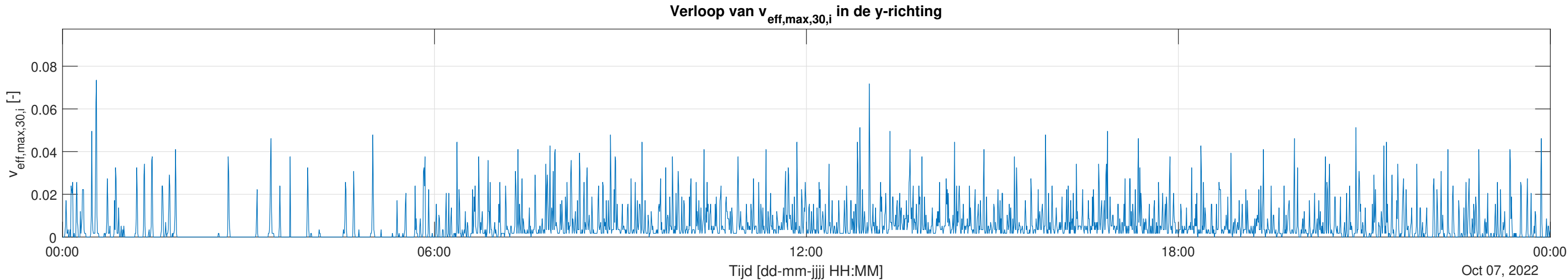
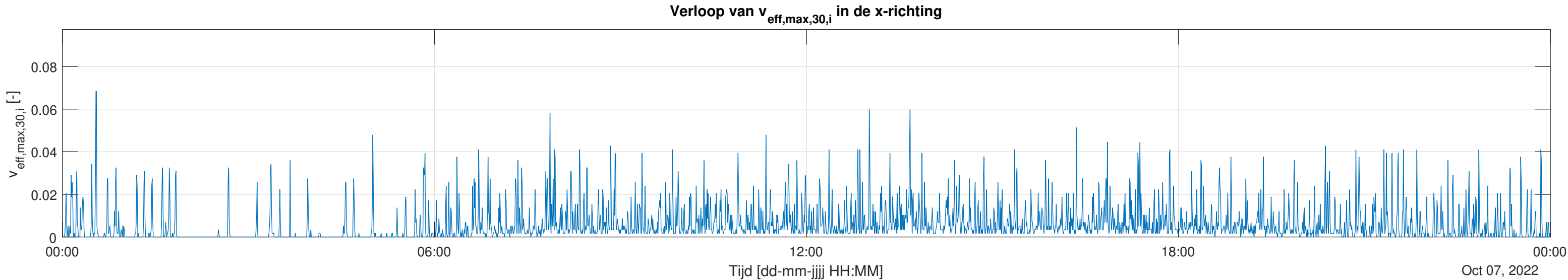
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 6 op 05-Oct-2022



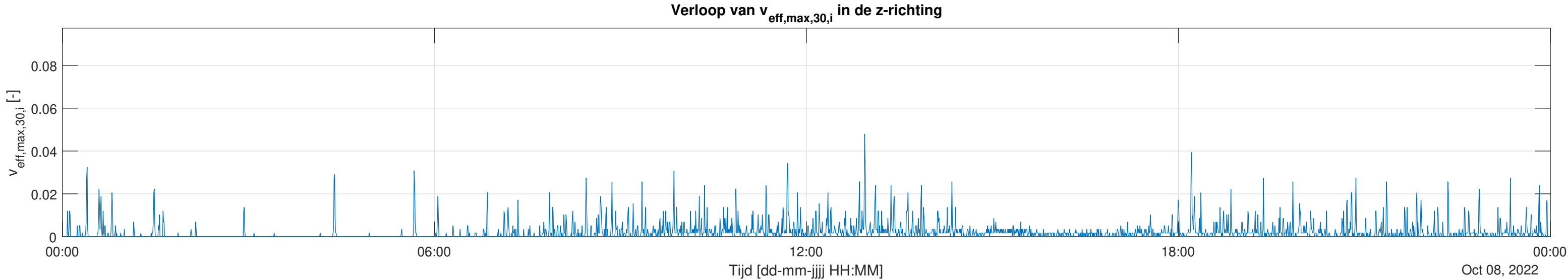
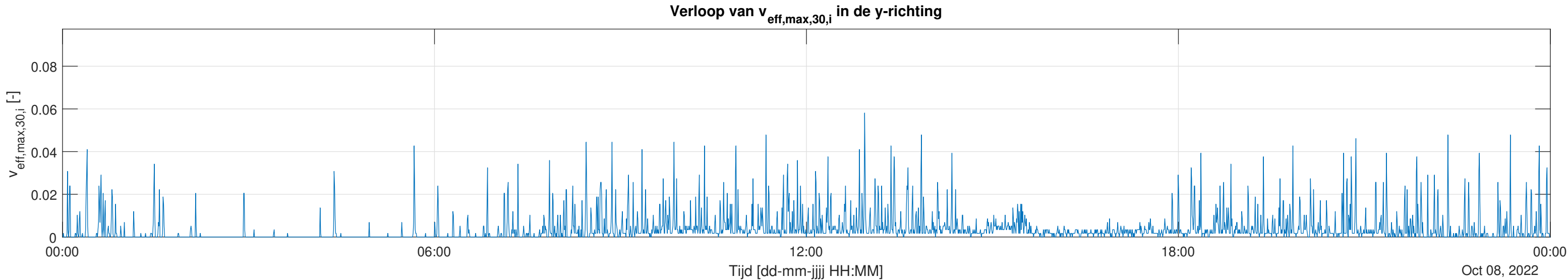
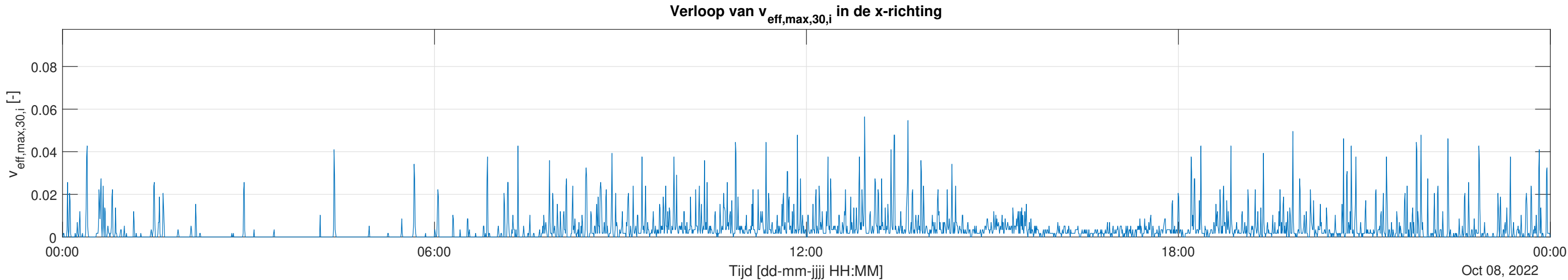
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 6 op 06-Oct-2022



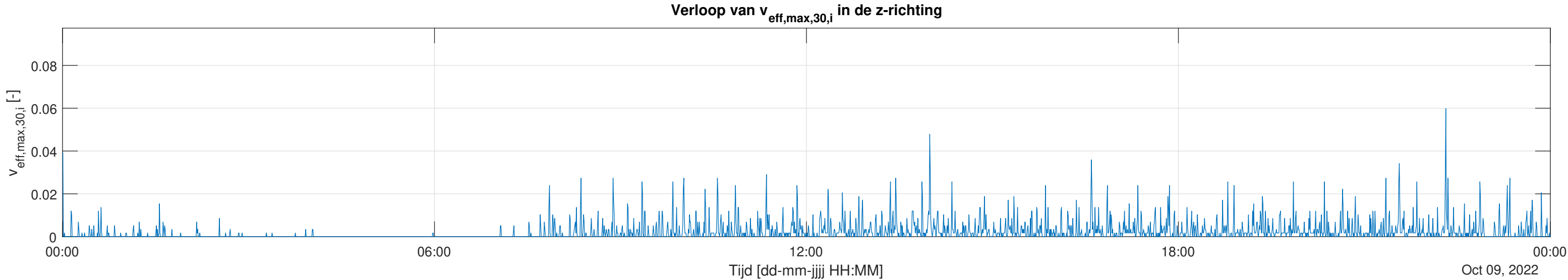
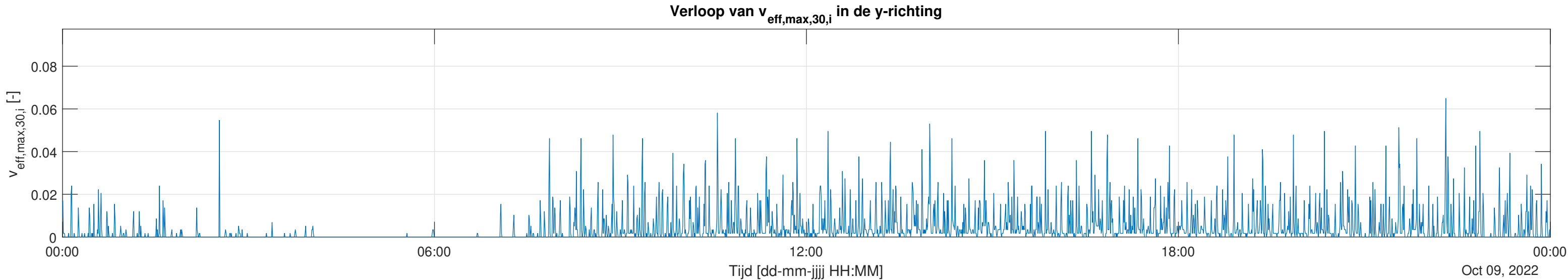
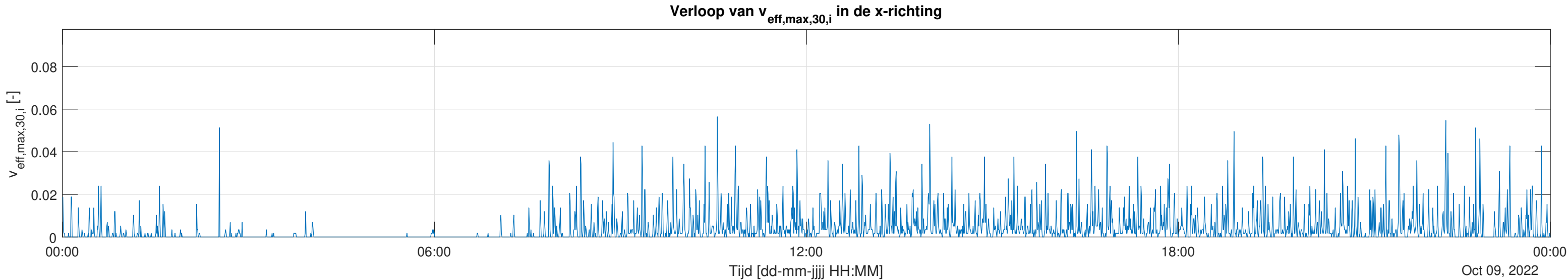
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 6 op 07-Oct-2022



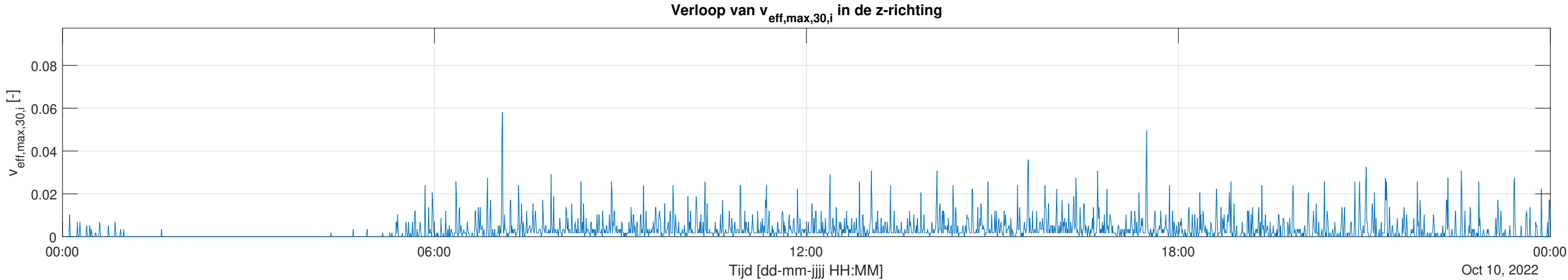
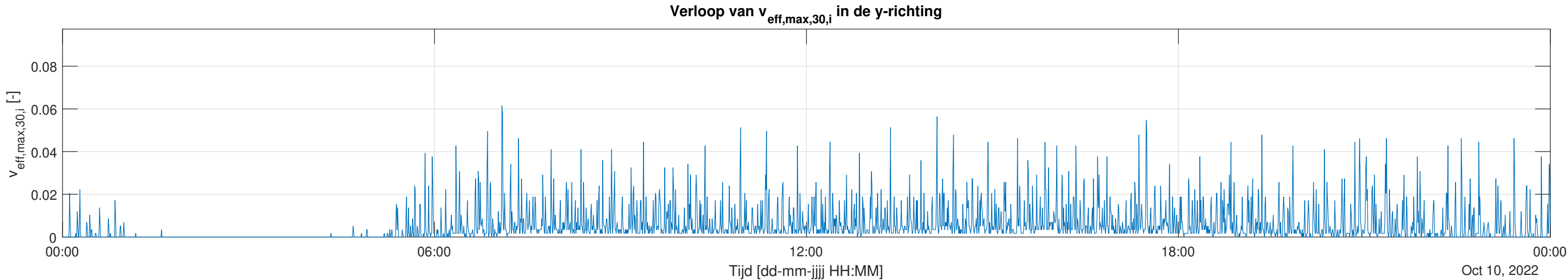
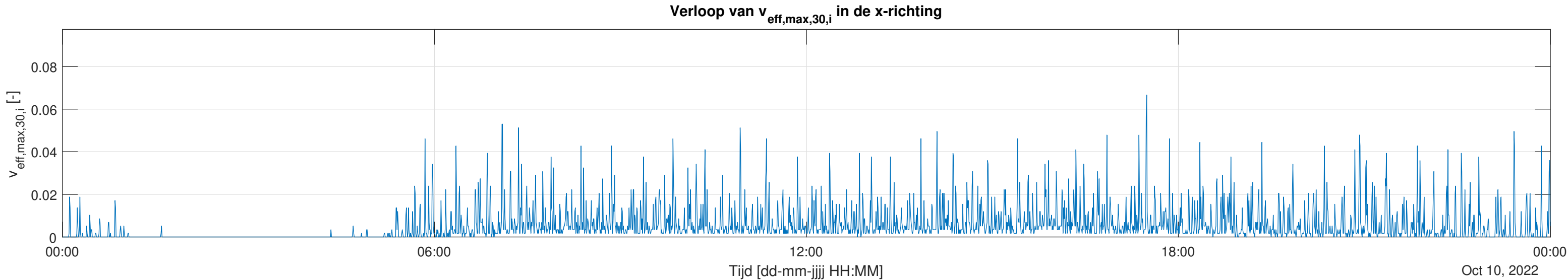
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 6 op 08-Oct-2022



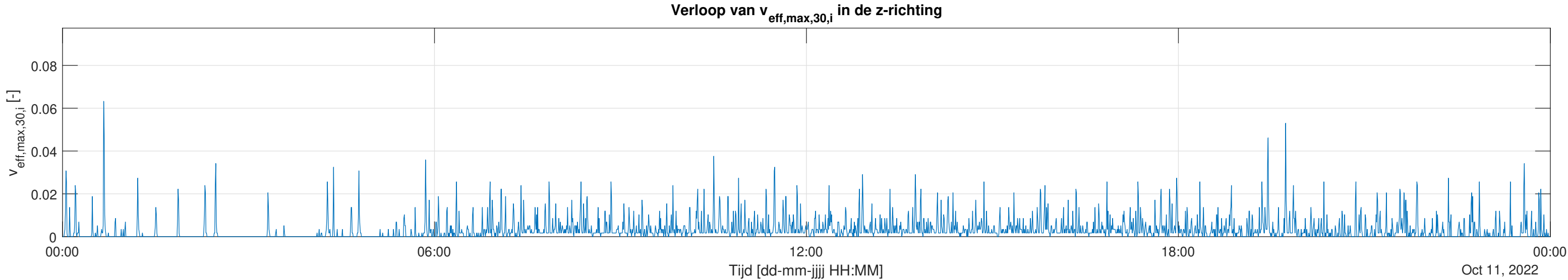
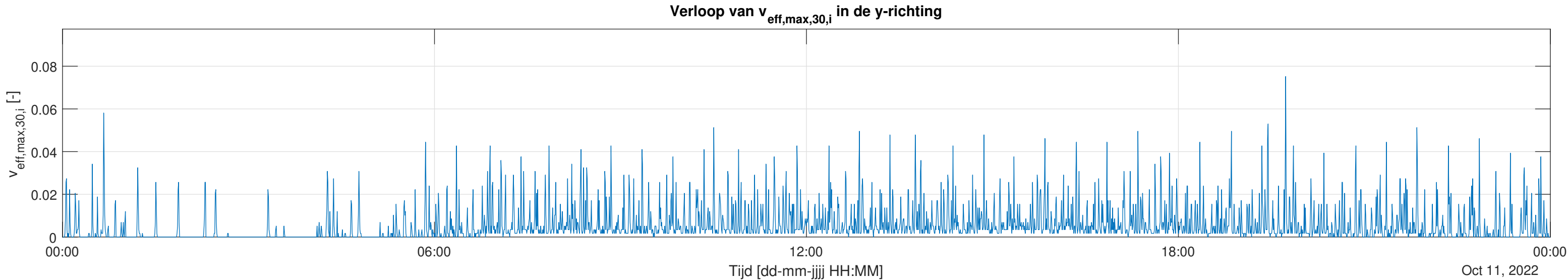
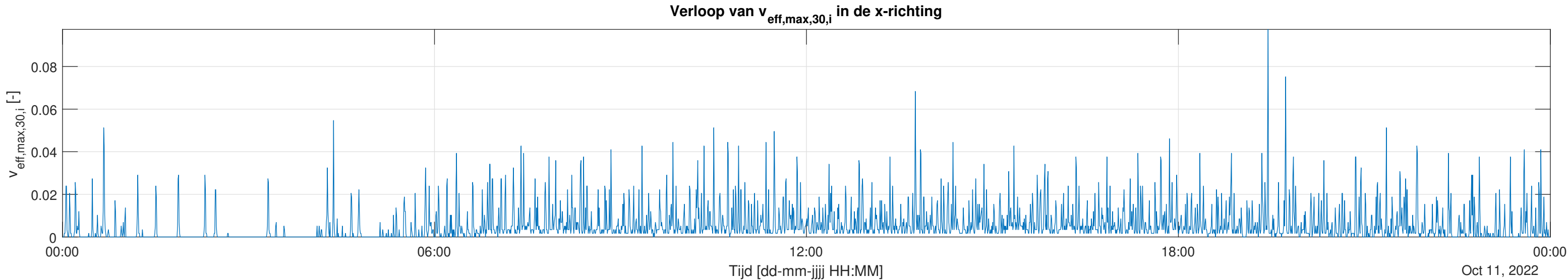
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 6 op 09-Oct-2022



Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 6 op 10-Oct-2022

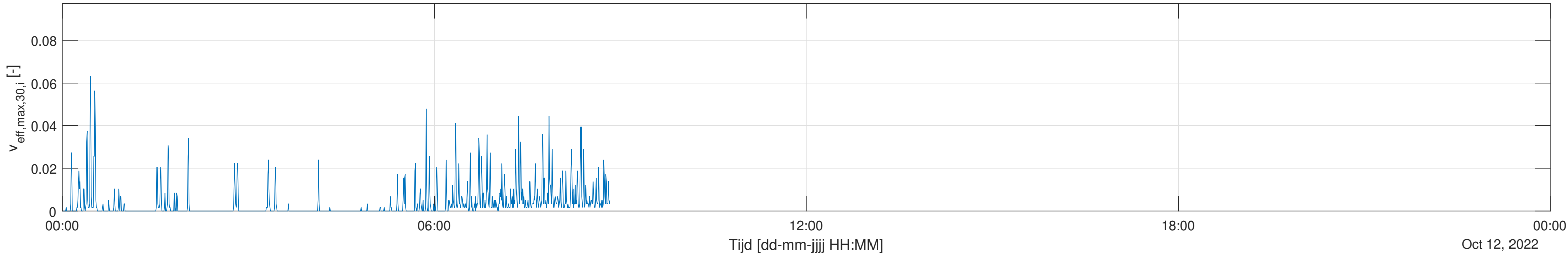


Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 6 op 11-Oct-2022

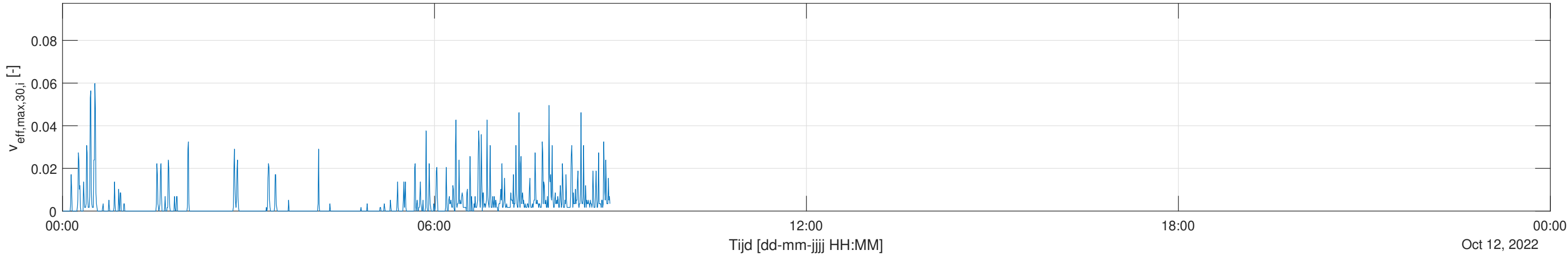


Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 6 op 12-Oct-2022

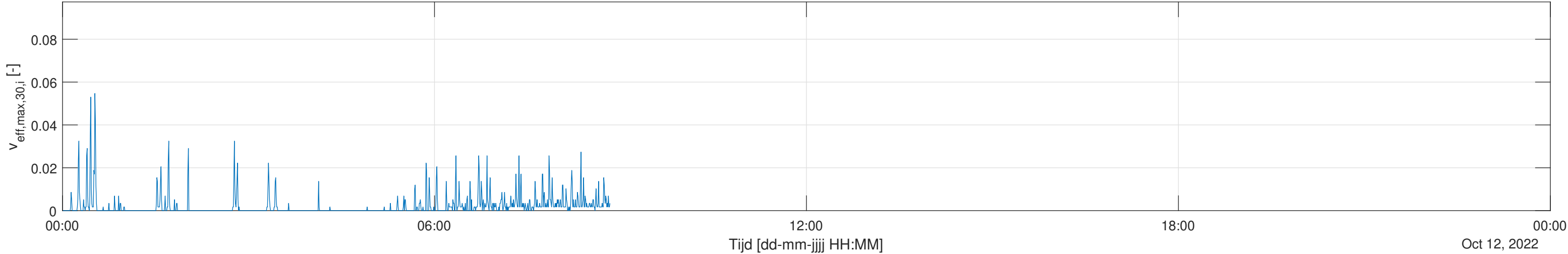
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ in de x-richting



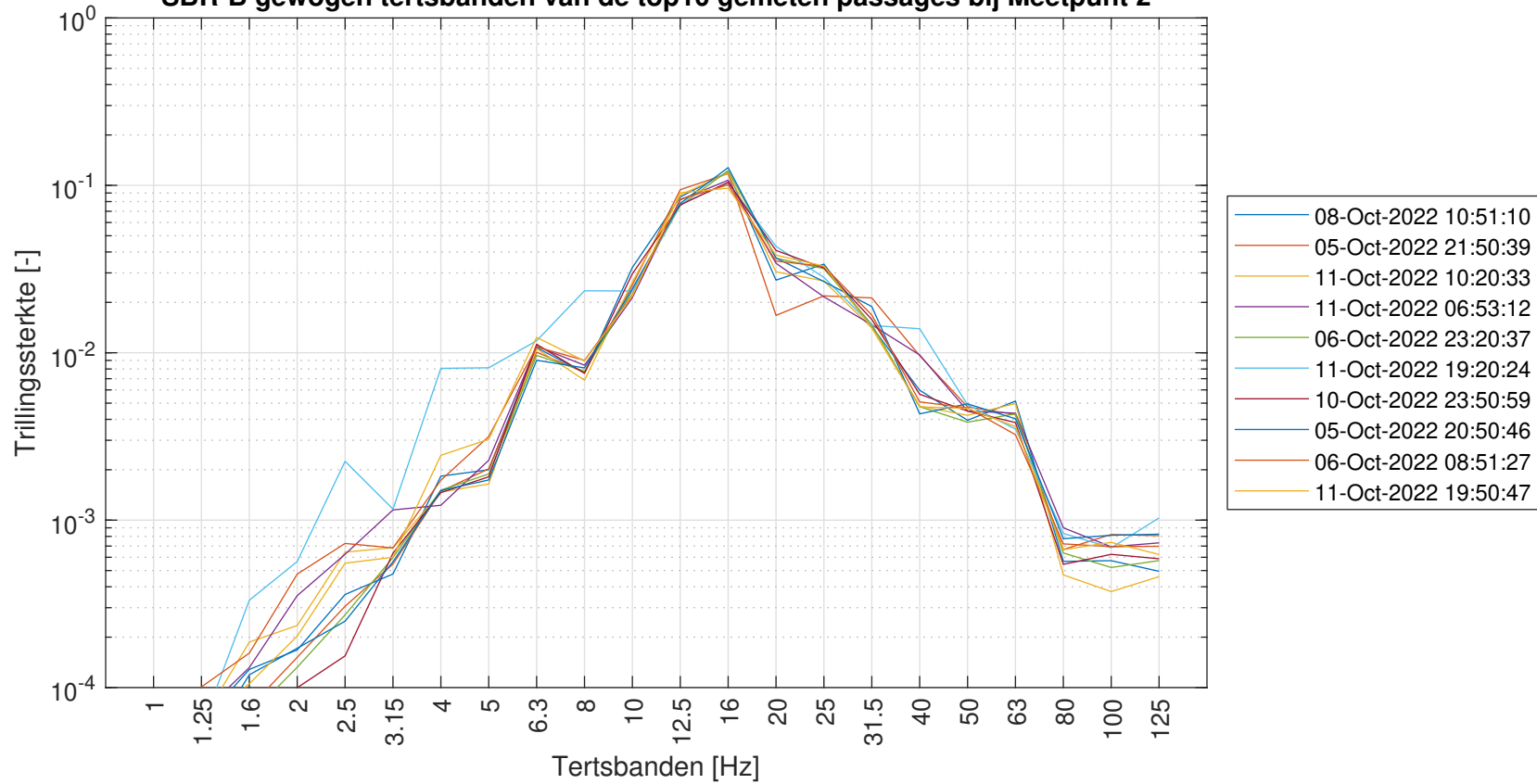
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ in de y-richting



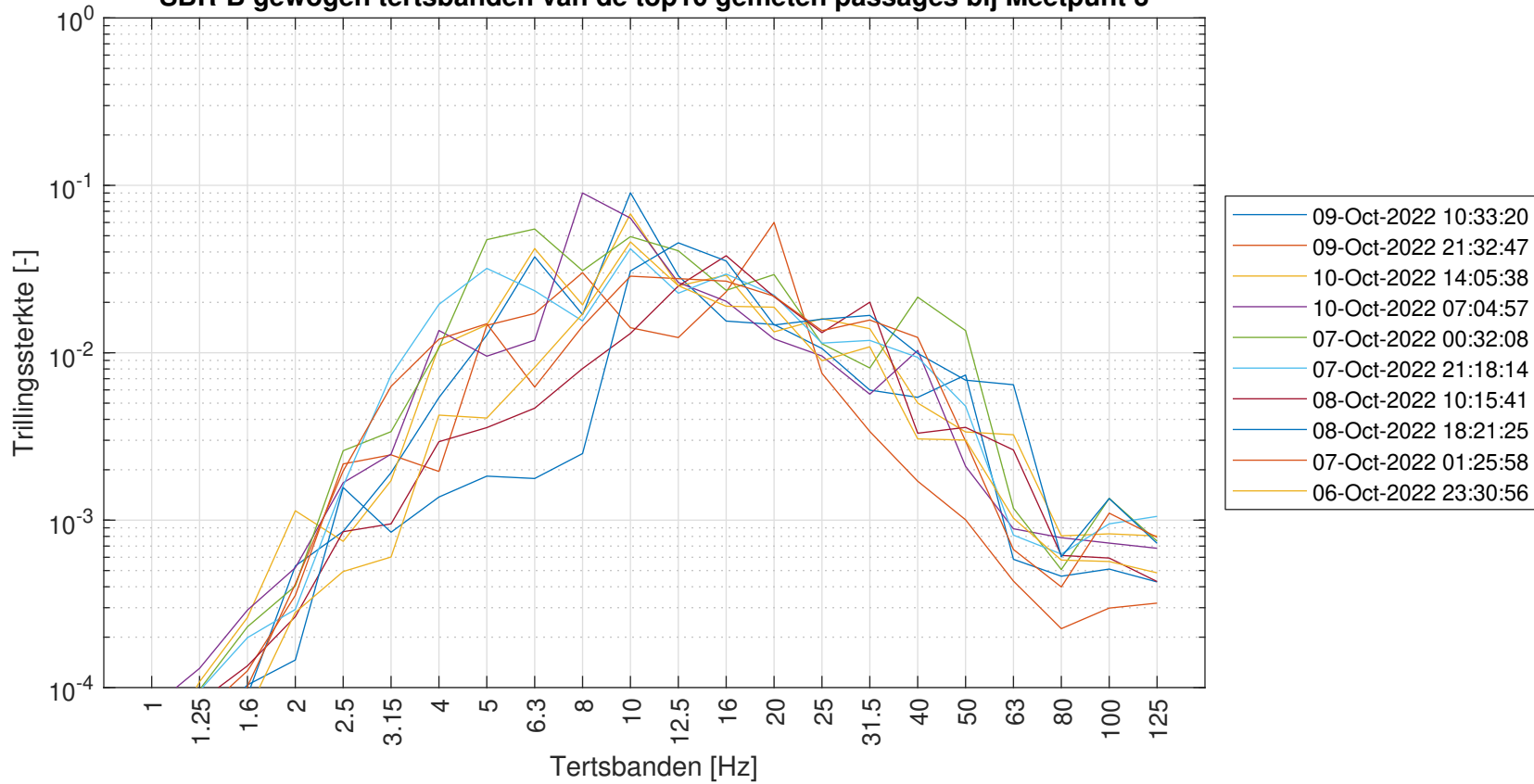
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ in de z-richting



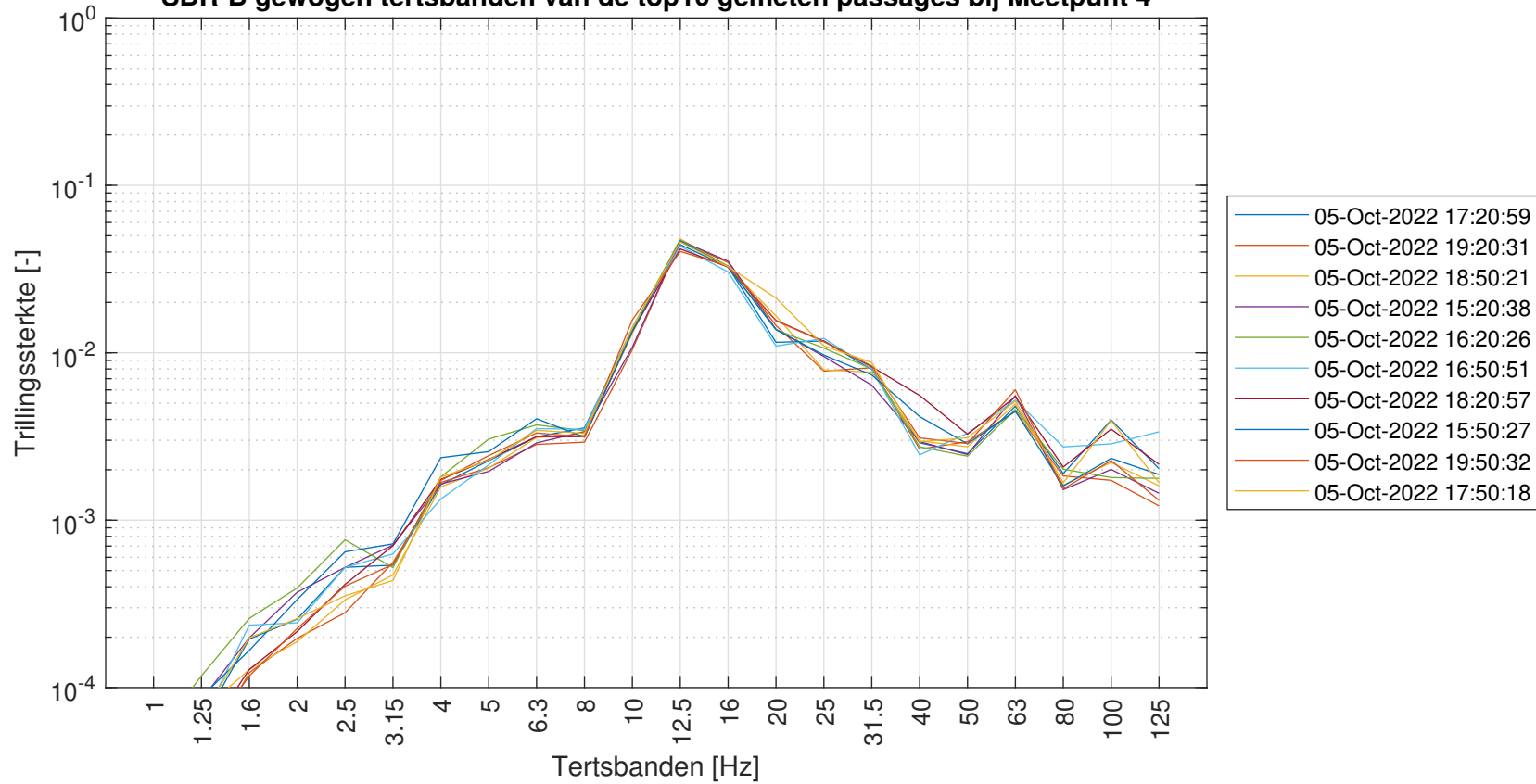
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 2



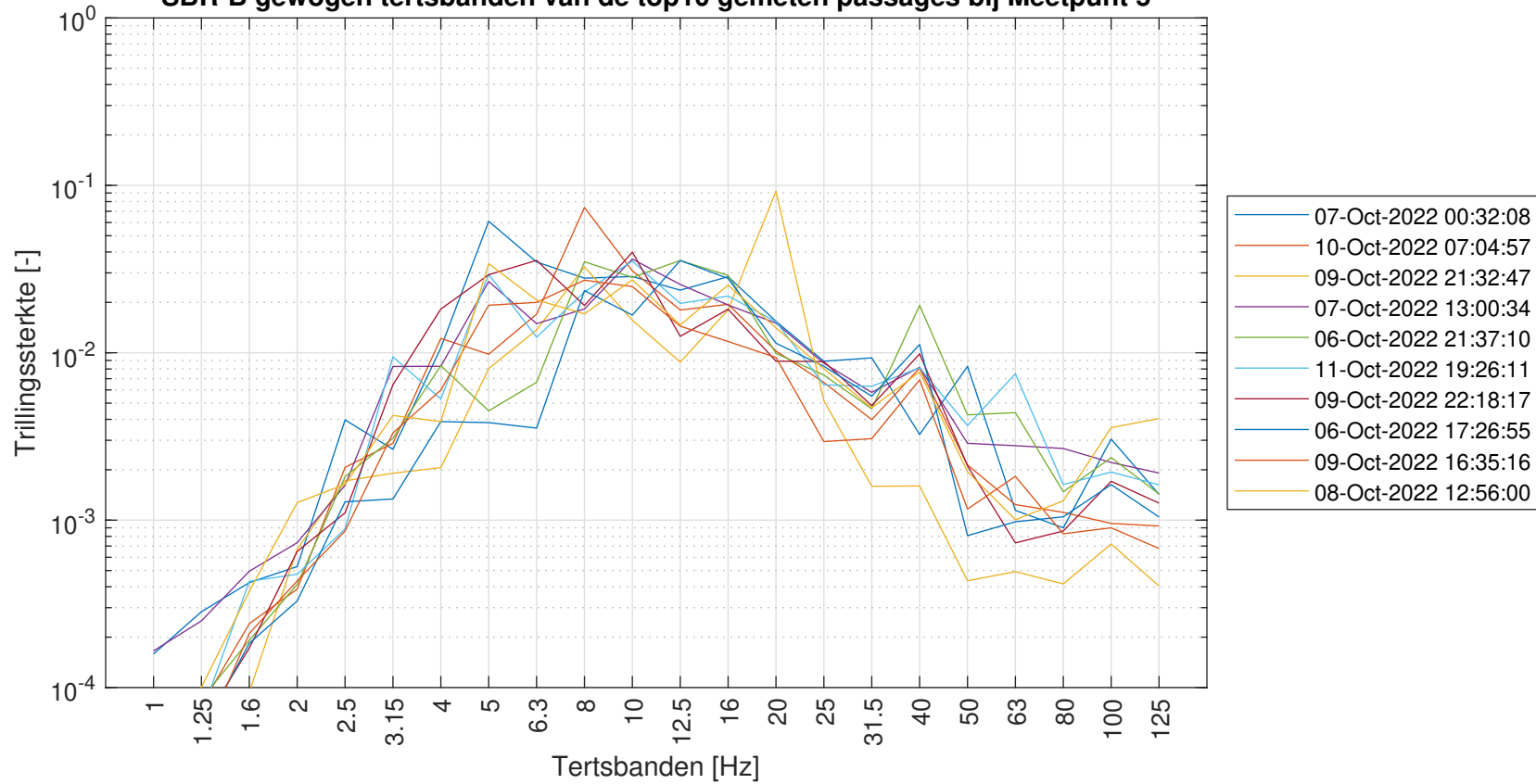
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 3



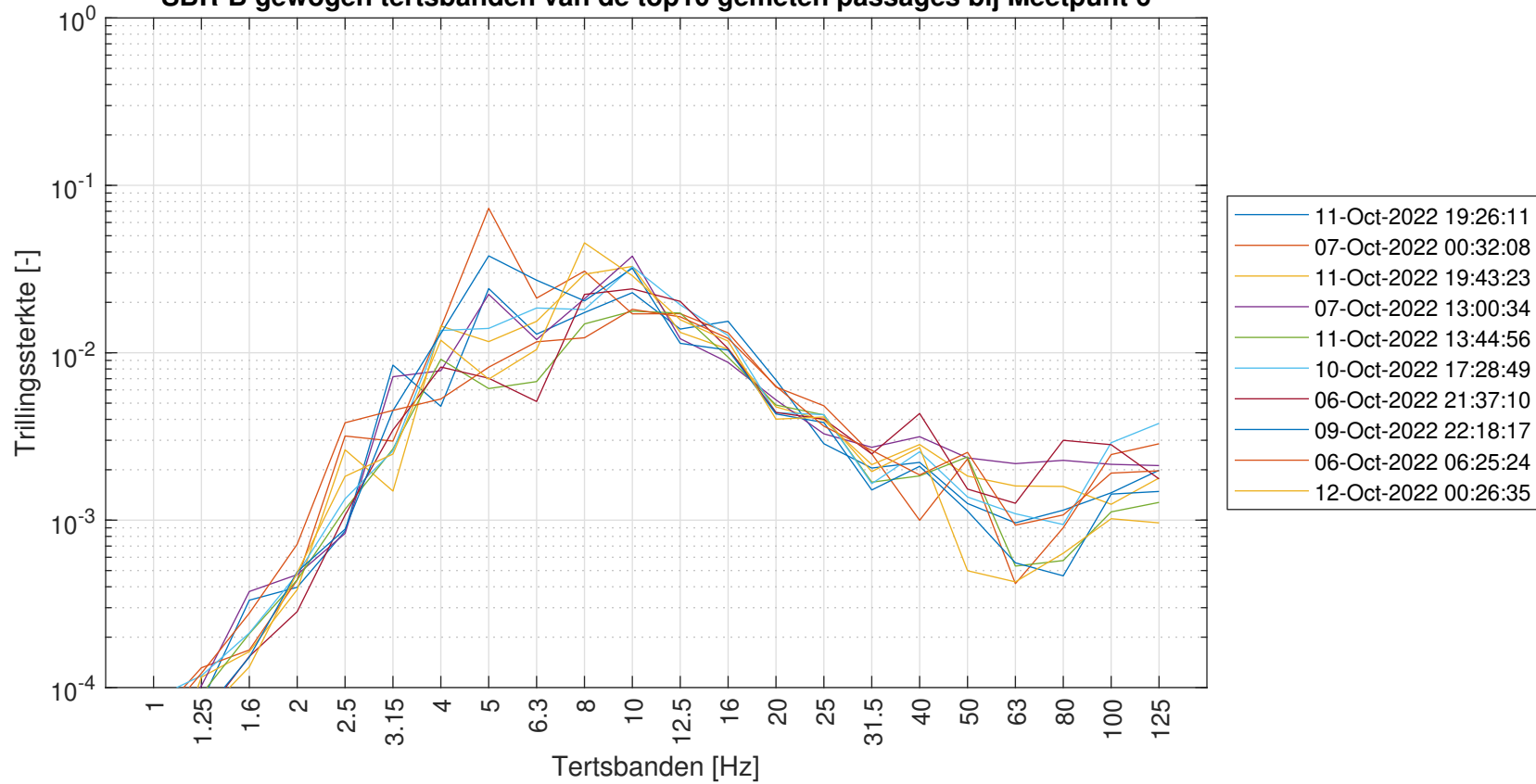
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 4



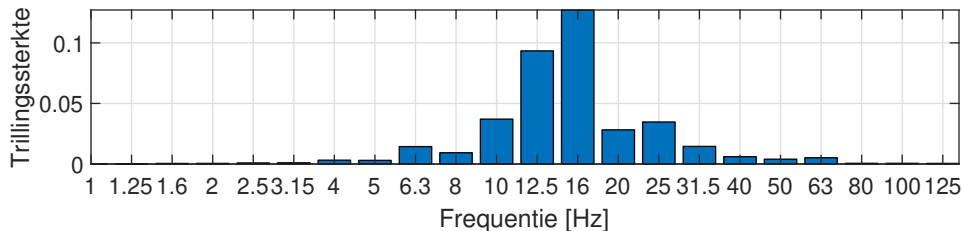
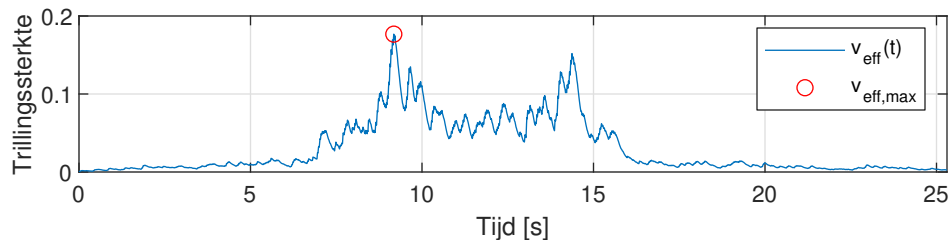
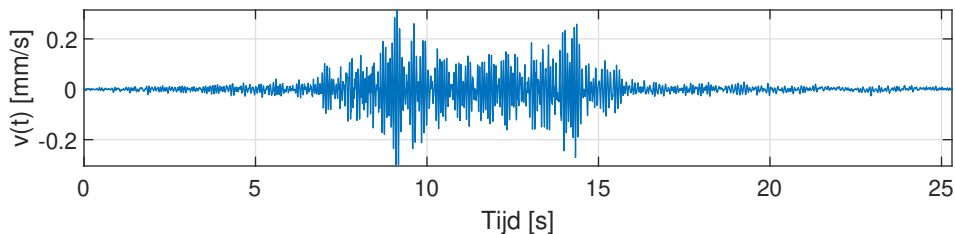
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 5



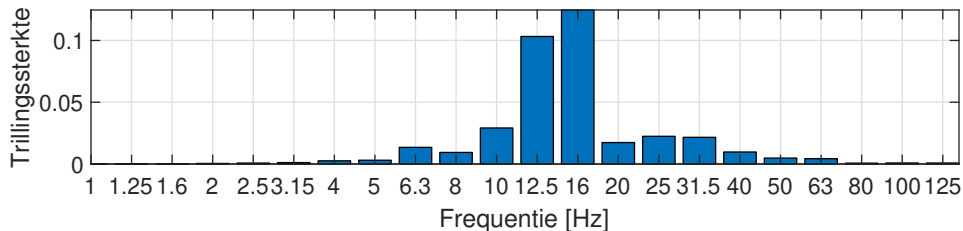
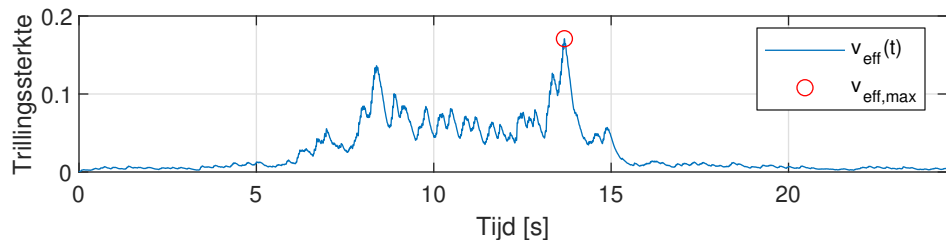
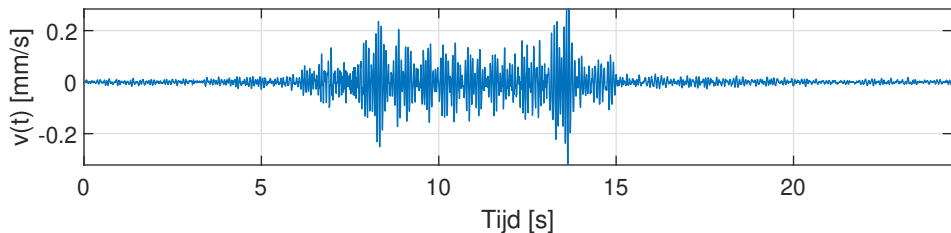
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 6



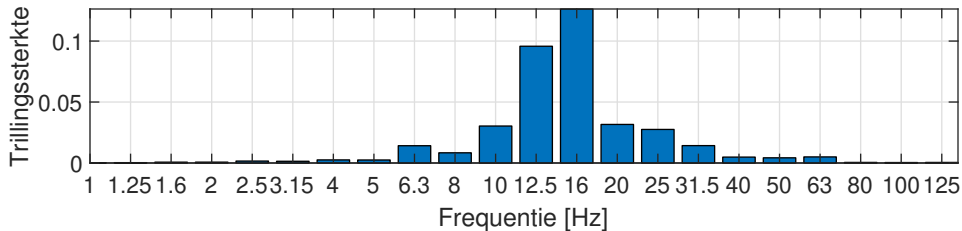
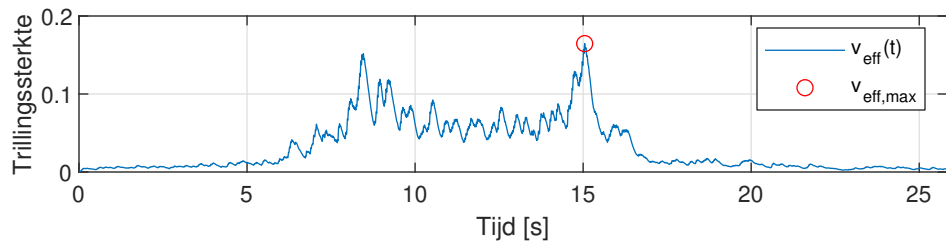
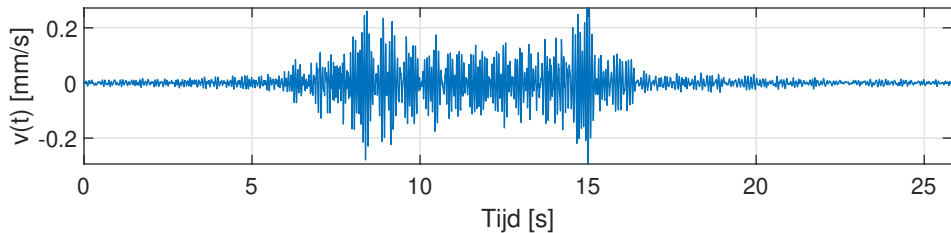
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-08 10:51



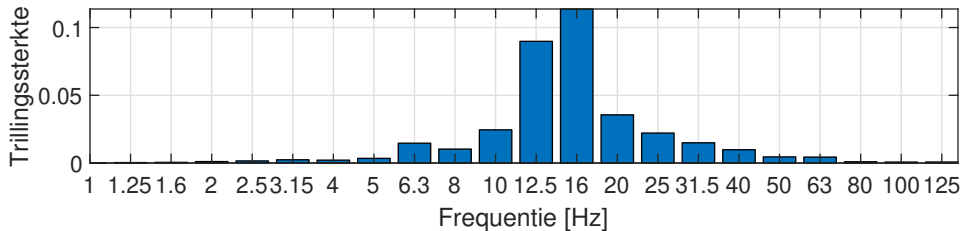
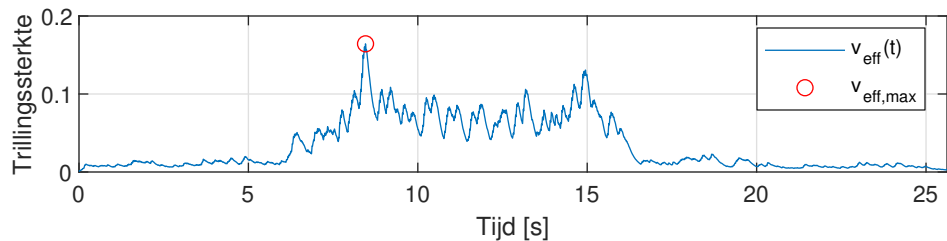
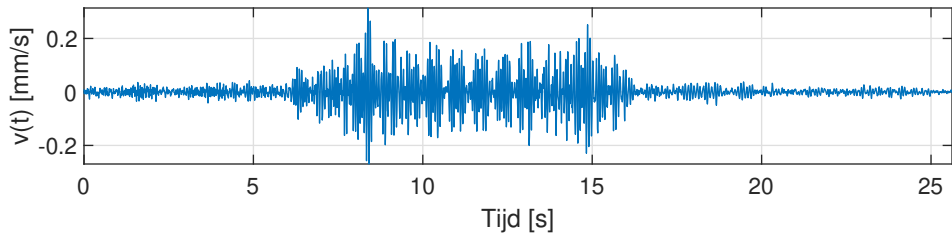
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-05 21:50



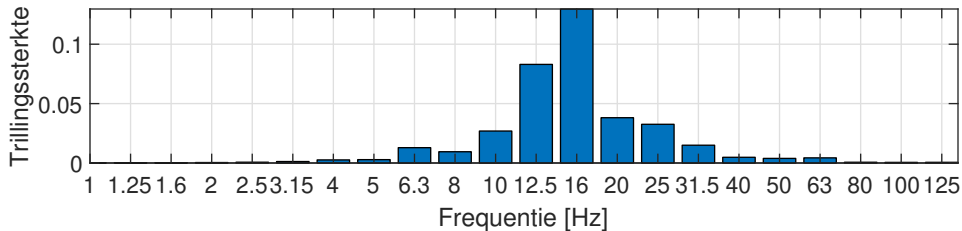
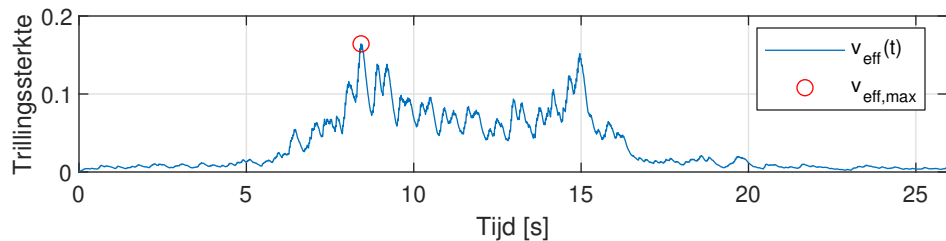
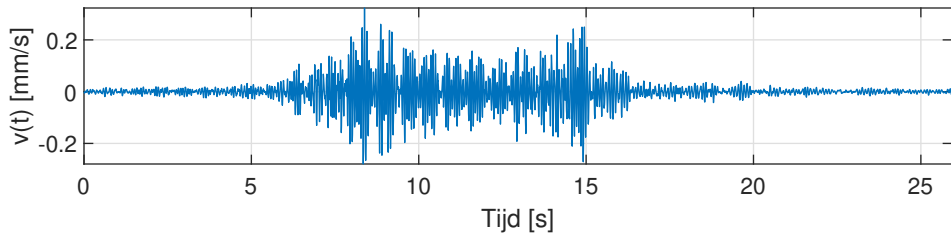
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-11 10:20



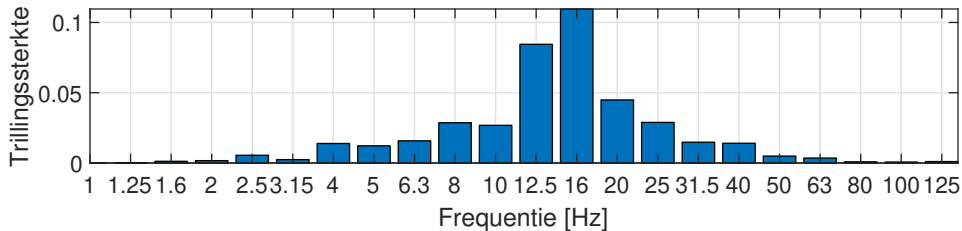
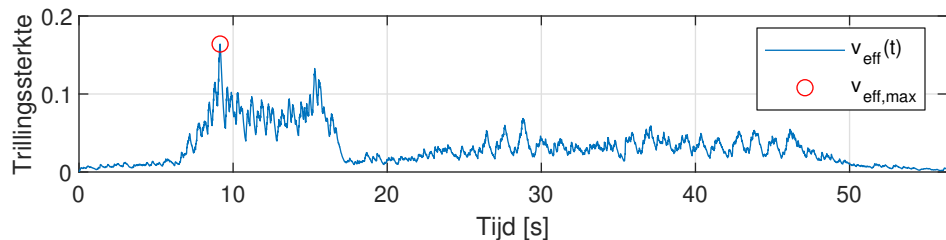
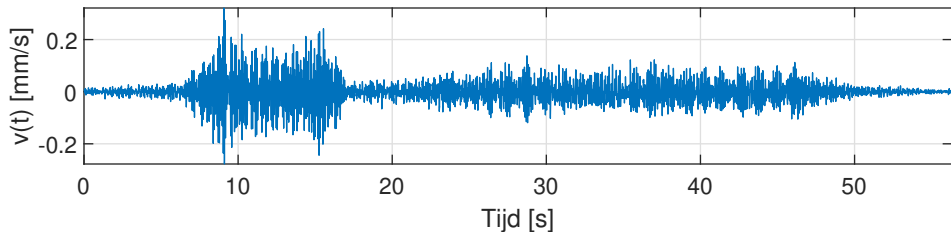
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-11 06:53



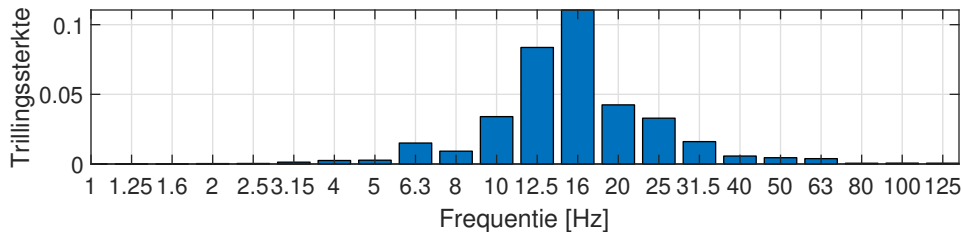
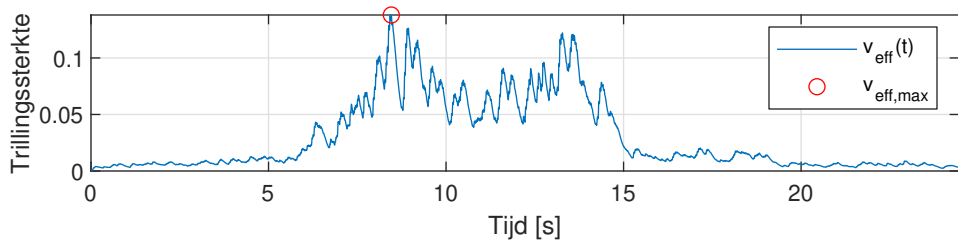
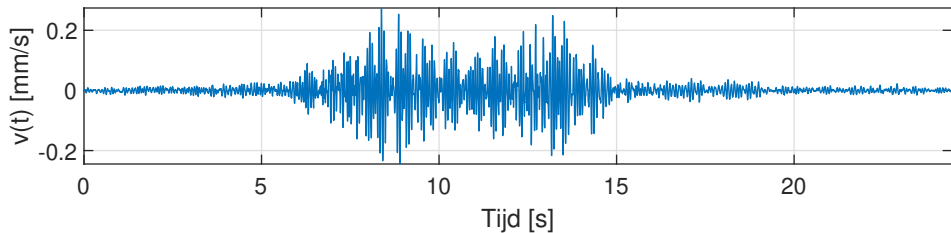
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-06 23:20



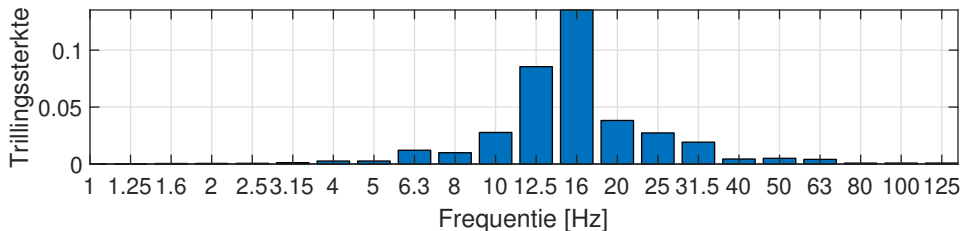
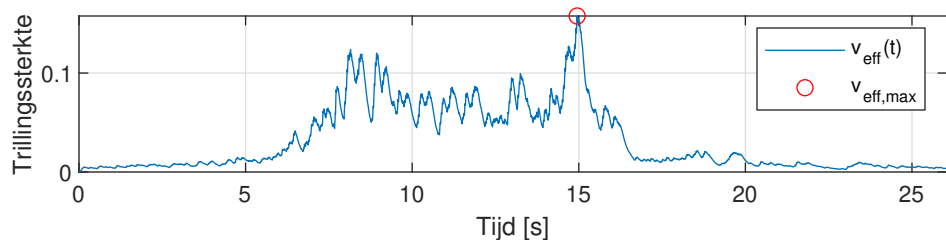
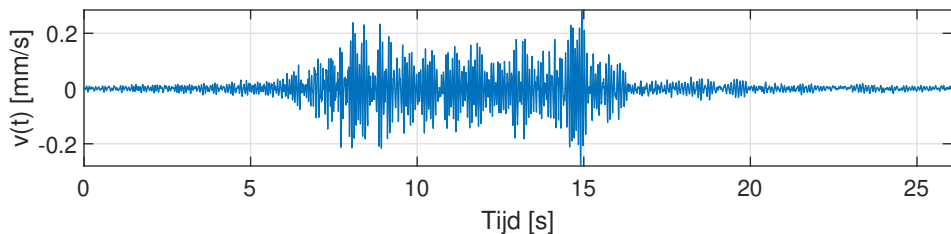
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-11 19:20



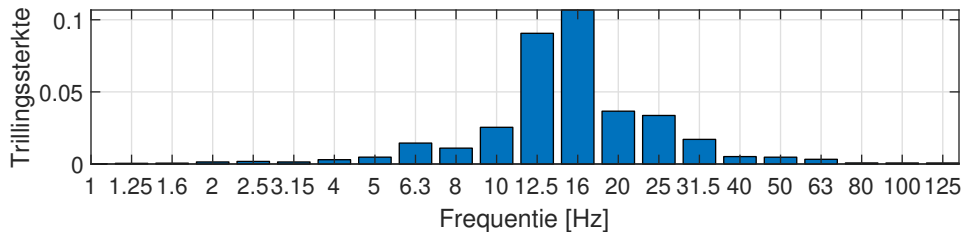
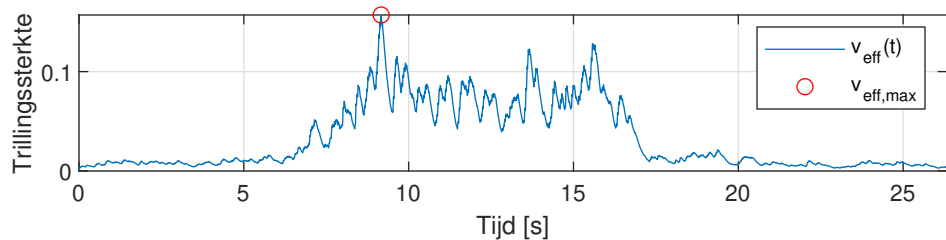
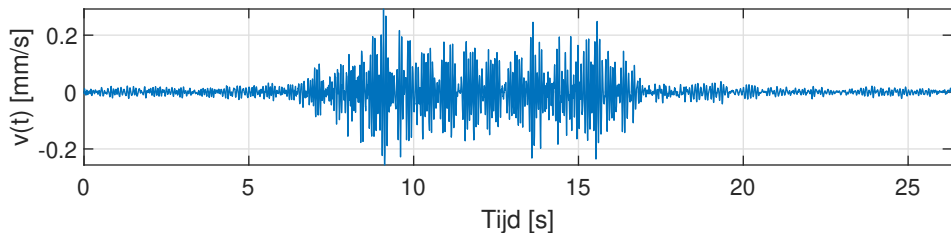
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-10 23:50



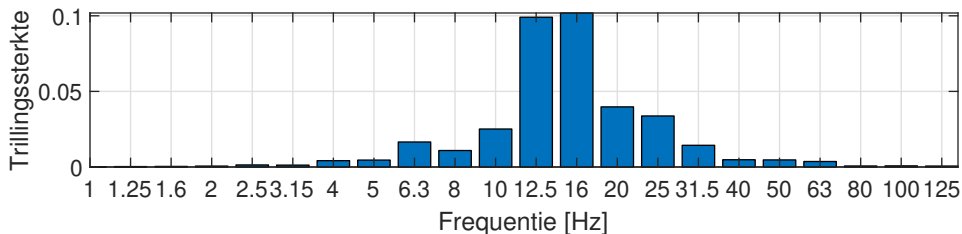
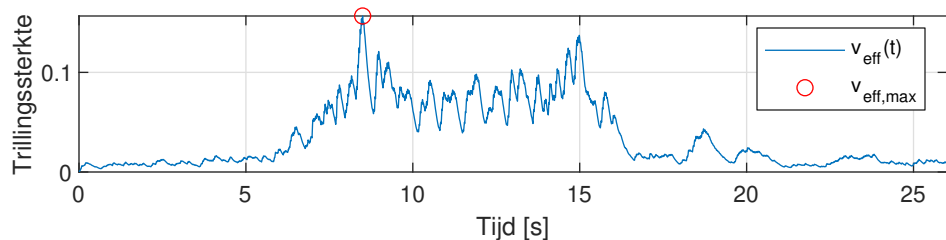
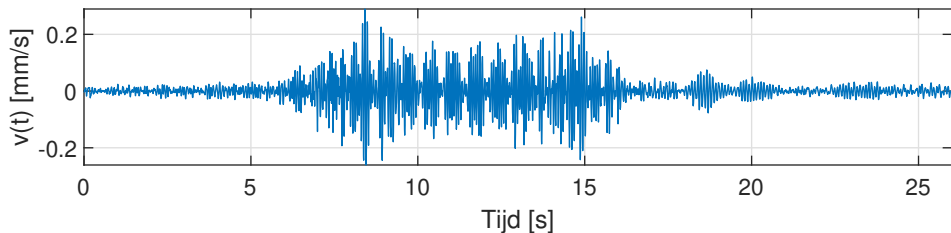
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-05 20:50



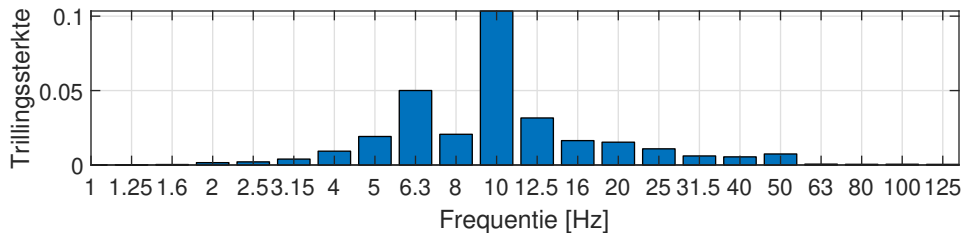
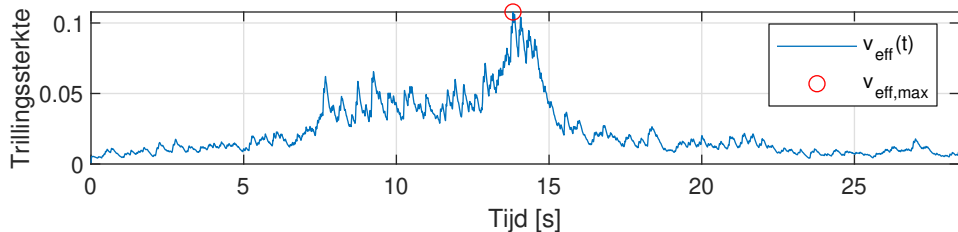
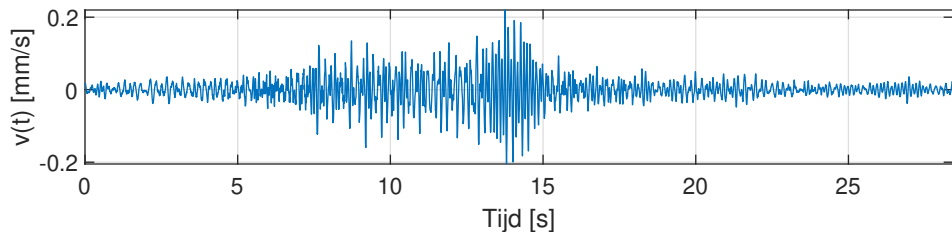
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-06 08:51



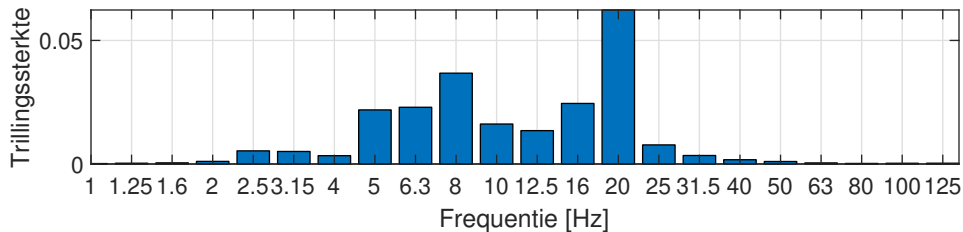
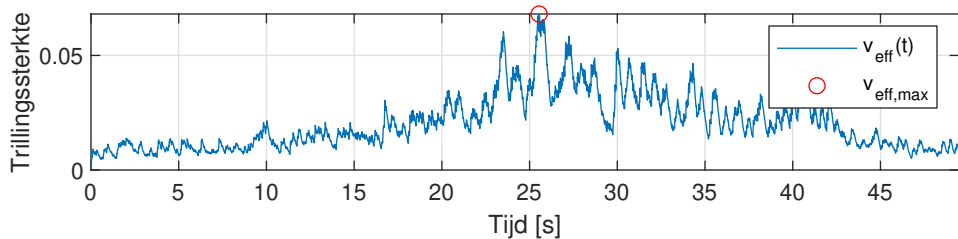
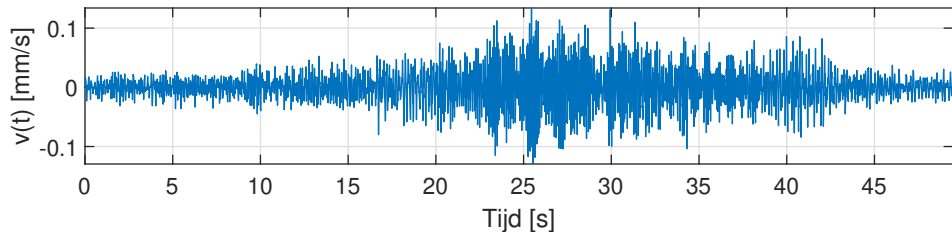
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2022-10-11 19:50



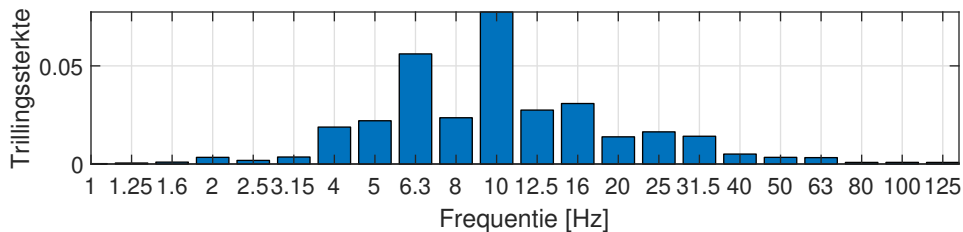
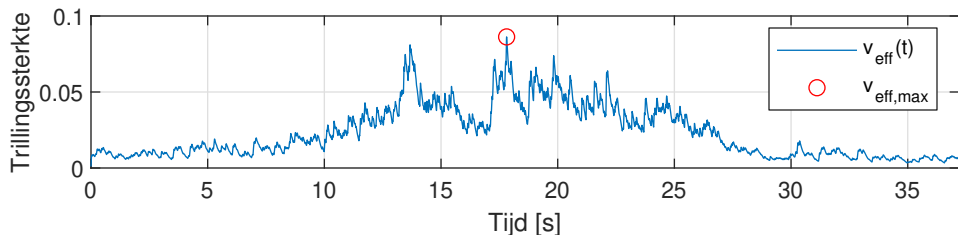
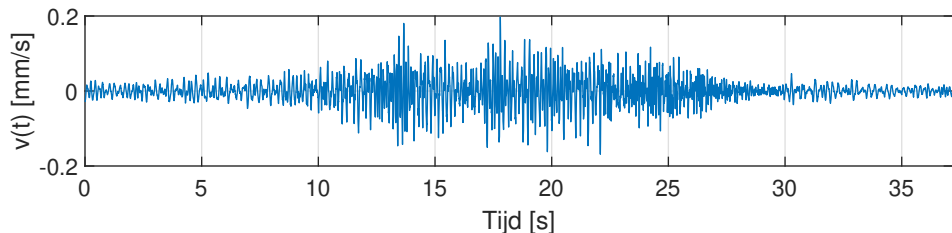
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-09 10:33



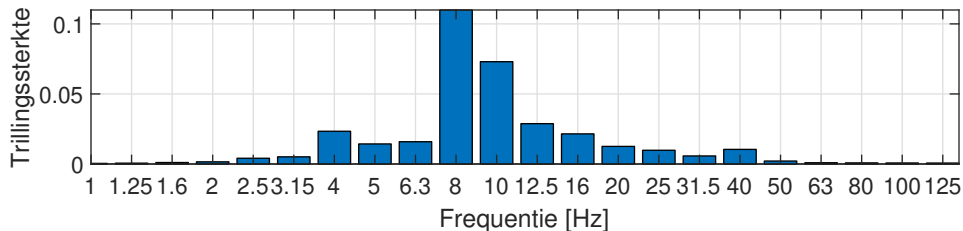
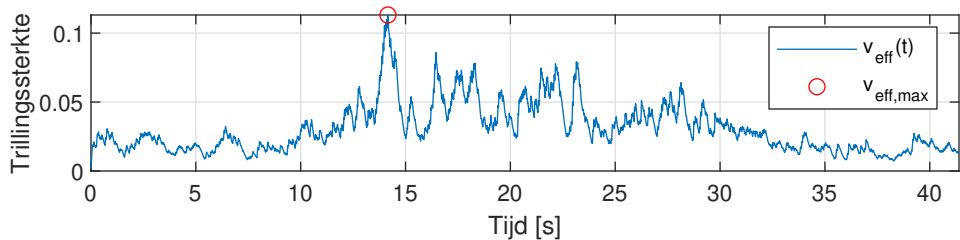
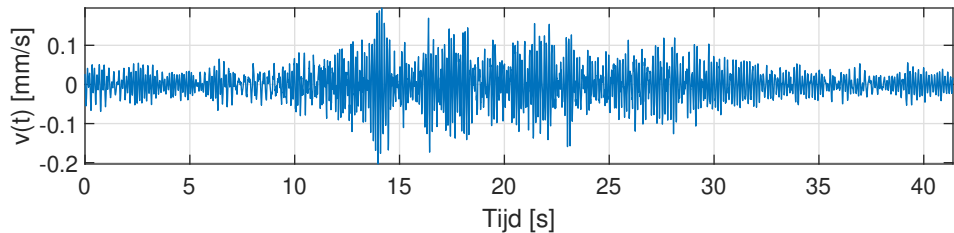
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-09 21:32



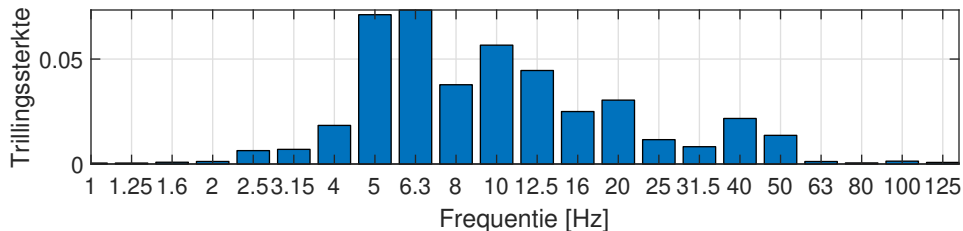
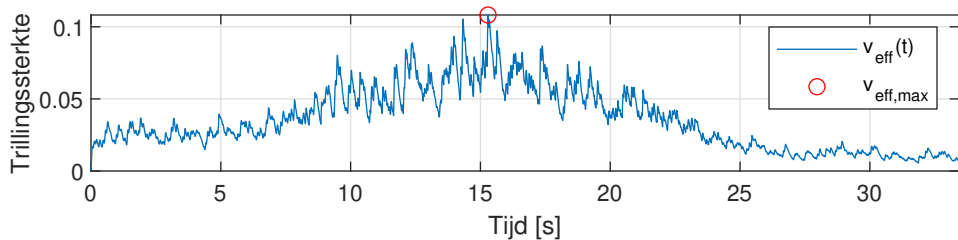
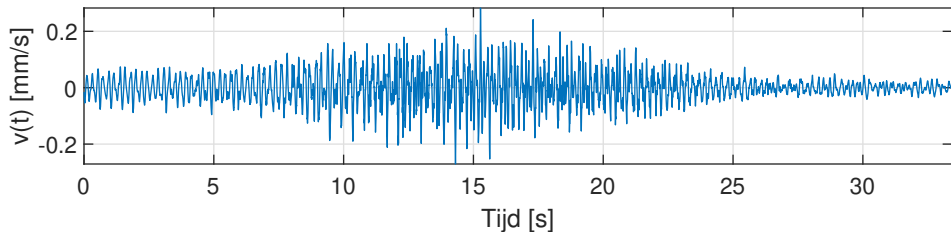
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-10 14:05



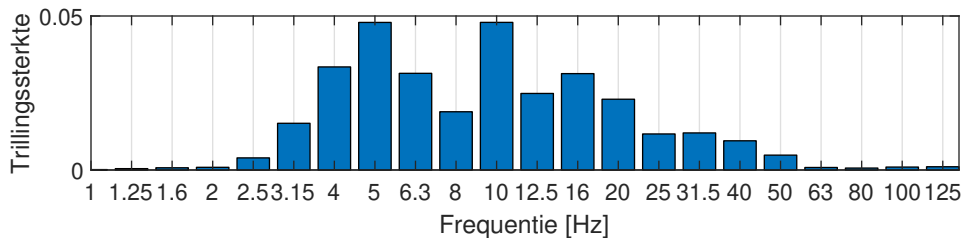
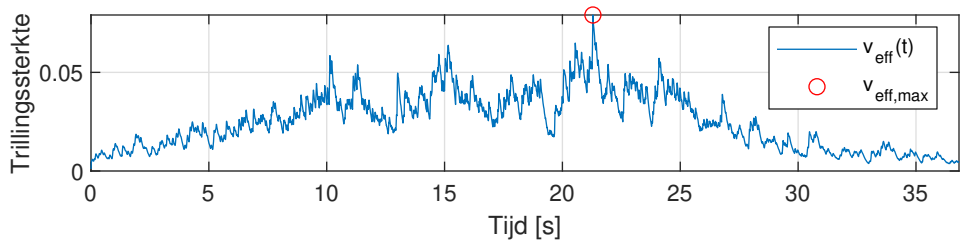
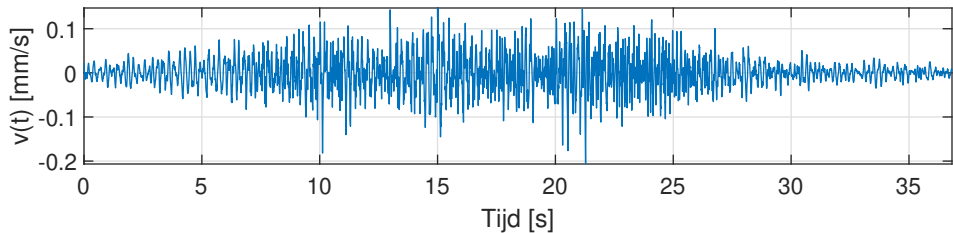
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-10 07:04



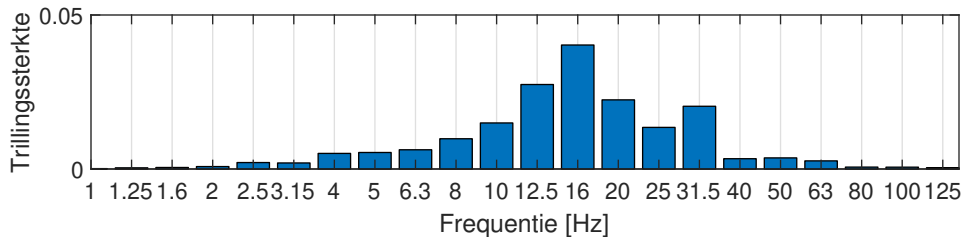
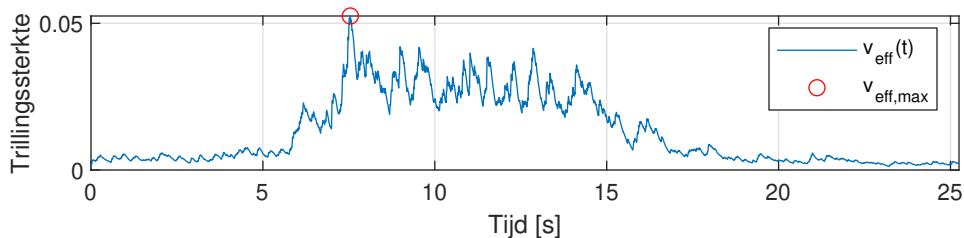
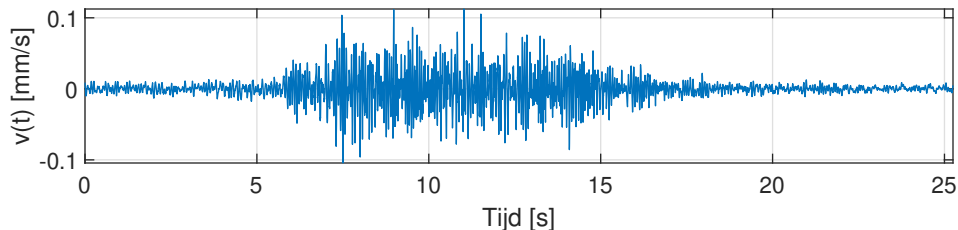
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-07 00:32



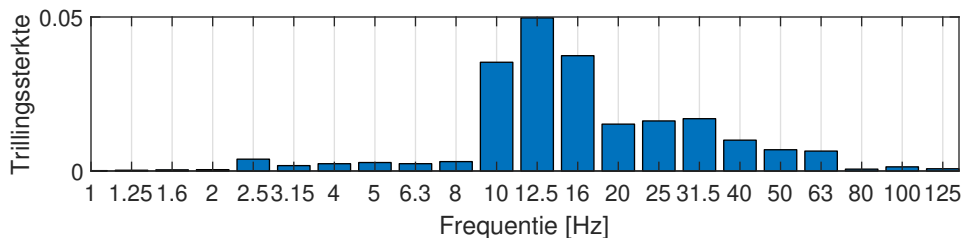
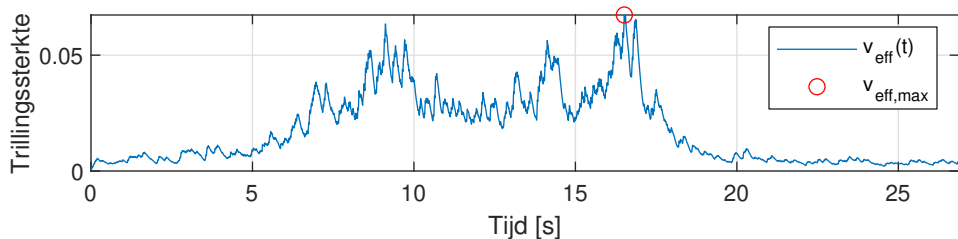
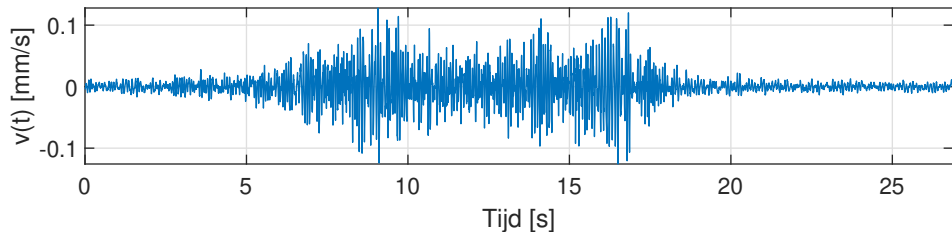
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-07 21:18



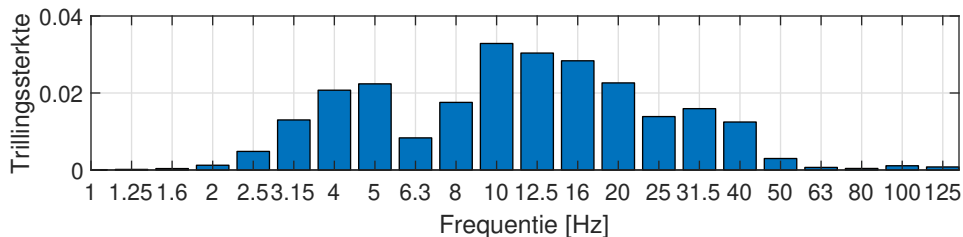
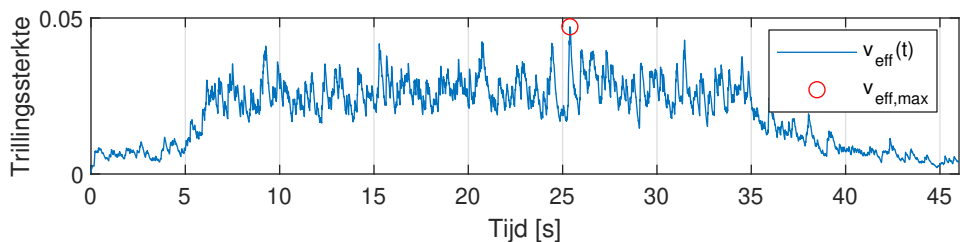
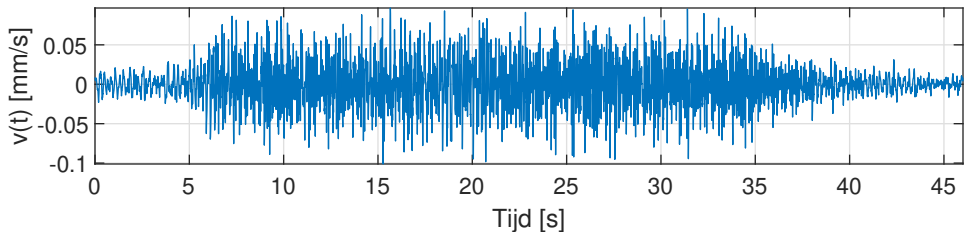
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-08 10:15



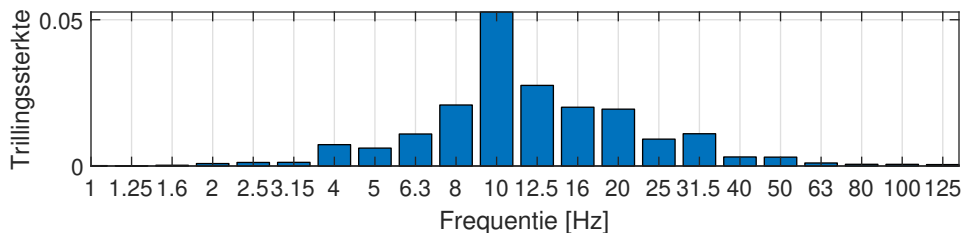
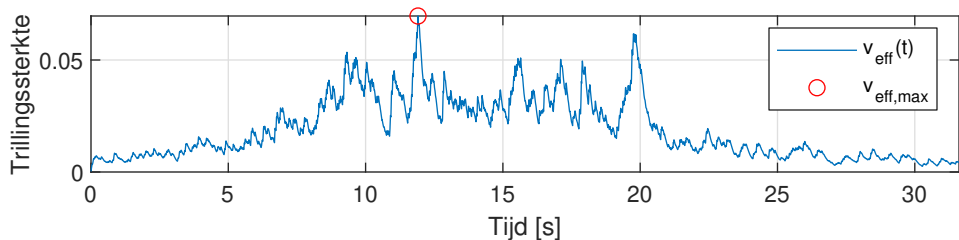
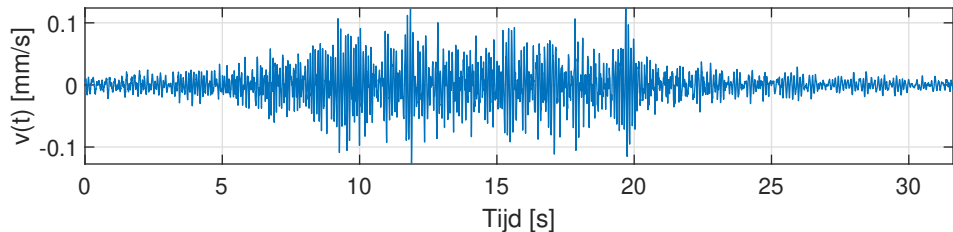
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-08 18:21



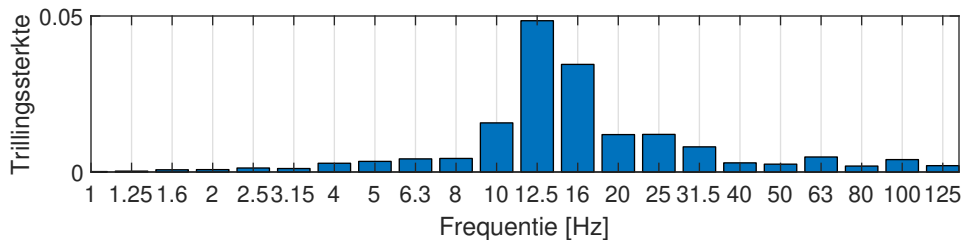
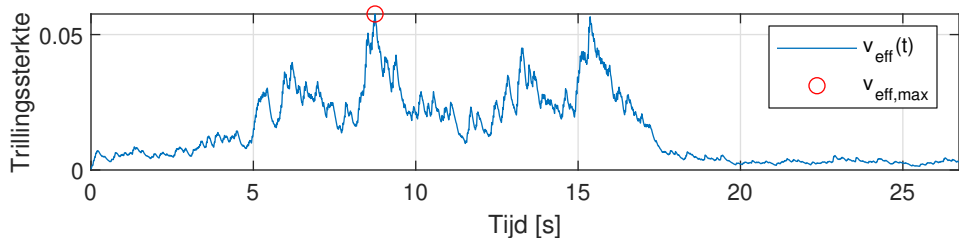
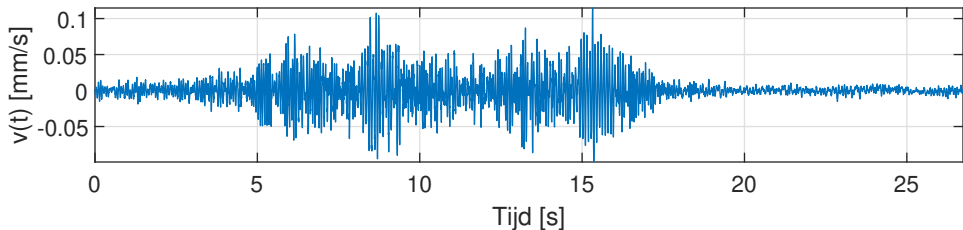
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-07 01:25



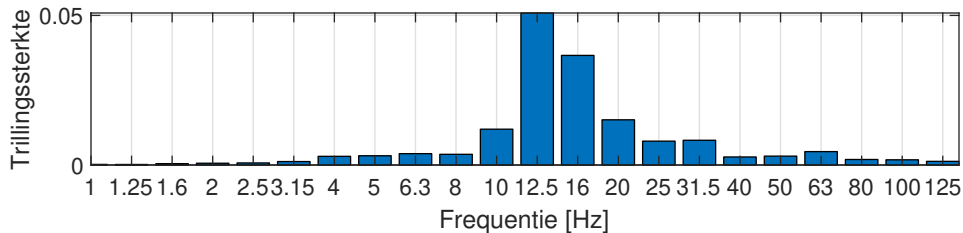
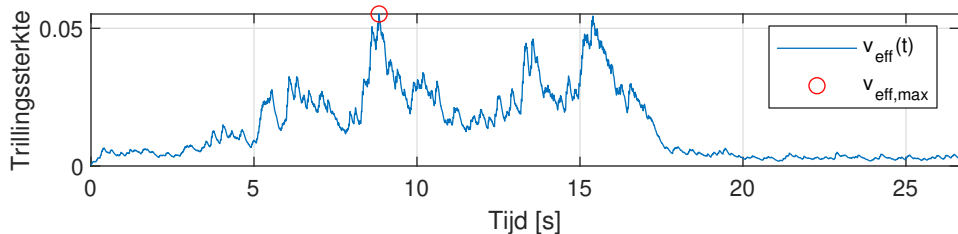
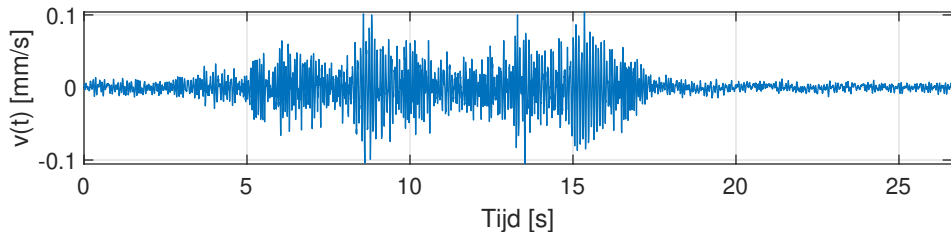
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2022-10-06 23:30



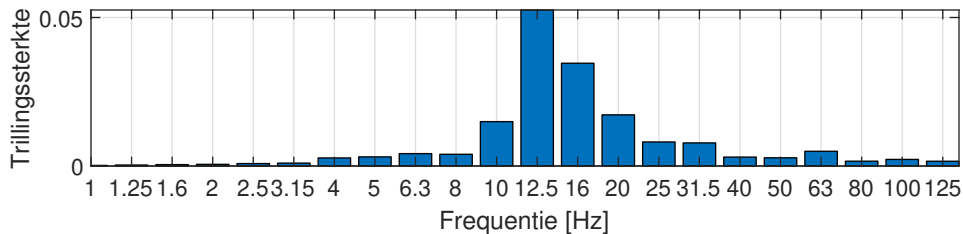
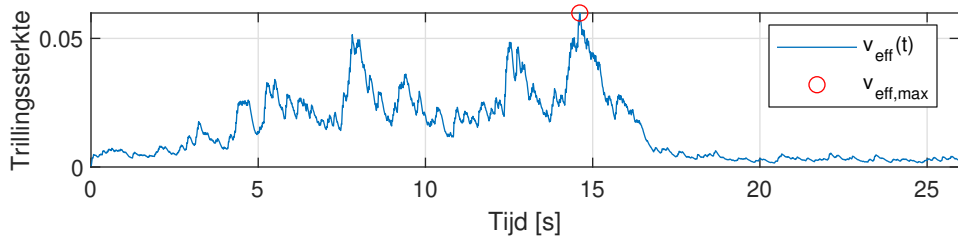
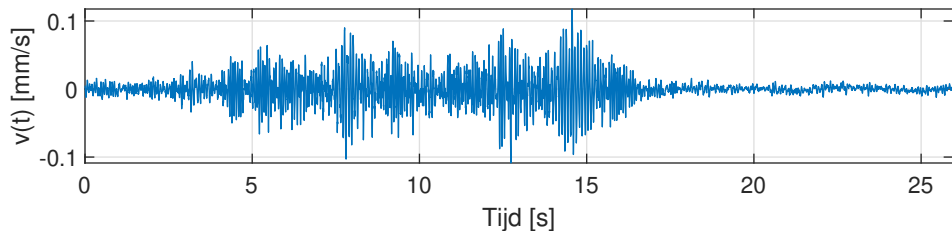
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 17:20



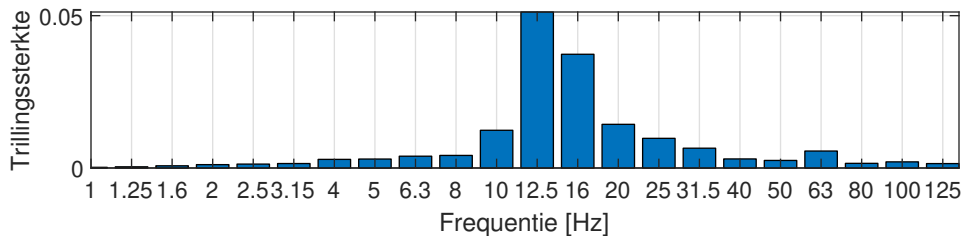
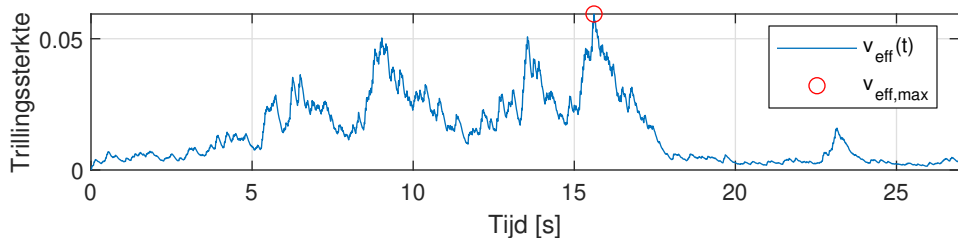
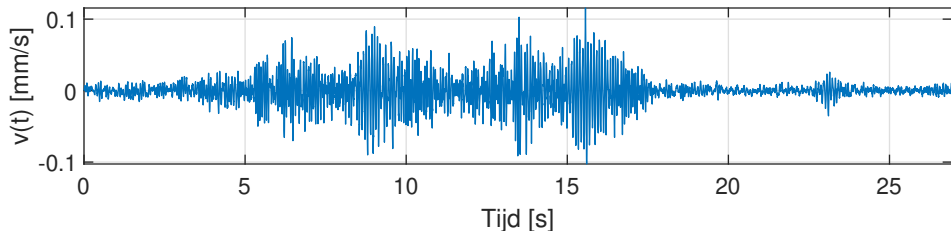
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 19:20



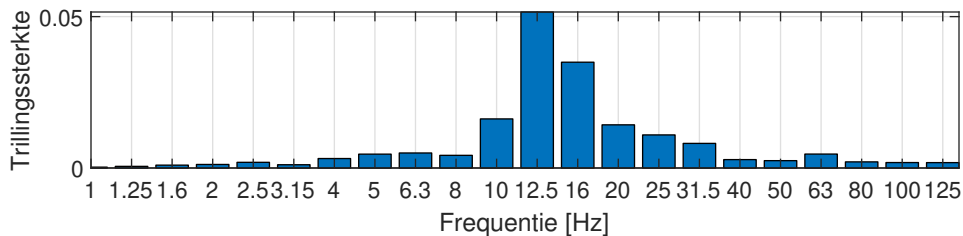
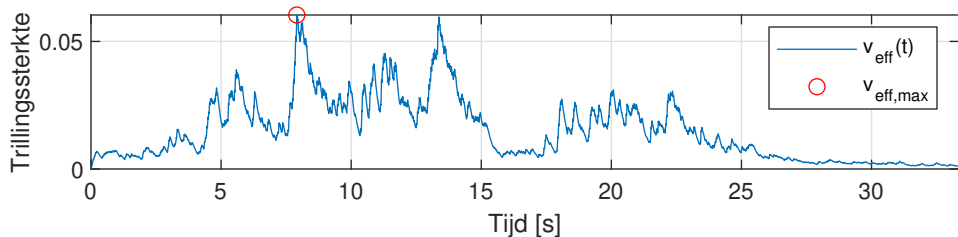
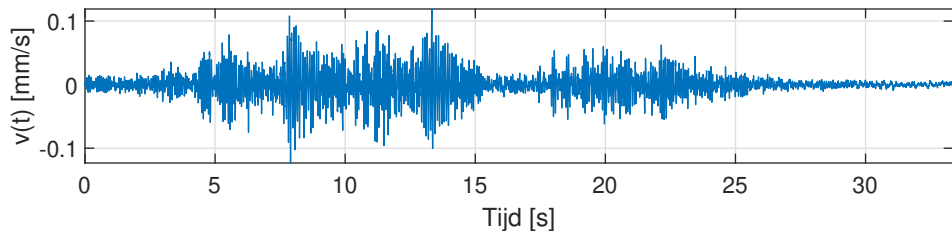
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 18:50



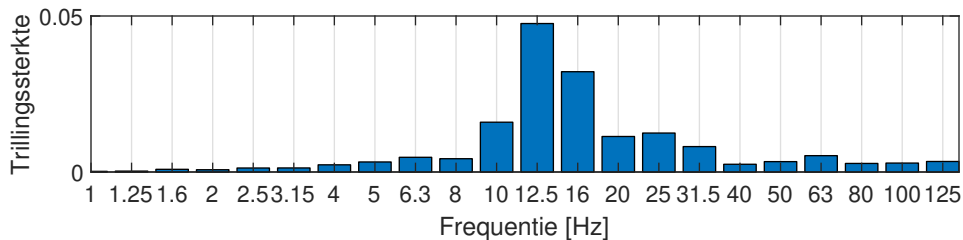
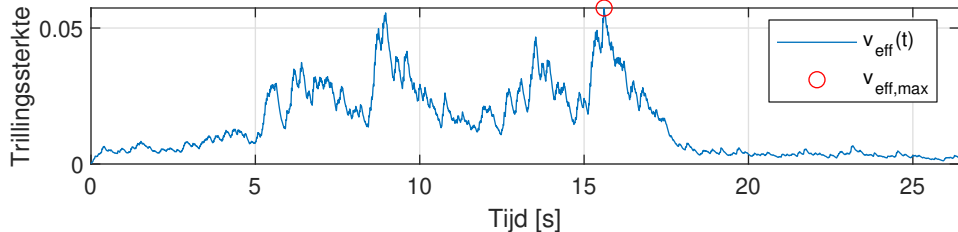
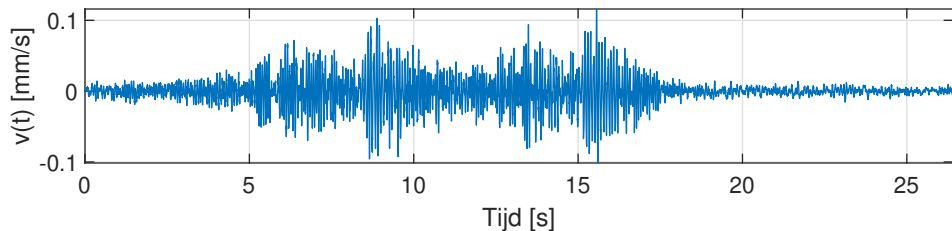
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 15:20



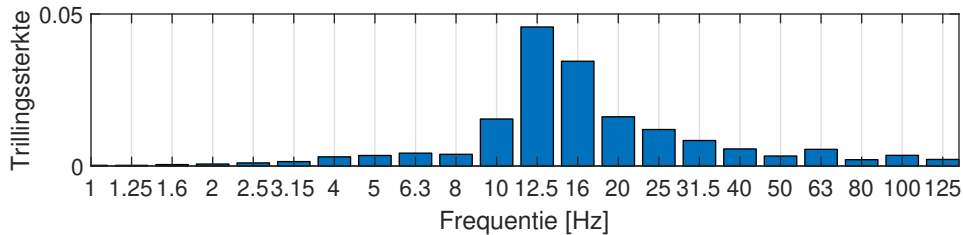
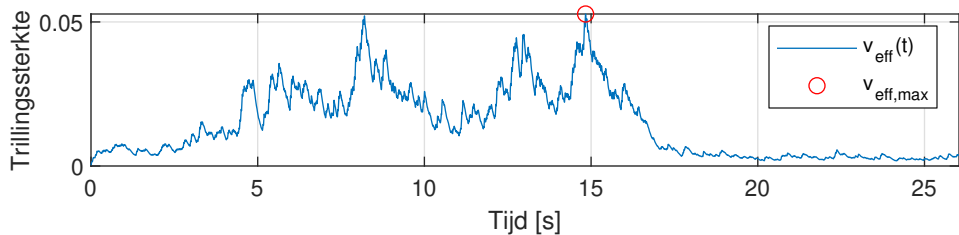
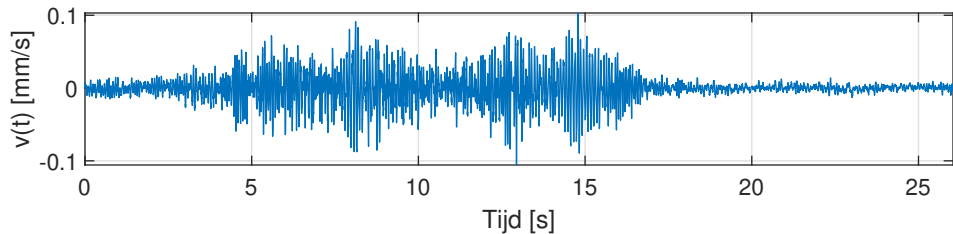
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 16:20



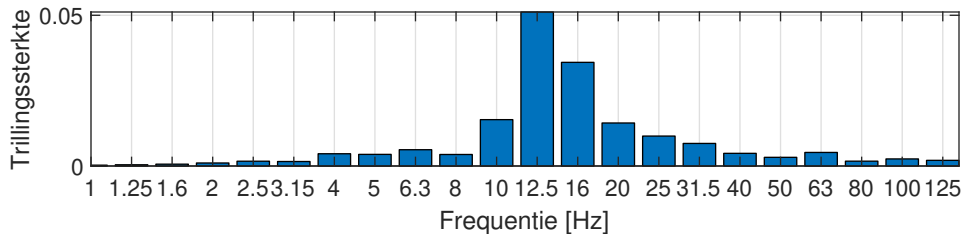
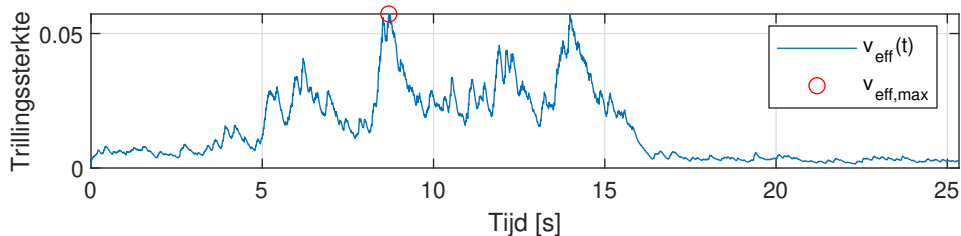
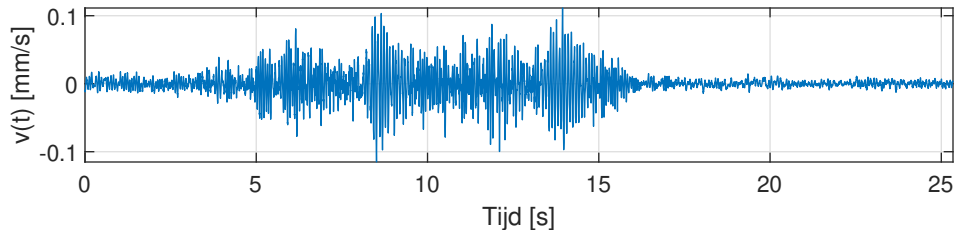
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 16:50



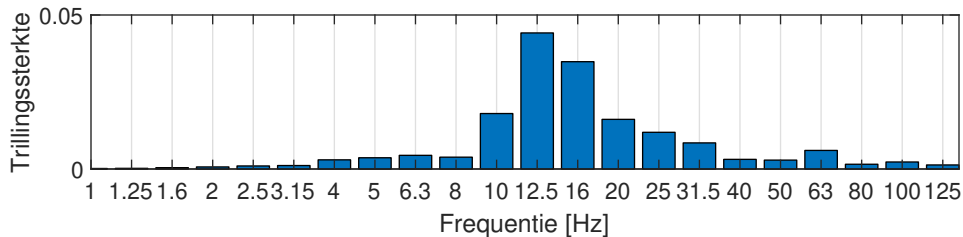
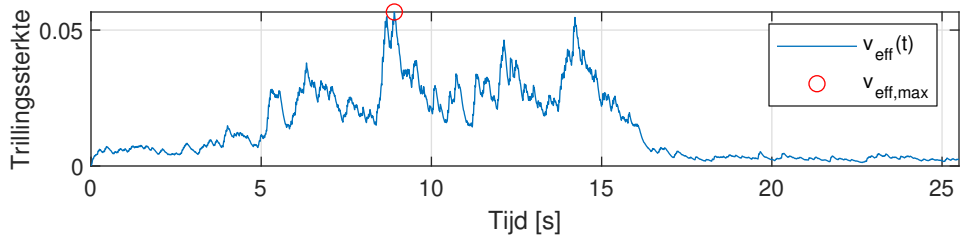
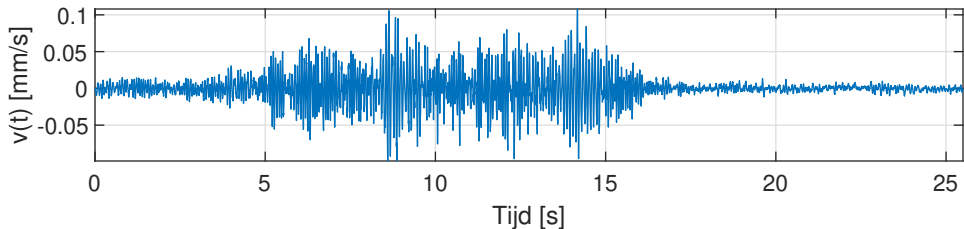
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 18:20



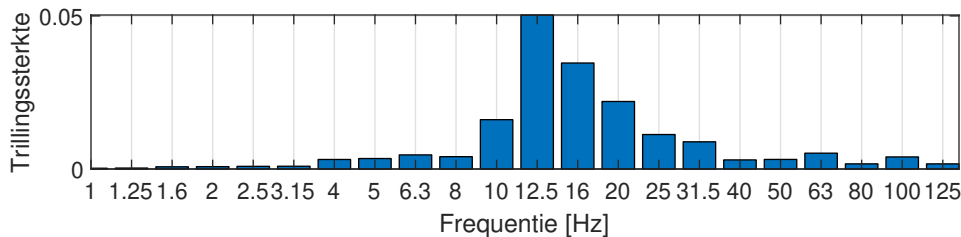
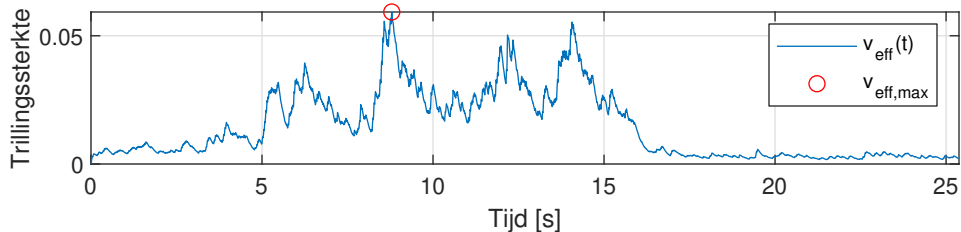
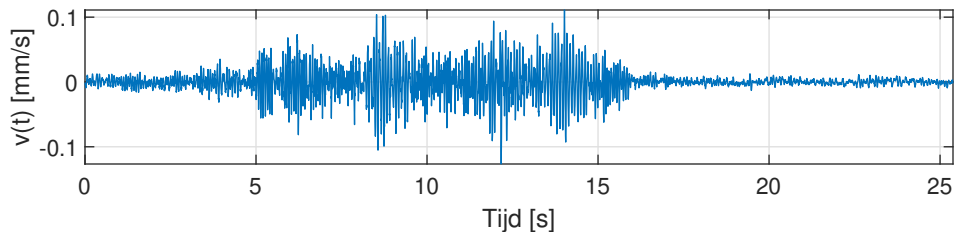
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 15:50



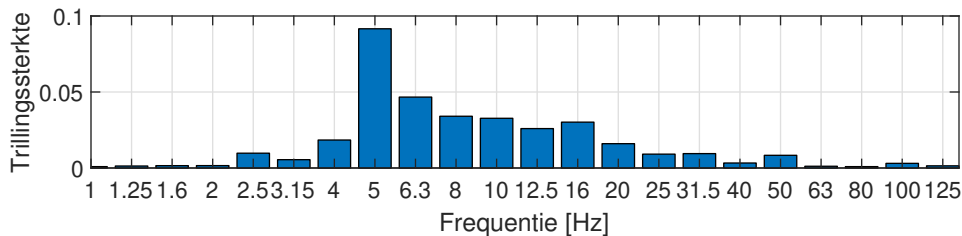
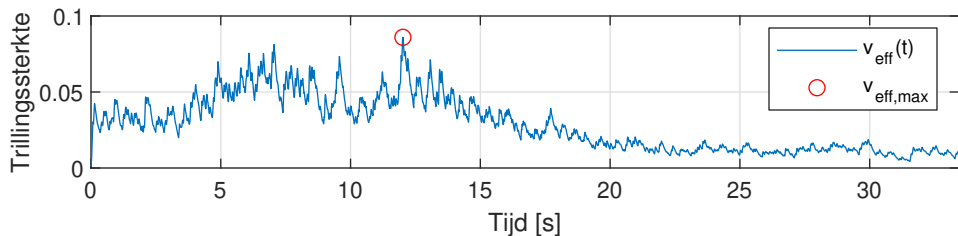
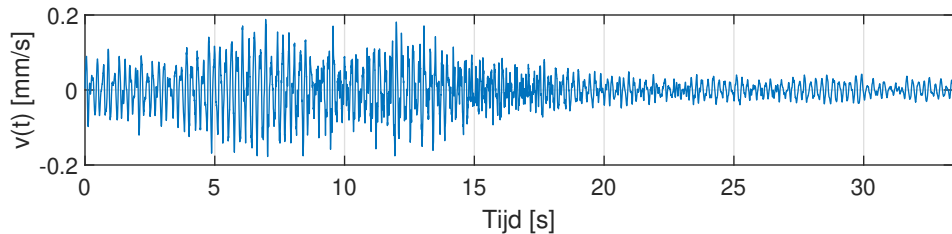
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 19:50



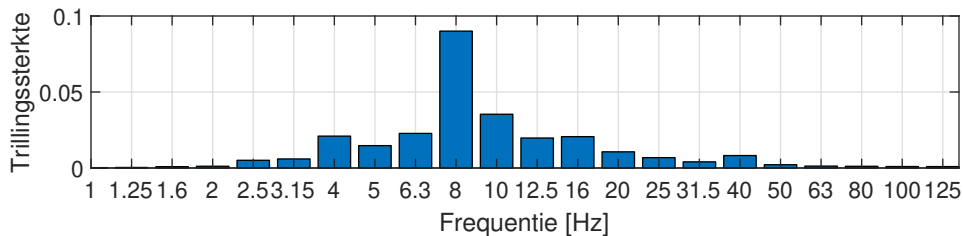
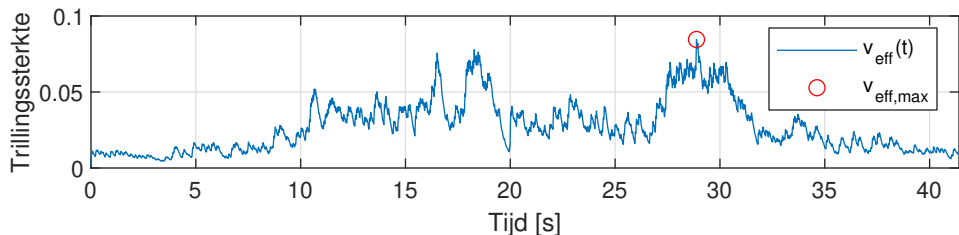
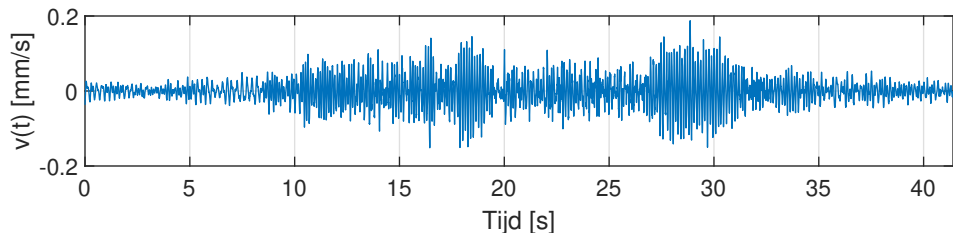
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2022-10-05 17:50



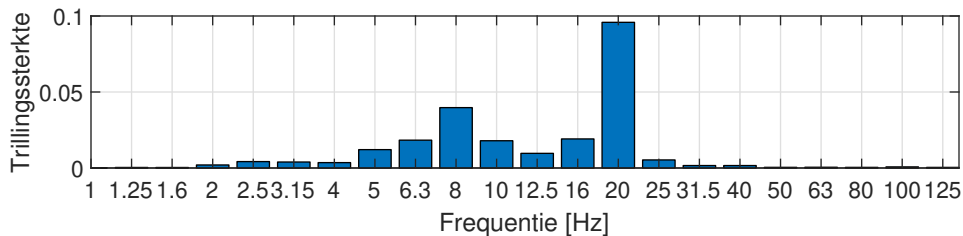
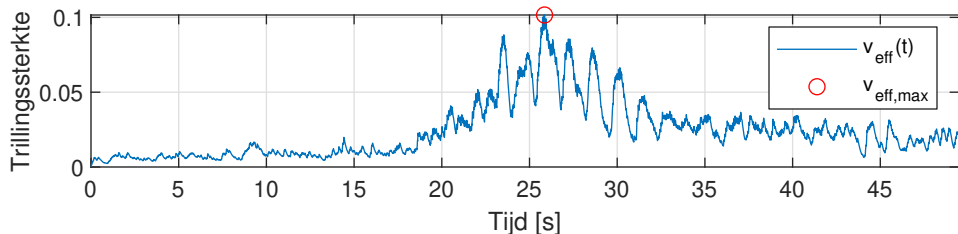
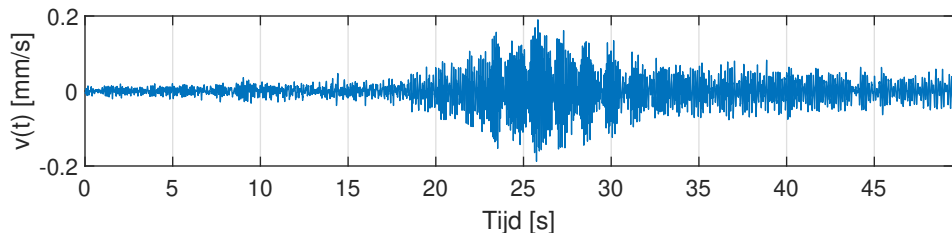
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-07 00:32



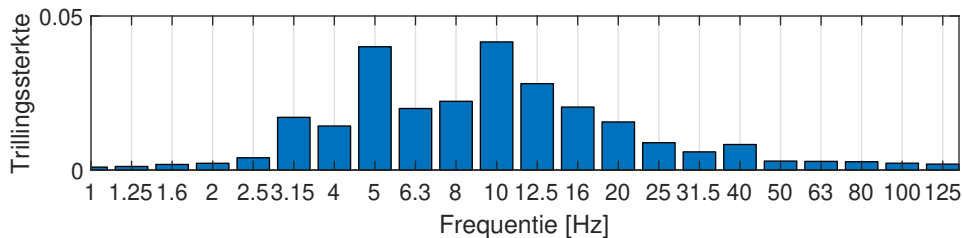
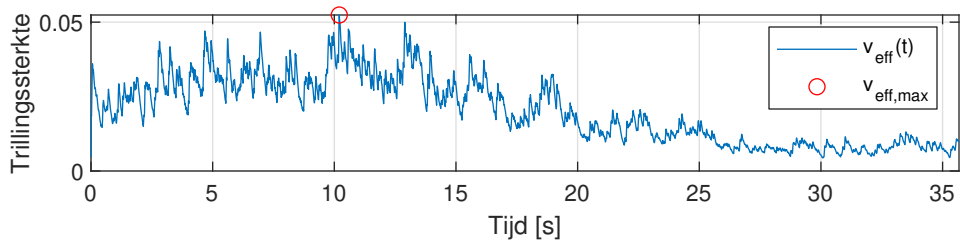
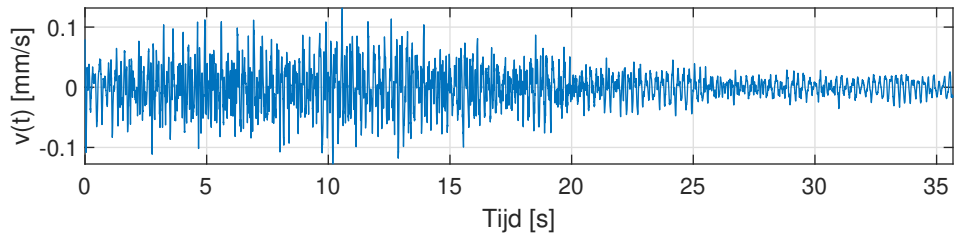
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-10 07:04



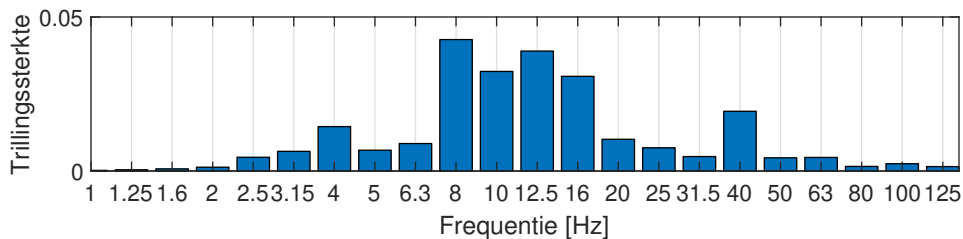
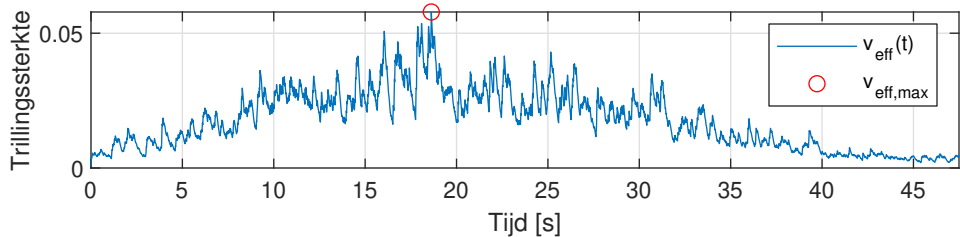
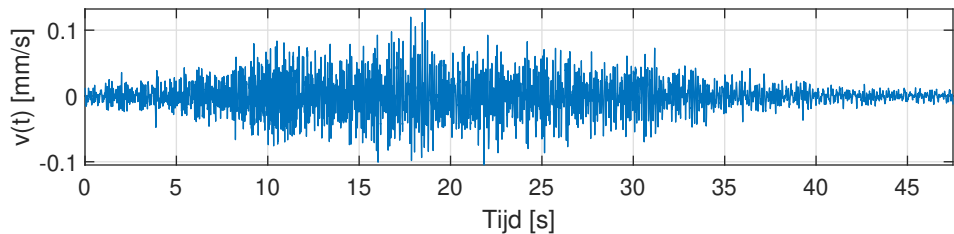
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-09 21:32



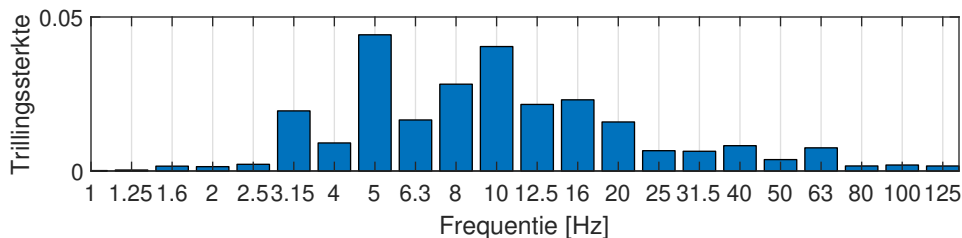
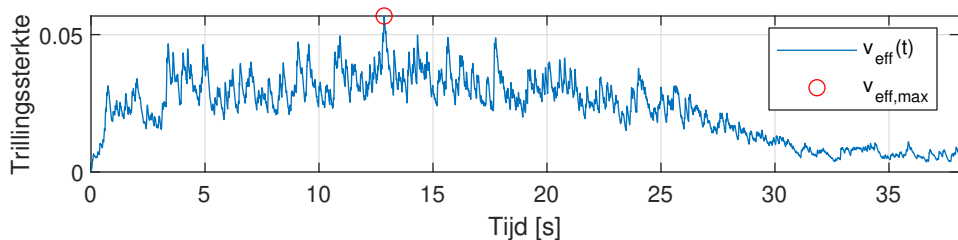
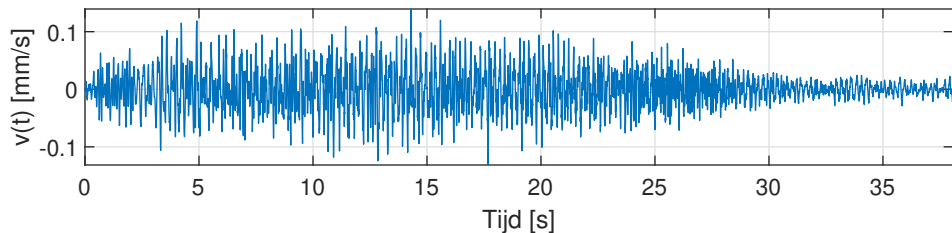
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-07 13:00



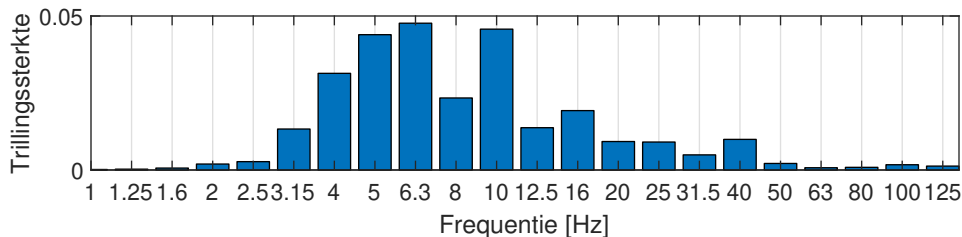
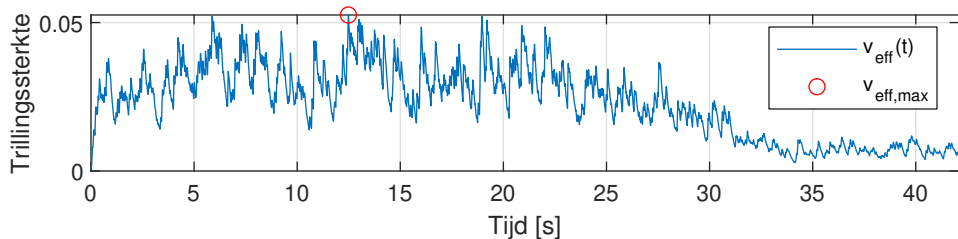
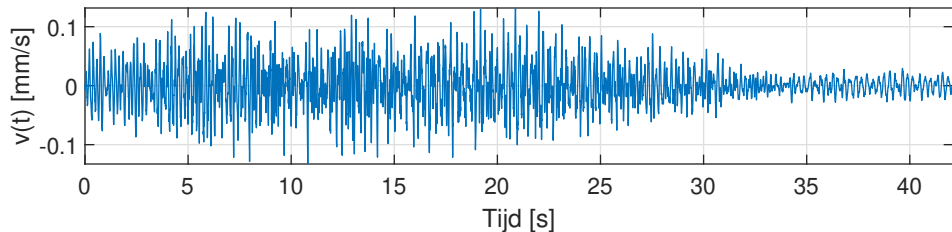
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-06 21:37



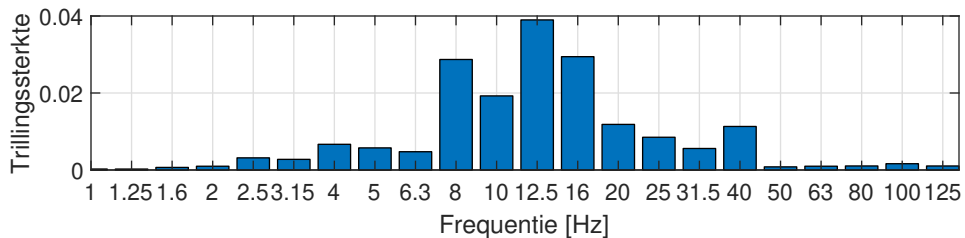
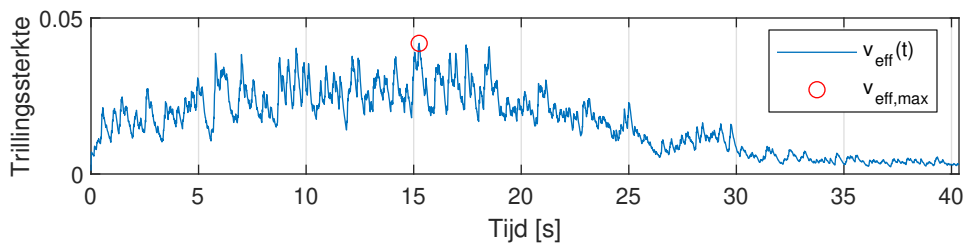
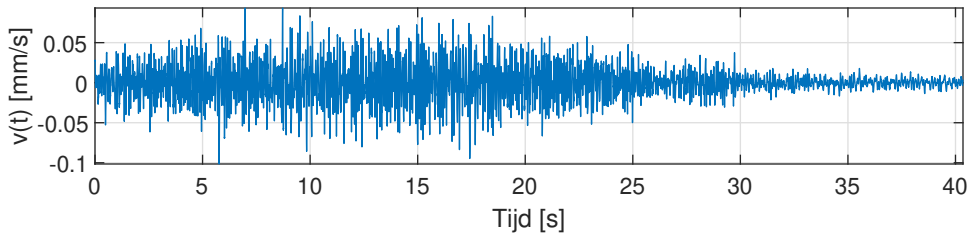
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-11 19:26



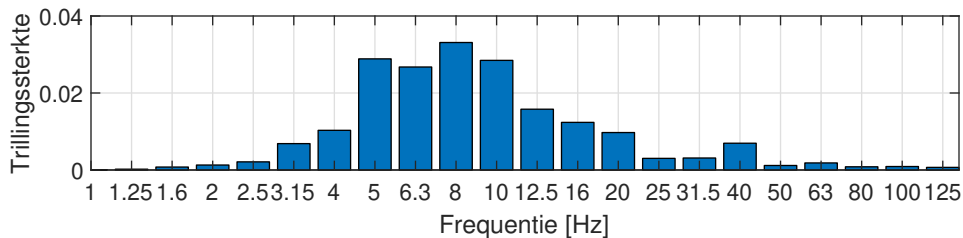
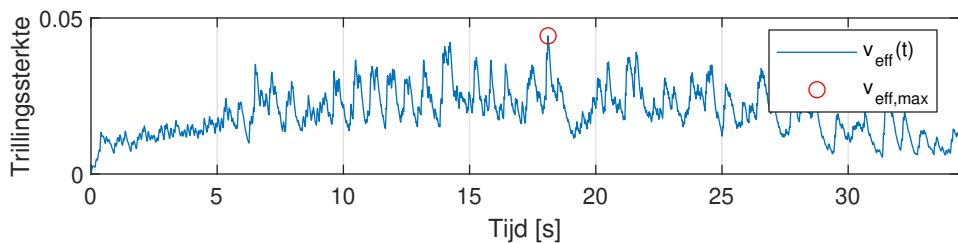
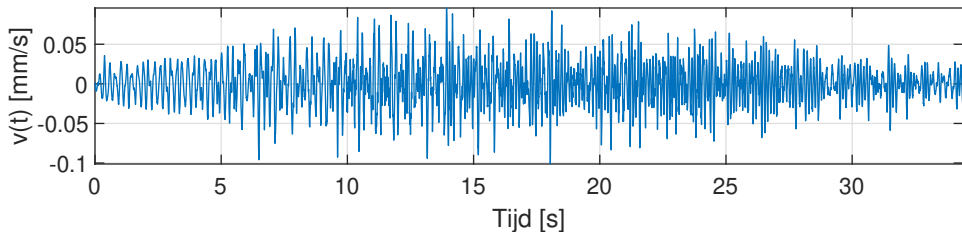
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-09 22:18



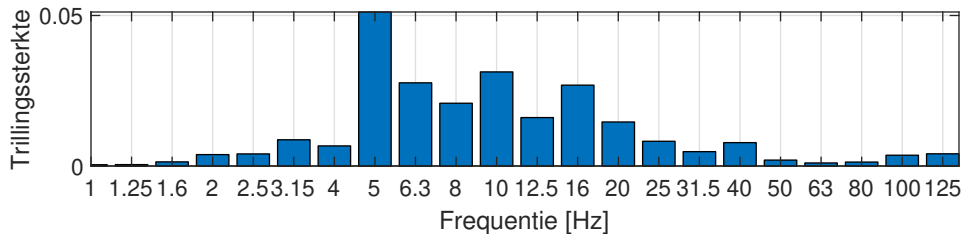
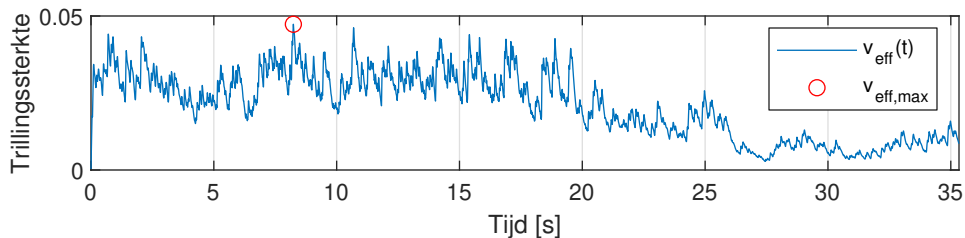
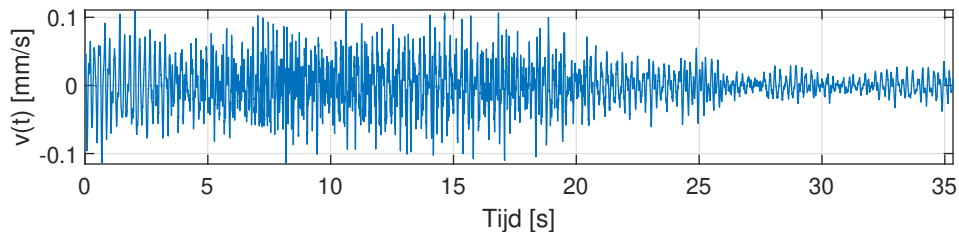
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-06 17:26



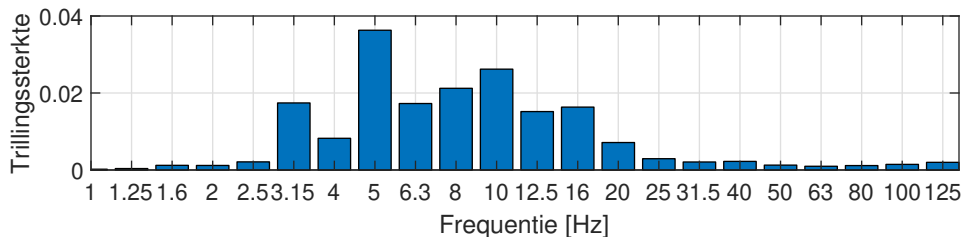
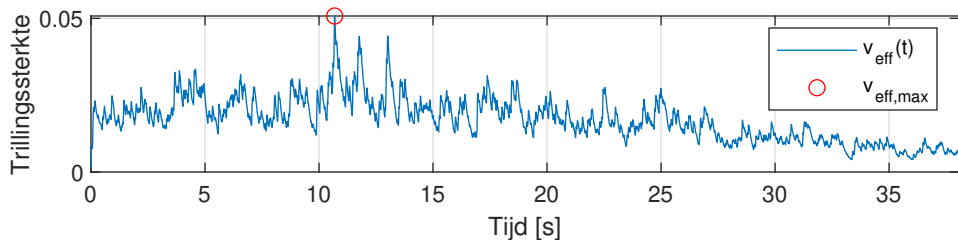
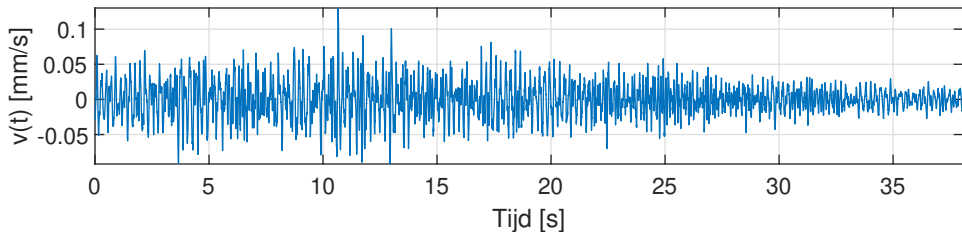
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-09 16:35



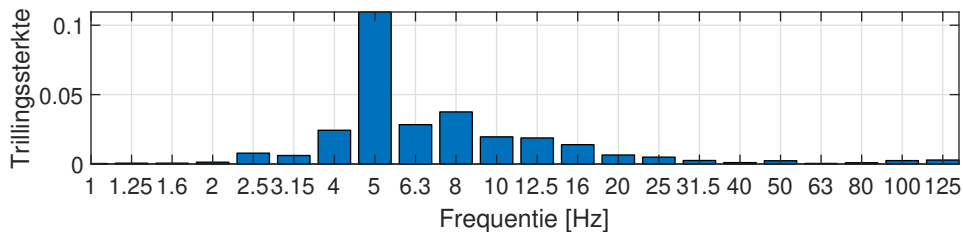
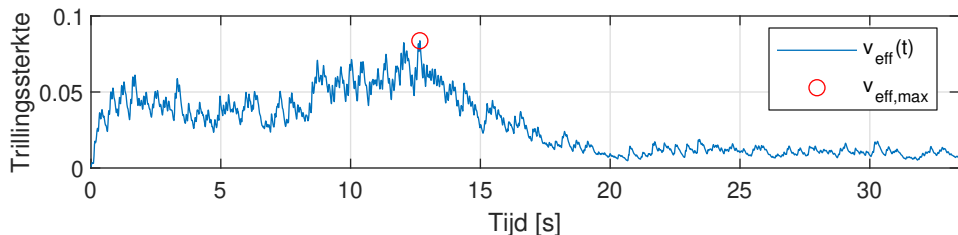
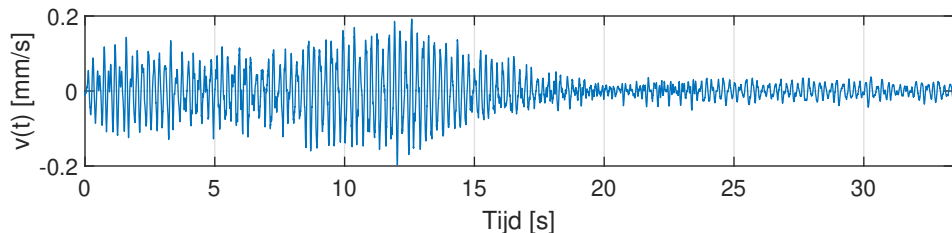
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2022-10-08 12:56



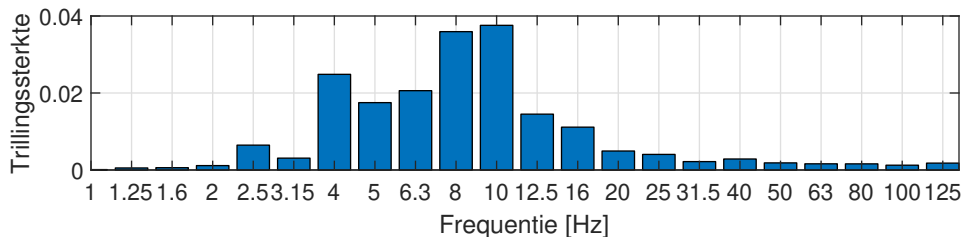
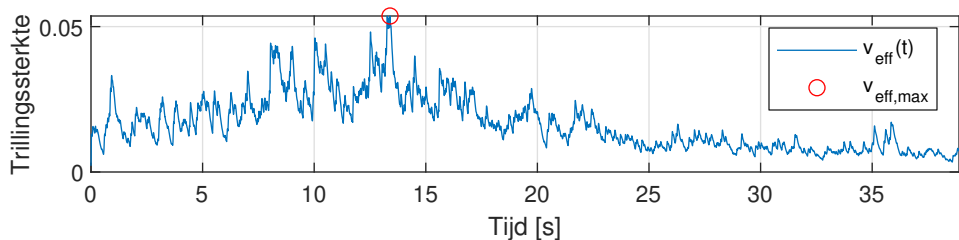
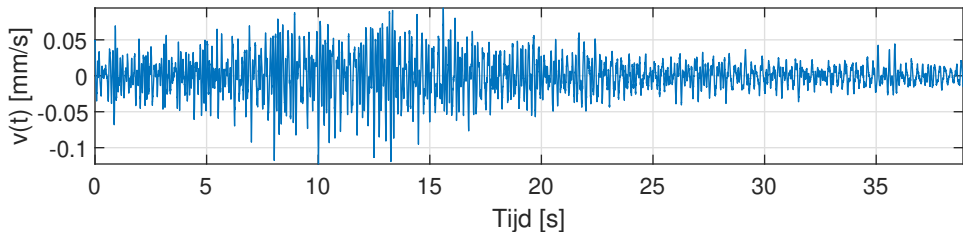
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-11 19:26



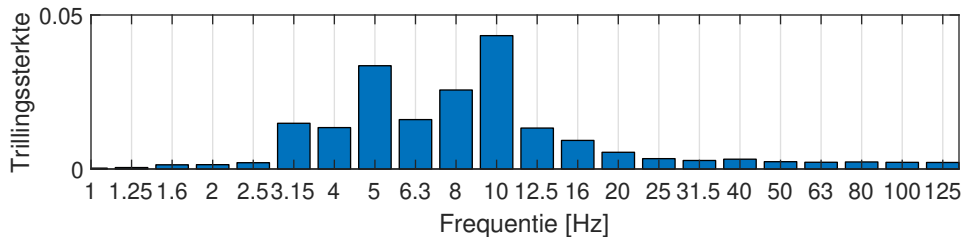
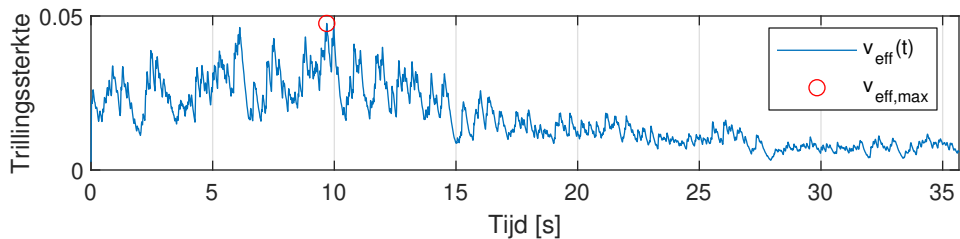
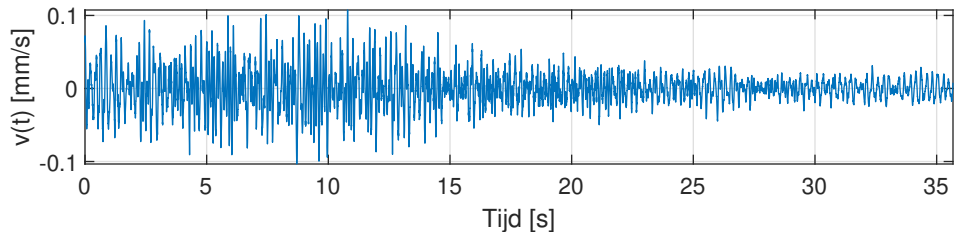
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-07 00:32



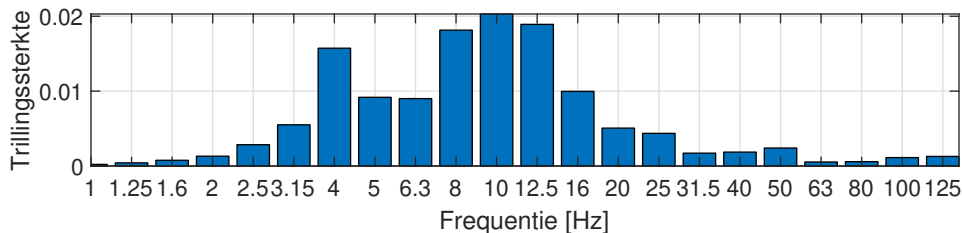
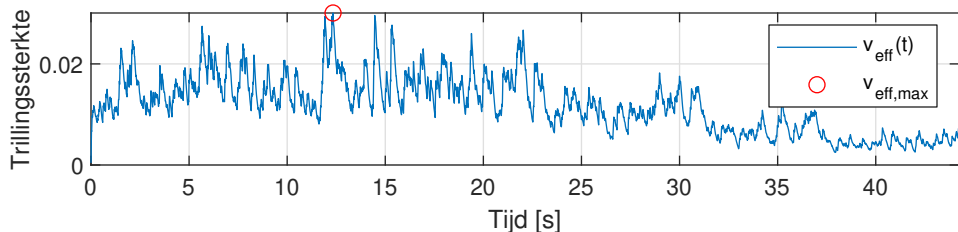
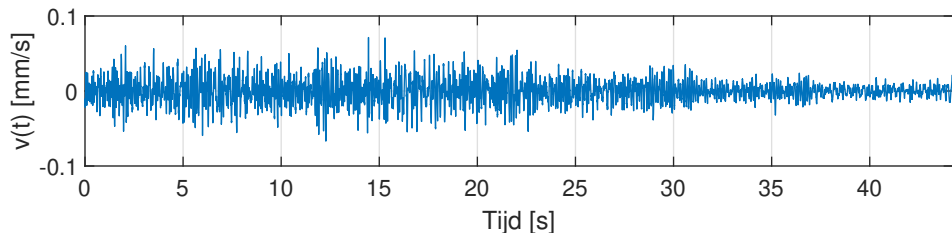
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-11 19:43



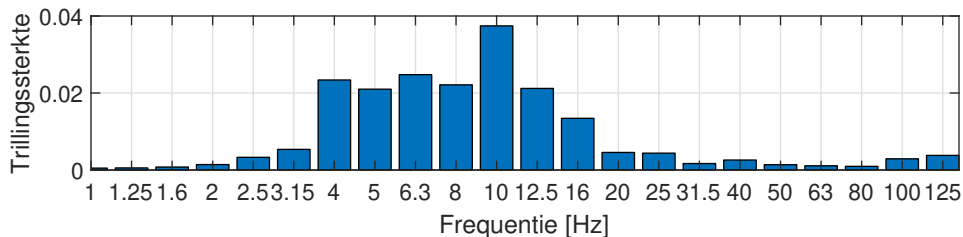
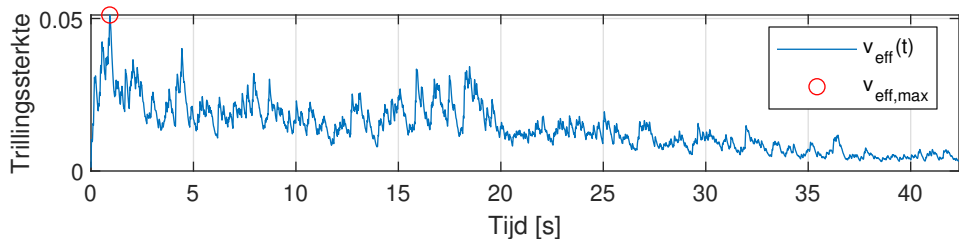
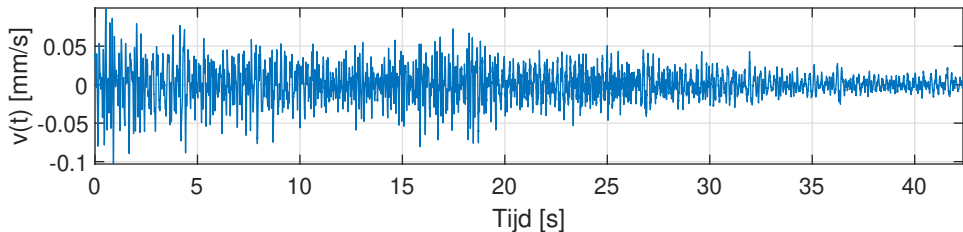
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-07 13:00



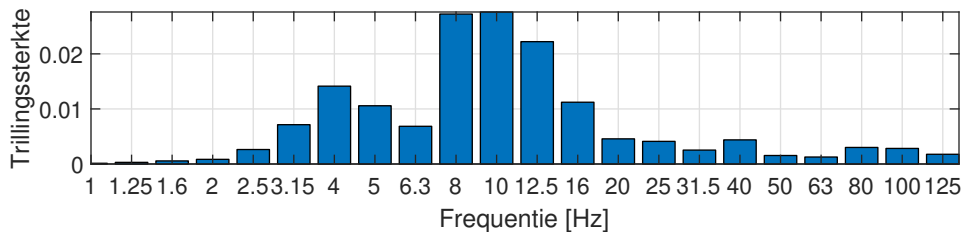
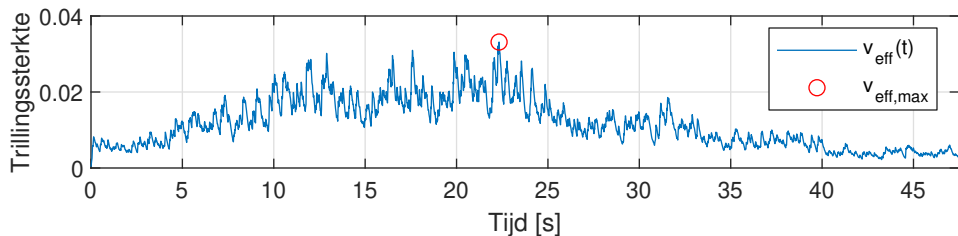
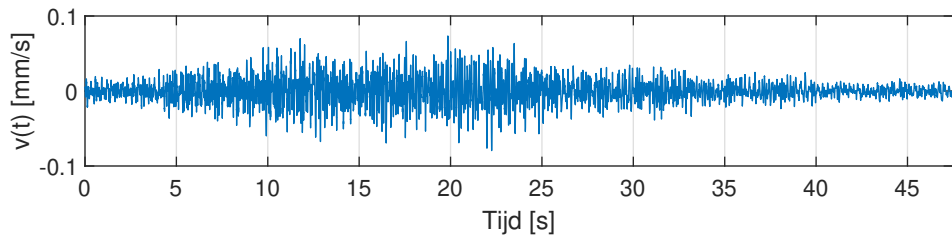
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-11 13:44



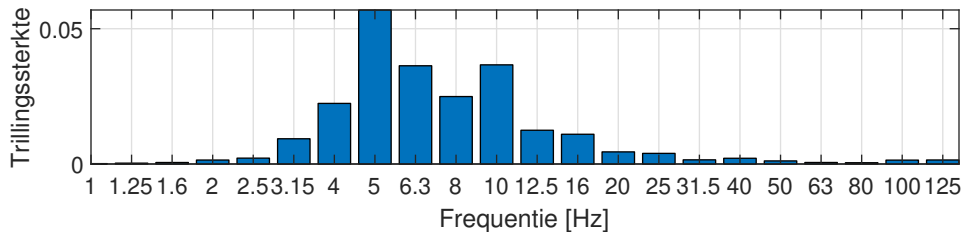
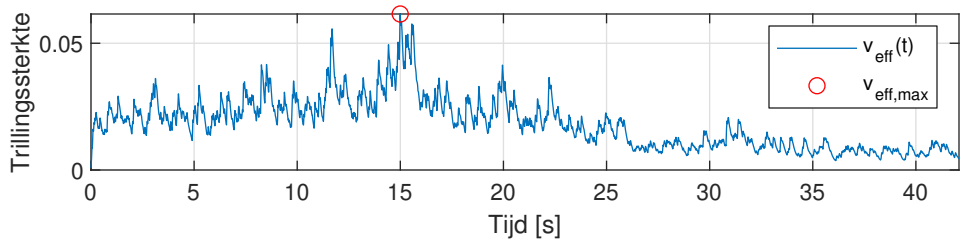
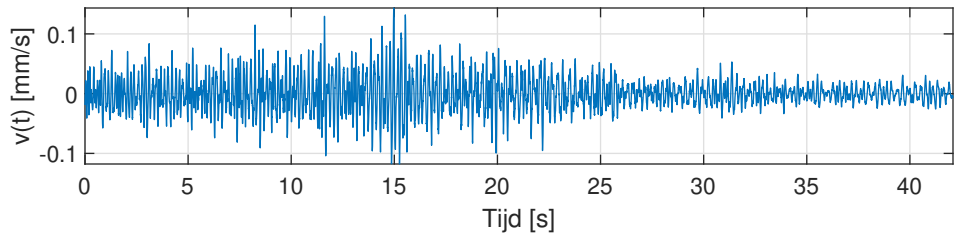
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-10 17:28



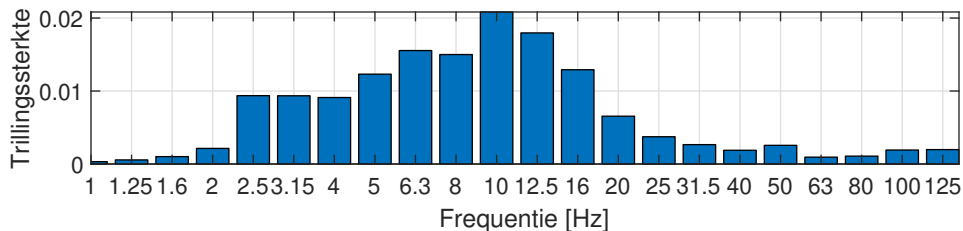
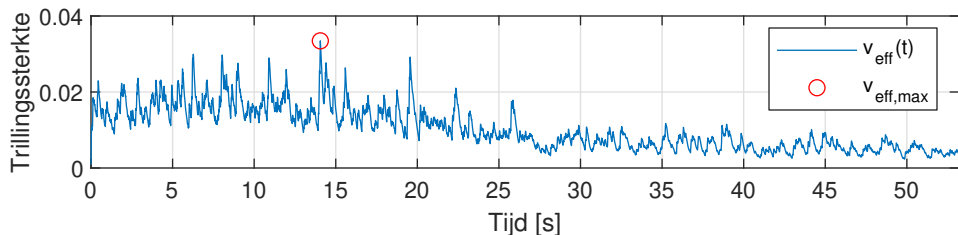
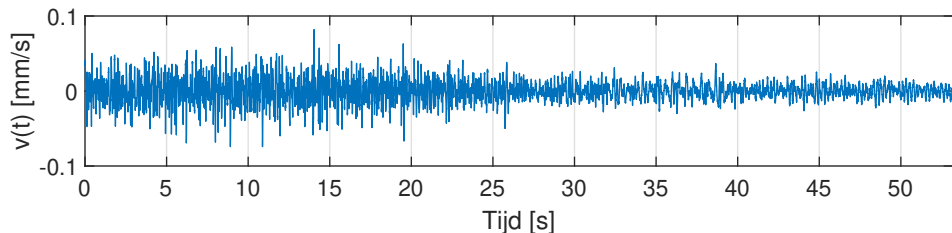
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-06 21:37



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-09 22:18



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-06 06:25



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 6 om 2022-10-12 00:26

