

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 woningbouwplan Middengebied Noord Sittard-Geleen; prognose trillingshinder spoor

Datum **2 juni 2022**
Referentie **07996-55088-02**

Referentie 07996-55088-02
Rapporttitel Trillingsonderzoek woningbouwplan Middengebied Noord Sittard-Geleen;
prognose trillingshinder spoor

Datum 2 juni 2022

Opdrachtgever BRO
Industriestraat 94
5931 PK TEGELEN
Contactpersoon Mevrouw S. Sharifi

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
5	Prognose	16
5.1	Werkwijze	16
5.2	Invoergegevens	16
5.2.1	$V(f)_{\text{top, maaiveld}}$	16
5.2.2	$H(f)_{\text{fundering}}$	17
5.2.3	$H(f)_{\text{vloer}}$	17
5.2.4	$H(f)_{\text{afstand}}$	18
5.2.5	Resultaat prognose	18
5.3	Beoordeling V_{max}	19
5.4	Beoordeling V_{per}	20
5.5	Beschouwing	21
5.5.1	Conservatief model	21
5.5.2	Aantal overschrijdingen per week en per etmaal	21
5.5.3	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	23
5.5.4	Trillingssterkte verder reduceren	23
5.5.5	Goede ruimtelijke ordening	24
6	Conclusie	25

Bijlage I Grafische weergave meetresultaten

1 Inleiding

In opdracht van BRO is door Cauberg Huygen een trillingsonderzoek uitgevoerd in verband met het ontwikkelen van een woningbouwplan in het Middengebied-Noord in de gemeente Sittard-Geleen. Het project ligt op relatief korte afstand van de spoorlijn Sittard - Heerlen. De eerstelijns bebouwing ligt op circa 26 tot 50 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. Het spoor ligt aan de rechterzijde van de figuur.



Figuur 1.1: Situatietekening van het woningbouwplan Middengebied-Noord in de gemeente Sittard-Geleen

De woningen aan de oostzijde van het bouwplan liggen vlak naast het spoor. 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 15 december 2021 en zijn gebruikt om de kenmerken van de trillingen van de treinpassages te bepalen. Hiermee is onderscheid gemaakt tussen treintrillingen en stoortrillingen van bijvoorbeeld de bouwwerkzaamheden aan de zuidkant van het bouwplan. De onbemande metingen zijn aansluitend uitgevoerd tot en met 22 december 2021 voor een periode van zeven dagen.

Er is op maaiveld gemeten, op de plaats van de hoeken van de toekomstige fundering van de bebouwing het dichtst bij het spoor. 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 rust de enkelbestemming 'woongebied' op basis van het op 25 februari 2014 vastgestelde bestemmingsplan 'Middengebied - Noord' van de gemeente Sittard-Geleen. 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.

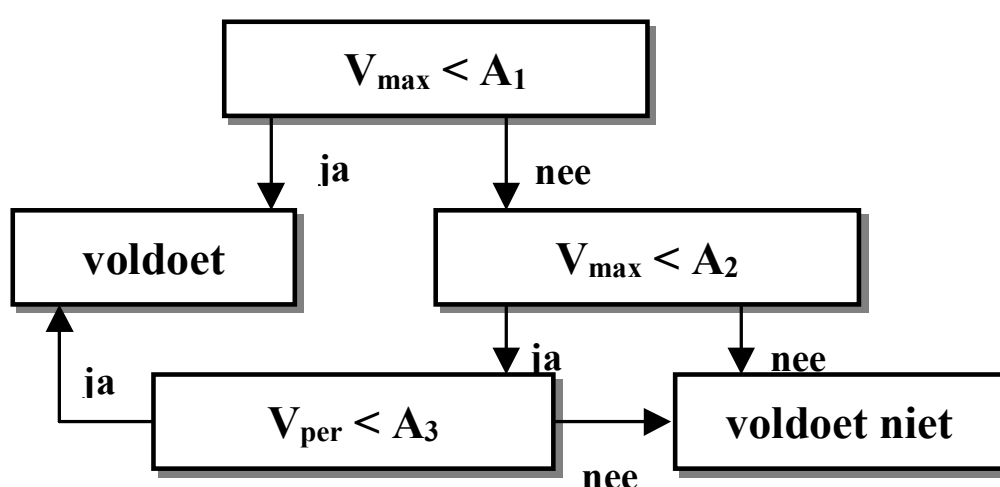
Op 24 maart 2021 is een voorontwerp van een herziening van het bestemmingsplan ingediend. Ook in dit plan rust de enkelbestemming 'woongebied' op het onderzoeksgebied. De indeling van het voorontwerp is te zien in figuur 2.1. Ook in het voorontwerp van deze herziening zijn geen planregels over trillingen opgenomen.



Figuur 2.1: Voorontwerp bestemmingsplanlocatie waarbij "woongebied" geel is gemarkeerd. (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.

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

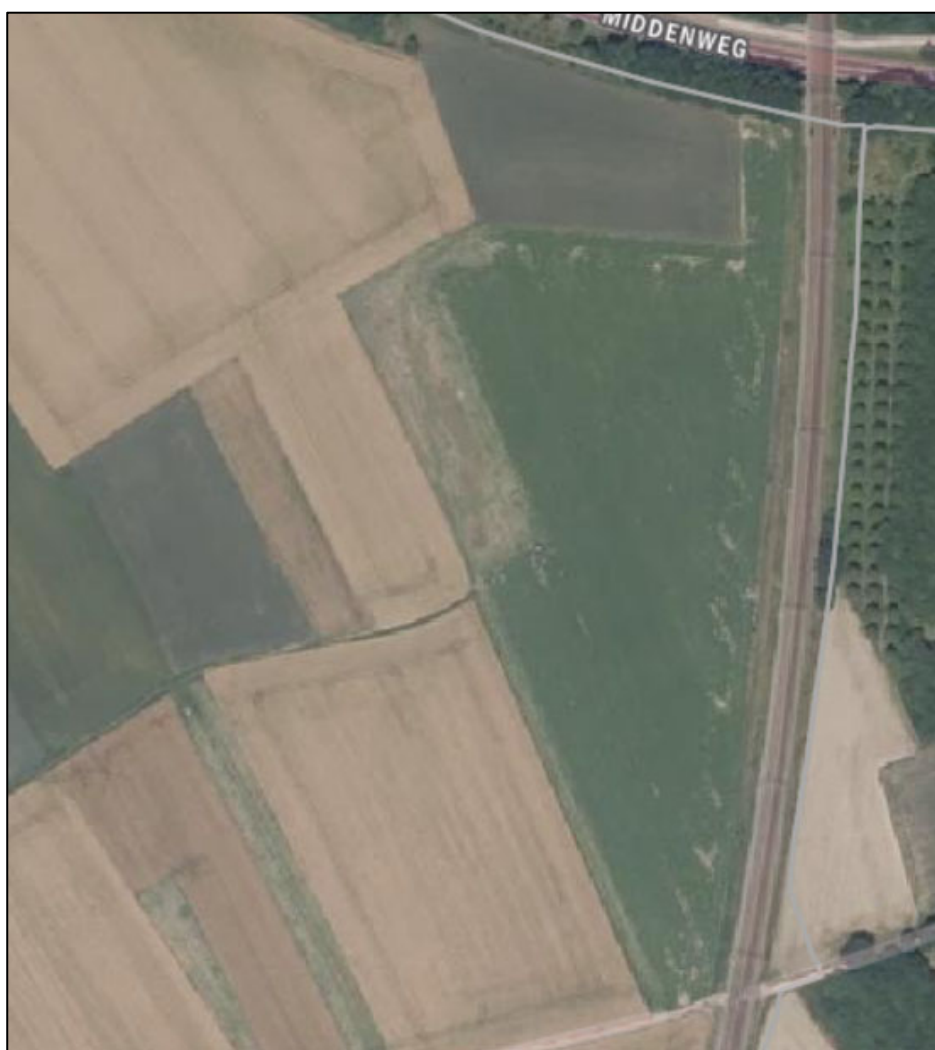
Tabel 2.1: Streefwaarden nieuwe situatie hinder $V_{\max}$ en V_{per}

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 bouwblokken en vrijstaande woningen voorzien. De dichtst bij het spoor liggende woningen liggen op circa 25 meter afstand van het spoor. Het spoor ligt op maaiveld maar verdiept ten opzichte van het onderzoeksgebied. Figuur 2.2 geeft een luchtfoto weer van de onbebouwde locatie.



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

De locatie is ten tijde van het onderzoek agrarisch gebied. Tijdens de meting zijn bouwwerkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de fiets- en voetgangerstunnel uitgevoerd ter hoogte van de Lintjesweg aan de zuidzijde van het plangebied. Foto's van de situatie zijn opgenomen in de figuren 2.3 en 2.4.



Figuur 2.3: Foto van de noordzijde van het plangebied, richting het spoor



Figuur 2.4: Bouwwerkzaamheden bij de spoorbrug aan de zuidzijde van het plangebied

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

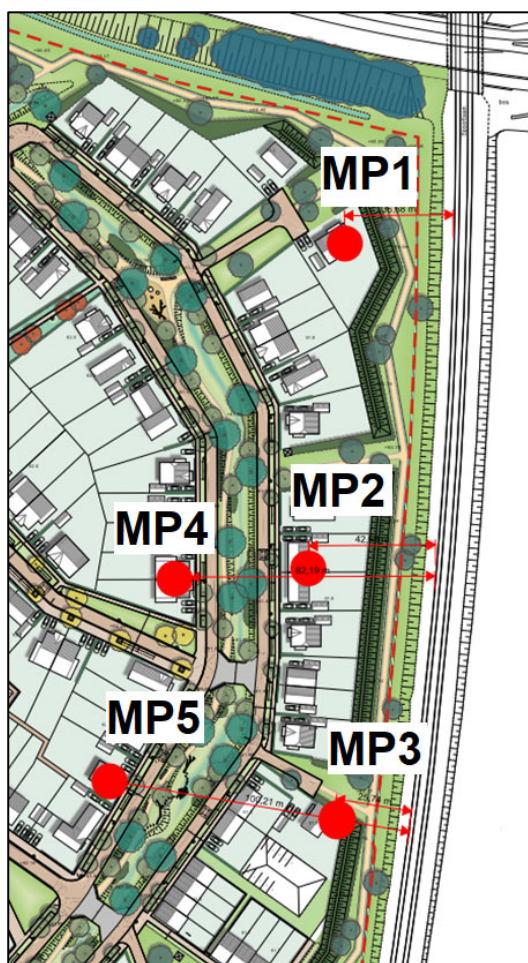
De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 15 december 2021 tot en met 22 december 2021. Bij de bemande en onbemande metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 5x Syscom Red Box trillingsmonitor MR3000TR.
- 5x 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 hoek van de toekomstige funderingen van de verschillende woningen geplaatst. Drie meetpunten liggen op de eerstelijnsbebouwing en twee meetpunten liggen op de fundering van woningen verder weg van het spoor. In figuur 3.1 is een overzicht gegeven van de meetpunten.



Figuur 3.1: Overzicht van de meetpunten

De afstand van de meetpunten tot het spoor varieert tussen de 26 m (meetpunt 3) en 100 m (meetpunt 5).

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 houten deksel. Figuur 3.2 geeft een voorbeeld van de opstelling.



Figuur 3.2: De trillingssensor ingegraven bij meetpunt 1

3.3 Meetparameters

Elke 30 seconde is de trillingssterkte $v_{eff,max,30,i}$ bepaald. 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 0,05 mm/s overschreed, een registratie van de trillingssnelheid in de tijd uitgevoerd (tijdsignaal). Deze tijdsignalen zijn gebruikt voor de prognose.

3.4 Treinen

Tijdens de bemande trillingsmetingen en op basis van de website treinposities.nl is vastgesteld dat dagelijks sprinters (type Stadler GTW elektrisch) en intercity's (VIRM) over het traject rijden. De rijsnelheid bedraagt circa 80 à 90 km/uur. Daarnaast is twee keer gezien dat een goederentrein langs de onderzoekslocatie is gereden.

4 Meetresultaten

De bemande metingen zijn alleen gebruikt om de meetapparatuur goed in te stellen en een eerste indruk te krijgen van de karakteristieken van de trillingen. Op basis van deze gegevens zijn stoorsignalen uit de meetresultaten van de onbemande metingen verwijderd.

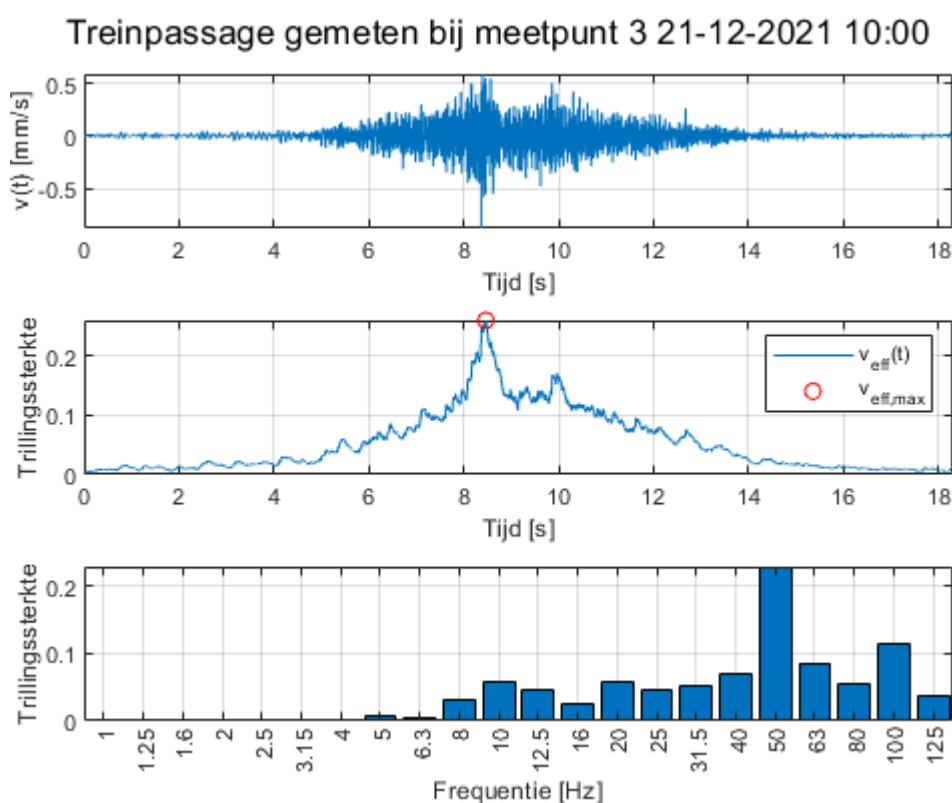
Per meetpunt is een top 10 geselecteerd van de treinpassages met de hoogste $v_{\max}$. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 4.1. De meetresultaten in grafieken zijn opgenomen in bijlage I.

Tabel 4.1: Top 10 passages per meetpunt

Starttijd	$v_{\max}$ meetpunt 1	$v_{\max}$ meetpunt 2	$v_{\max}$ meetpunt 3	$v_{\max}$ meetpunt 4	$v_{\max}$ meetpunt 5
15-12-2021 16:50			0,199		
15-12-2021 16:59		0,168	0,233		
15-12-2021 18:20			0,172		
15-12-2021 19:02		0,131			
16-12-2021 00:35	0,142				
16-12-2021 06:24					0,069
16-12-2021 14:58					0,076
16-12-2021 15:00					0,063
16-12-2021 15:30					0,066
17-12-2021 10:58					0,065
17-12-2021 11:02	0,121		0,187		
17-12-2021 12:28		0,131			
17-12-2021 18:30					0,066
17-12-2021 20:01	0,122	0,147			
18-12-2021 00:13	0,177		0,184		
18-12-2021 04:25			0,189	0,072	
18-12-2021 11:30				0,069	
18-12-2021 12:01				0,070	
18-12-2021 14:28	0,117	0,146			0,065
18-12-2021 15:00	0,116				
18-12-2021 17:01				0,068	
18-12-2021 17:58		0,147		0,069	
19-12-2021 13:44			0,166		
19-12-2021 16:58		0,138			
19-12-2021 17:31				0,074	
19-12-2021 18:01				0,070	
20-12-2021 06:31				0,069	0,063
20-12-2021 19:59				0,077	0,065
21-12-2021 00:13	0,116		0,218		
21-12-2021 09:29	0,130	0,139			
21-12-2021 10:00	0,159	0,160	0,260		
21-12-2021 14:00				0,069	
21-12-2021 18:30	0,115	0,148	0,191		0,070

Uit tabel 4.1 volgt dat de hoogste gemeten trillingssterkte 0,260 bedraagt. Deze trillingssterkte werd gemeten op meetpunt 3 op 21 december 2021 om 10:00. Deze treinpassage leverde ook de hoogste trillingssterkte bij meetpunt 1 en de twee na hoogste gemeten trillingssterkte bij meetpunt 2 (respectievelijk 0,159 en 0,160). De hoogste waarden van $v_{\max}$ bij meetpunt 4 en 5 zijn aanzienlijk lager met respectievelijk 0,074 en 0,076.

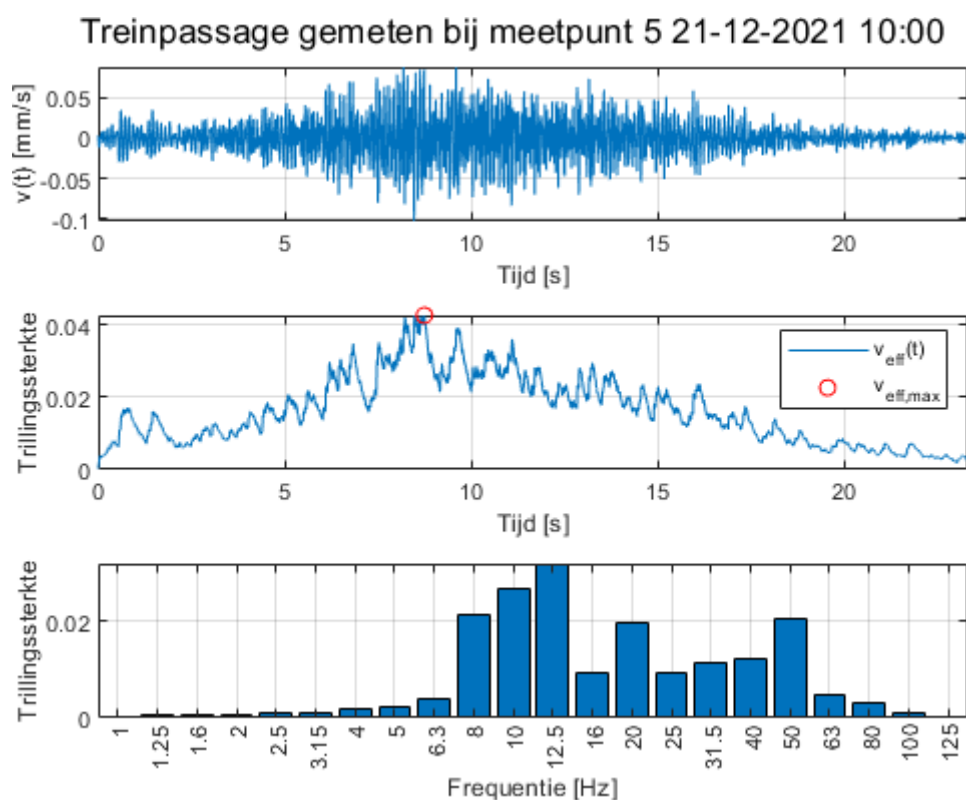
Het tijdsignaal behorende bij de passage met de hoogste trillingssterkte staat in figuur 4.1. Daarbij geeft de bovenste grafiek het gemeten tijdsignaal, de middelste grafiek het verloop van de effectieve trillingssterkte in de tijd en de onderste grafiek het max-hold spectrum van het gehele signaal.



Figuur 4.1: Voorbeeld van een passage bij meetpunt 3

In figuur 4.1 is te zien dat de topwaarde van de trillingssnelheid ongeveer 9 s na aanvang van de trilling plaatsvindt. Deze resulteert in een $v_{\text{eff,max}}$ van 0,26. Het spectrum laat zien dat de aanstoting vooral in de 50 Hz tertsbands plaatsvindt.

In figuur 4.2 is het tijdsignaal weergegeven dat gelijktijdig is gemeten bij meetpunt 5.



Figuur 4.2: Voorbeeld van een passage bij meetpunt 5

In figuur 4.2 is te zien dat de topwaarde van de trillingssnelheid wederom ongeveer 9 s na aanvang van de trilling plaatsvindt. Dit resulteert in een $v_{eff,max}$ van 0,04. Het spectrum laat zien dat de aanstoting vooral in de 8, 10 en 12,5 Hz tertsbanden plaatsvindt. Het verschil in afstand tot het spoor is de reden voor de reductie van v_{max} tussen de twee meetpunten. Meetpunt 3 ligt op 26 m afstand van het spoor en meetpunt 5 op 100 m afstand. Over deze afstand neemt de energie in de hogere tertsbanden af door de bodemdemping. De bodemdemping in de lagere tertsbanden is veel minder zodat de energie in deze lagere tertsbanden over de afstand minder afneemt.

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:

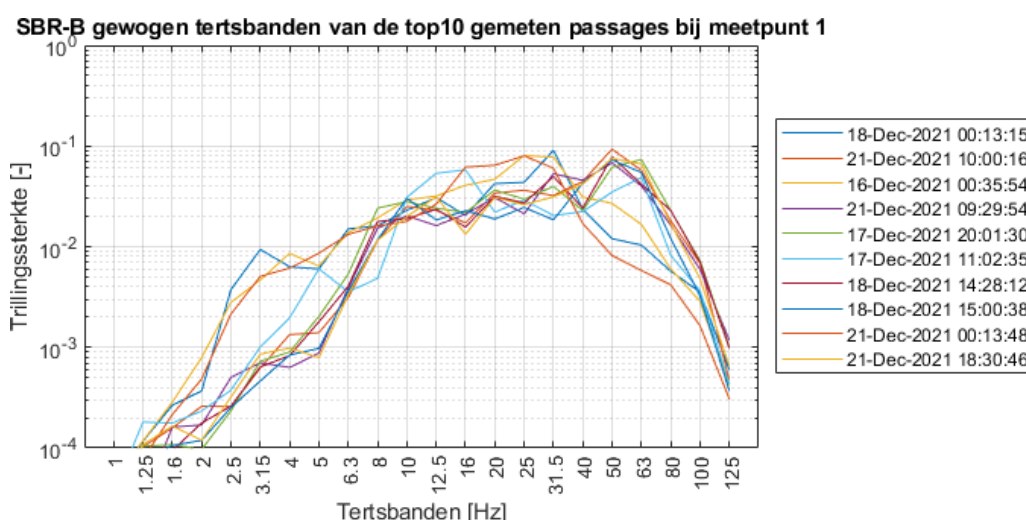
$V_{\max}$	de volgens SBR B gewogen maximale trillingssterkte
$V(f)_{\text{topmaaiveld}}$	de gemeten trillingssnelheid op maaiveld
$H(f)_{\text{fundering}}$	overdrachtsfactor voor de fundering
$H(f)_{\text{vloer}}$	overdrachtsfactor voor de vloer
$H(f)_{\text{afstand}}$	correctiefactor voor het verschil 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 1 zijn gebruikt. 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 zijn te vinden in bijlage I.

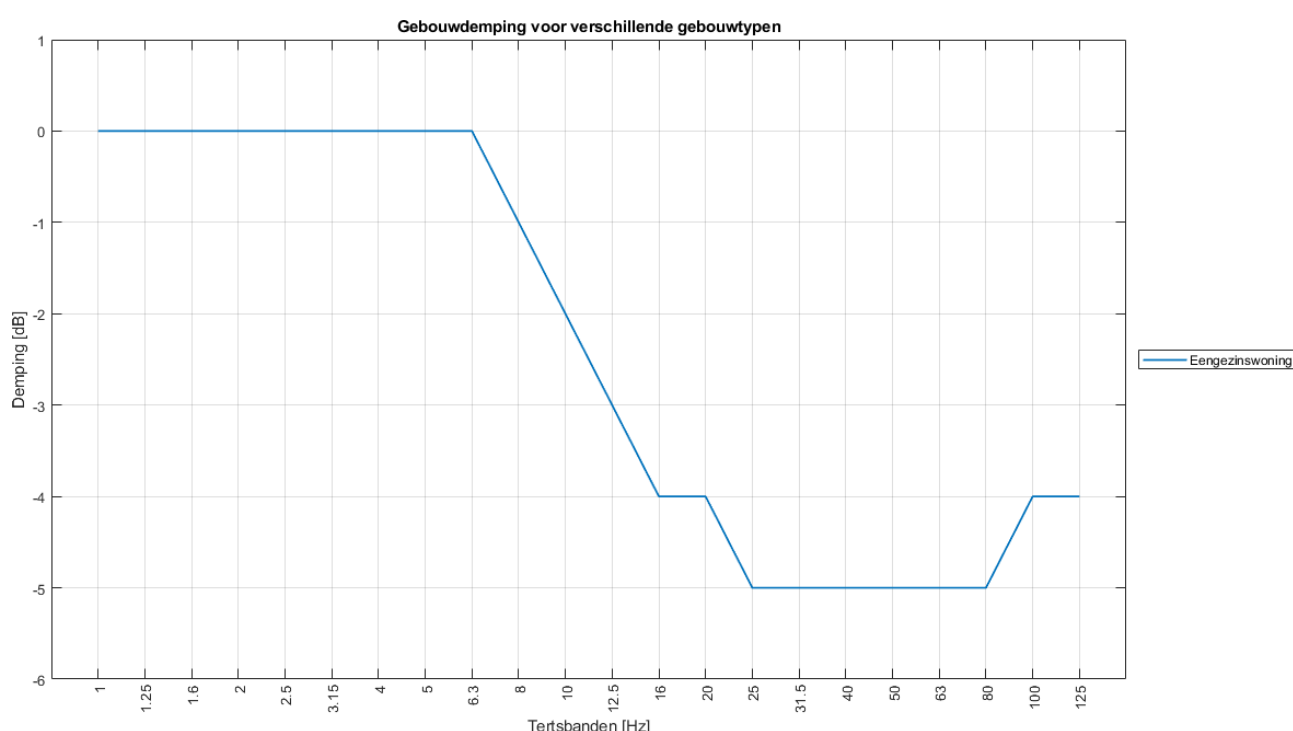


Figuur 5.1: Gemeten trillingsspectra in de verticale trillingsrichting bij meetpunt 1, gewogen volgens SBR-B

Uit figuur 5.1 blijkt dat de 31,5 en 50 Hz tertsbanden maatgevend zijn in het spectrum voor meetpunt 1.

5.2.2 $H(f)$ fundering

Voor de overdracht van de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering van de woning, is uitgegaan van een eensgezinswoning. Op basis van literatuurgegevens is uitgegaan van de in figuur 5.2 getoonde overdrachtsfactoren in dB voor de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering. 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 tertsbanden heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 5 dB, iets minder dan een factor 2.



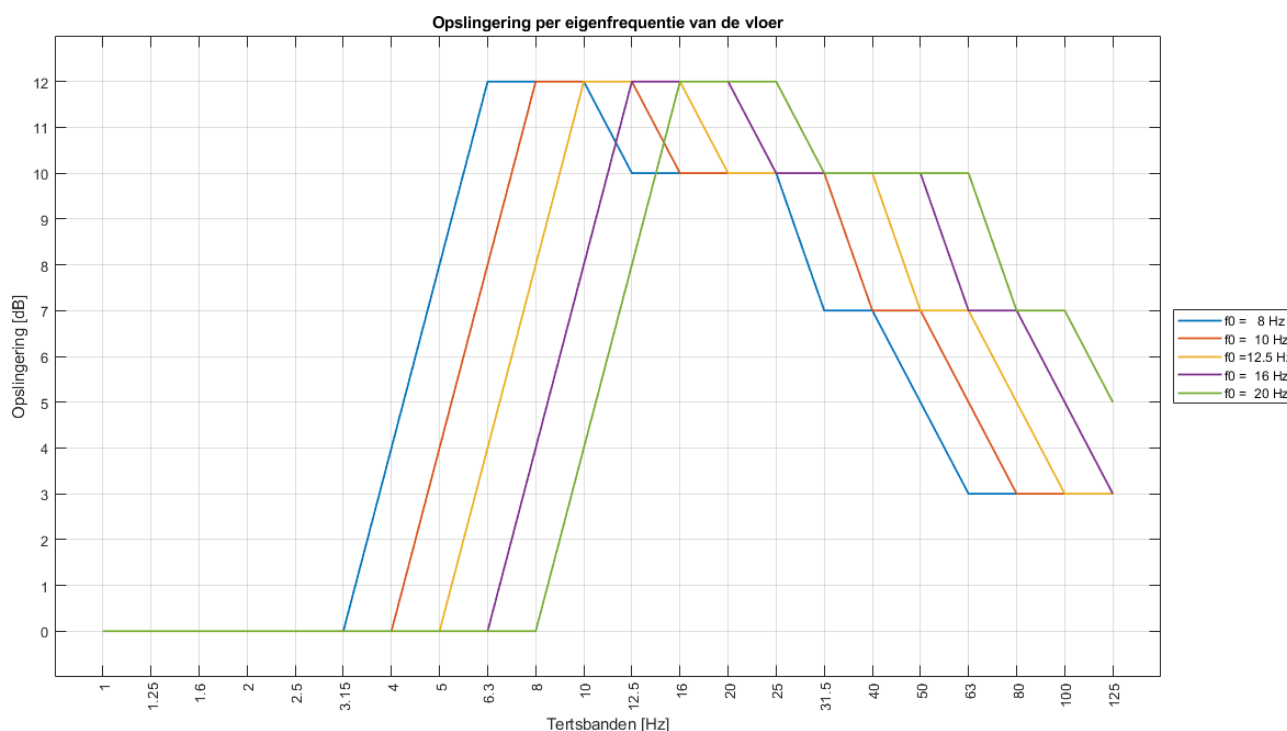
Figuur 5.2: Verloop overdrachtsfactor voor trillingen maaiveld naar fundering

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 tertsband.

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: Overdrachtsfactoren vloer voor de verschillende gebruikte eigenfrequenties

5.2.4 $H(f)_{\text{afstand}}$

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: Geprognosticeerde $V_{\max}$ resultaten voor de best en worst case scenario's van de eigenfrequenties van de vloer

Locatie	Afstand tot het spoor [m]	Best case f0	Vmax [-]			Worst case f0	Vmax [-]		
			Nacht	Dag	Avond		Nacht	Dag	Avond
Meetpunt 1	37	8	0,22	0,18	0,16	20	0,25	0,20	0,19
Meetpunt 2	43	8	0,24	0,25	0,20	20	0,28	0,28	0,15
Meetpunt 3	26	8	0,41	0,30	0,25	20	0,50	0,40	0,25
Meetpunt 4	82	20	0,12	0,10	0,08	10	0,13	0,17	0,15
Meetpunt 5	100	20	0,08	0,10	0,07	12,5	0,13	0,15	0,13

Uit tabel 5.1 blijkt dat een relatief hoge eigenfrequentie van de vloer leidt tot een hoge $V_{\max}$ voor meetpunten van de eerstelijns bebouwing. Bij meetpunt 3 is in de dagperiode een $V_{\max}$ geprognosticeerd van 0,50 bij een eigenfrequentie van de vloer van 20 Hz. Bij een gunstigere eigenfrequentie van de vloer van 8 Hz is de geprognosticeerde $V_{\max}$ lager, namelijk 0,41. Voor de andere twee meetpunten vlak bij het spoor zijn vergelijkbare reducties in $V_{\max}$ geprognosticeerd bij een lage eigenfrequentie van de vloer.

Voor de meetpunten 4 en 5 maakt de keuze van de eigenfrequentie van de vloer minder uit. Bij een eigenfrequentie van 20 Hz is het meest gunstige scenario vastgesteld, met een $V_{\max}$ van 0,12. Dit staat tegenover een $V_{\max}$ van 0,17 bij een eigenfrequentie van 12,5 Hz.

5.3 Beoordeling $V_{\max}$

De eerste beoordeling vindt plaats op basis van de bovenste streefwaarde voor $V_{\max}$, 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 richtlijn B. A_2 bedraagt voor nieuwbouwwoningen 0,2 in de nachtperiode en 0,4 in de dag- en avondperiode.

In tabel 5.2 zijn de resultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer (20 Hz vlak bij het spoor, 10 en 12,5 Hz verder weg van het spoor). De trillingssterkte $V_{\max}$ in de groen gearceerde vakken voldoet aan de streefwaarde A_2 , $V_{\max}$ in de oranje gearceerde vakken overschrijdt A_2 .

Tabel 5.2: Beoordeling $V_{\max}$ in het worst case scenario van de eigenfrequentie van de vloer

Meetpunt	Nachtperiode		Dagperiode		Avondperiode	
	A_2	$V_{\max}$	A_2	$V_{\max}$	A_2	$V_{\max}$
Meetpunt 1	0,2	0,25	0,4	0,20	0,4	0,19
Meetpunt 2	0,2	0,28	0,4	0,28	0,4	0,15
Meetpunt 3	0,2	0,50	0,4	0,40	0,4	0,25
Meetpunt 4	0,2	0,13	0,4	0,17	0,4	0,15
Meetpunt 5	0,2	0,13	0,4	0,15	0,4	0,13

In tabel 5.2 is te zien dat in het worst case scenario voor de eigenfrequentie de geprognosticeerde trillingssterkte $V_{\max}$ voor de meetpunten 1 t/m 3 hoger is dan de streefwaarde A_2 in de nachtperiode. Voor de meetpunten 4 en 5 voldoet $V_{\max}$ aan de streefwaarde A_2 .

In de dag- en avondperiode is het aantal overschrijdingen lager, maar omdat een trein in alle perioden kan rijden, kan bijvoorbeeld de geprognosticeerde trillingssterkte van 0,5 voor de nachtperiode, ook optreden in de dag- en avondperiode en daar ook een overschrijding veroorzaken. Als we er rekening mee houden dat de hoogste geprognosticeerde waarde voor $V_{\max}$ per meetpunt in alle perioden op kan treden, betekent dit dat voor meetpunt 3 in alle perioden een overschrijding op kan treden van de streefwaarde A_2 . Voor de overige meetpunten verandert de beoordeling niet.

In tabel 5.3 zijn de resultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer (8 Hz vlak bij het spoor en 20 Hz verder weg van het spoor). De trillingssterkte in de groen gearceerde vakken voldoet aan de streefwaarde A_2 , de trillingssterkte in de oranje gearceerde vakken voldoet niet.

Tabel 5.3: Beoordeling $V_{\max}$ in het best case scenario van de eigenfrequentie van de vloer

Meetpunt	Nachtperiode		Dagperiode		Avondperiode	
	A_2	$V_{\max}$	A_2	$V_{\max}$	A_2	$V_{\max}$
Meetpunt 1	0,2	0,22	0,4	0,18	0,4	0,16
Meetpunt 2	0,2	0,24	0,4	0,25	0,4	0,20
Meetpunt 3	0,2	0,41	0,4	0,30	0,4	0,25
Meetpunt 4	0,2	0,12	0,4	0,10	0,4	0,08
Meetpunt 5	0,2	0,08	0,4	0,10	0,4	0,07

In tabel 5.3 is een vergelijkbaar beeld te zien als in tabel 5.2. Bij een beoordeling op basis van de treinen die er werkelijk hebben gereden, voldoet de trillingssterkte bij alle meetpunten aan de streefwaarde A_2 voor de dag- en avondperiode. Er wordt nog steeds niet voldaan aan de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode voor de meetpunten van de eerstelijns bebouwing.

Als we ervan uitgaan dat de geprognosticeerde $V_{\max}$ op kan treden in alle perioden, dan kan voor meetpunt 3 een overschrijding van de streefwaarde optreden in alle perioden.

Omdat voor sommige meetpunten $V_{\max}$ voldoet aan de streefwaarde A_2 , is voor deze meetpunten en periodes een beoordeling nodig van de onderste streefwaarde A_1 (0,1). In de worst case voldoet $V_{\max}$ voor geen enkel punt en periode aan de streefwaarde A_1 .

Voor de meetpunten en periodes waarin $V_{\max}$ voldoet aan de streefwaarde A_2 , 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 ongunstige scenario met een eigenfrequentie van 20 Hz voor de vloer (10 en 12,5 Hz verder van het spoor). Voor de volledigheid is de berekening en beoordeling voor alle meetpunten en periodes uitgevoerd.

Bij de berekening van V_{per} zijn conform SBR richtlijn B alleen die treinpassages meegenomen met een geprognosticeerde $v_{\max}$ 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 $V_{\max}$ groter is dan A_2 , hebben een grijze kleur.

Tabel 5.4: Beoordeling V_{per} in het worst case scenario van de eigenfrequentie van de vloer

Meetpunt	A_3	V_{per} [-]		
		Nacht	Dag	Avond
Meetpunt 1	0,05	0,014	0,016	0,010
Meetpunt 2	0,05	0,013	0,011	0,005
Meetpunt 3	0,05	0,023	0,034	0,022
Meetpunt 4	0,05	0,005	0,009	0,007
Meetpunt 5	0,05	0,004	0,008	0,005

Uit tabel 5.4 blijkt dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet aan de streefwaarde A_3 in het worst case scenario voor de eigenfrequentie van de vloer. Omdat V_{per} voldoet voor alle meetpunten in het meest ongunstige scenario, is een verdere beoordeling van de V_{per} in het meest gunstige scenario niet nodig.

Uit de beoordelingen van V_{per} en V_{max} volgt dat in de dag- en avondperiode de kans op hinder als gevolg van trillingen van passerende treinen voor alle meetpunten klein is. Voor meetpunten 1, 2 en 3 geldt dat er een kans op trillingshinder in de nachtperiode bestaat omdat V_{max} niet voldoet aan de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode.

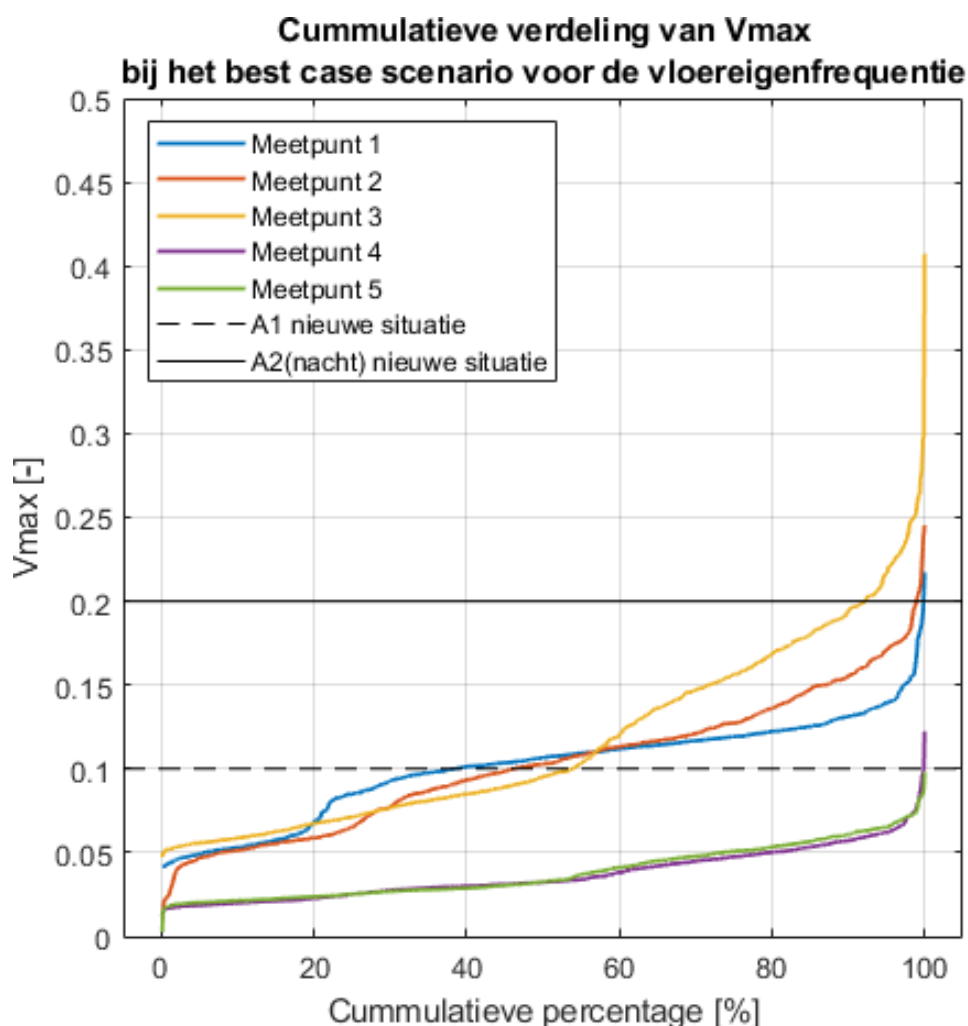
5.5 Beschouwing

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 berekende trillingssterkte.

5.5.2 Aantal overschrijdingen per week en per etmaal

Het is 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 5.4: Cummulatieve verdeling prognose v_{max} per treinpassage per week best case scenario

Uit figuur 5.4 blijkt dat in het geval van het best case scenario ongeveer 10% van het aantal treinpassages bij meetpunt 3 in de week, leidt tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode. De overschrijding bedraagt iets meer dan een factor 2 voor het best case scenario. Op basis van de meetgegevens is aanvullend het gemiddeld aantal overschrijdingen per etmaal berekend. Dit is te zien in tabel 5.5.

Tabel 5.5: Gemiddeld aantal overschrijdingen per etmaal in het geval van het best case scenario voor de eigenfrequentie van de vloer

Meetpunt	Aantal overschrijding per etmaal van A_2 nacht nieuwe situatie (0,2)
Meetpunt 1	<1
Meetpunt 2	1
Meetpunt 3	11

In tabel 5.5 is te zien dat 1 tot 11 treinen per etmaal leiden tot een overschrijding van A_2 in de geprognosticeerde woningen vlak bij het spoor. Niet al deze treinen zullen in de nachtperiode rijden dus het werkelijk aantal overschrijdingen in de nacht zal kleiner zijn. Dit aantal is echter niet met zekerheid te bepalen omdat de maatgevende treinen die in de dag- of avondperiode rijden ook in de nachtperiode kunnen rijden en andersom.

5.5.3 Keuze eigenfrequentie van de vloeren

De keuze van de eigenfrequenties van de vloeren is van belang voor de uiteindelijke trillingssterkte in de nieuwbouwwoningen van de eerstelijnsbebouwing. Uit de meet- en rekenresultaten blijkt dat een eigenfrequentie met ordegrrootte 20 Hz ongunstig is voor de woningen dichtbij het spoor omdat ook de aanstootfrequentie veel energie in de hoge frequenties bevat. Een eigenfrequentie rond de 8 Hz is gunstiger. Bij het ontwerp van de woningen dichtbij het spoor (eerstelijns bebouwing) dient dus rekening te worden gehouden met deze eigenfrequentie. 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.

Voor woningen op een grotere afstand tot het spoor (80 m en verder) maakt de keuze van de eigenfrequentie minder uit omdat voor alle geprognosticeerde eigenfrequenties de $V_{\max}$ voldoet aan de streefwaarden uit SBR-B.

Ongeacht de uiteindelijke eigenfrequentie van de vloer, blijven overschrijdingen bestaan voor de geprognosticeerde trillingssterkte in de woningen van de eerstelijns bebouwing. Onderzoek naar aanvullende trillingsreducerende maatregelen is nodig om de trillingssterkte voor deze woningen verder te reduceren.

5.5.4 Trillingssterkte verder reduceren

In 5.5.2 is vermeld dat een reductie van de trillingssterkte met een factor twee nodig is om te voldoen aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie *uitgaande van een eigenfrequentie van de vloer van 8 Hz* voor de eerstelijns bebouwing. Op basis van ervaring en literatuurgegevens is de verwachting dat een reductie van de trillingssterkte met een factor twee haalbaar is met aanvullende trillingsreducerende maatregelen. Alleen de keuze van een zo gunstig mogelijke eigenfrequentie van de vloeren, is dus niet voldoende.

Bij de uitwerking van het ontwerp van de woningen kunnen bijvoorbeeld de volgende maatregelen worden onderzocht: aanpassen van de stijfheid van de wanden door de keuze van bouwmaterialen of het aanbrengen van kolommen of het dragend maken van wanden, het verzwaren of verstijven van het fundament en het combineren van deze maatregelen. Het vervolgonderzoek dient niet alleen te kijken naar het effect van de trillingsreducerende maatregelen, maar ook naar de financiële haalbaarheid van de maatregelen.

Als blijkt dat het met financieel haalbare maatregelen niet mogelijk is om te voldoen aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie maar wel kan worden voldaan aan de streefwaarden voor de bestaande situatie, dan vormt dat een motivatie voor de gemeente om gebruik te maken van haar beoordelingsvrijheid en een hogere trillingssterkte te accepteren, bijvoorbeeld tot de streefwaarden voor de bestaande situatie.

5.5.5 Goede ruimtelijke ordening

Binnen het bestemmingsplan is de functie wonen al toegestaan zonder dat er planregels zijn opgenomen over trillingen. De herziening van het bestemmingsplan heeft betrekking op andere aspecten dan het mogelijk maken van woningbouw. Ook in het voorontwerp van de herziening van het bestemmingsplan (24 maart 2021) zijn geen planregels opgenomen over trillingen. De in het trillingsonderzoek geconstateerde overschrijding van de streefwaarden voor trillingen voor de nieuwe situatie kan op basis van de planregels uit het voorontwerp van de herziening niet worden voorkomen. Er bestaat dan namelijk geen wettelijk grond om bij het verlenen van de omgevingsvergunning voor het bouwen, trillingsreducerende maatregelen af te dwingen. De gemeente kan er voor kiezen om bij de herziening alsnog planregels over trillingen op te nemen onder de noemer van voortschrijdend inzicht in de goede ruimtelijke ordening. Sinds de vaststelling van het bestemmingsplan Middengebied-Noord in 2014, is het inzicht in de impact van spoortrillingen op de goede ruimtelijke ordening sterk veranderd en krijgt het aspect trillingen in de ruimtelijke ordening veel meer prioriteit.

Onder de huidige planregels, kan en mag de projectontwikkelaar wel rekening houden met trillingsreducerende maatregelen, het is zelfs aan te bevelen, maar is de projectontwikkelaar dit niet verplicht. Gevolg is dat het mogelijk is dat de toekomstige bewoners de trillingen van sommige treinpassages kunnen voelen en eventueel trillingshinder kunnen ervaren. Het advies is dan ook om de toekomstige bewoners in te lichten over de mogelijke trillingen.

6 Conclusie

Het trillingsonderzoek dat is uitgevoerd ten behoeve van de herziening van het bestemmingsplan Middengebied-Noord in de gemeente Sittard-Geleen leidt tot de volgende conclusies:

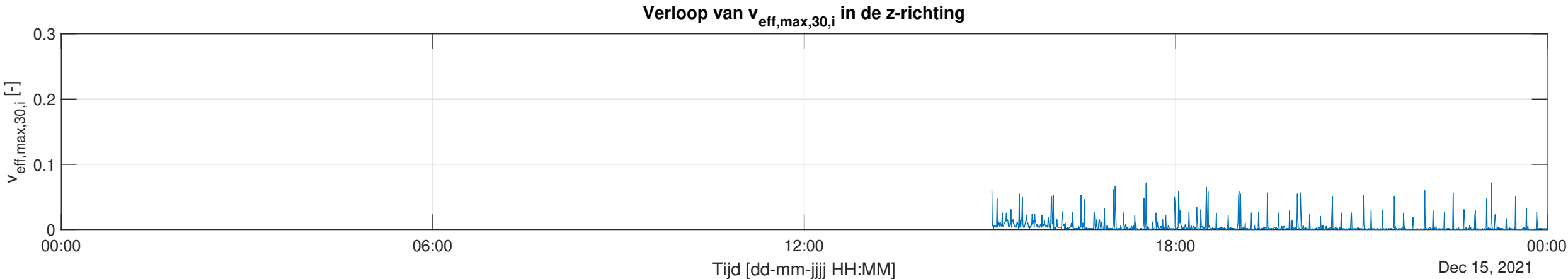
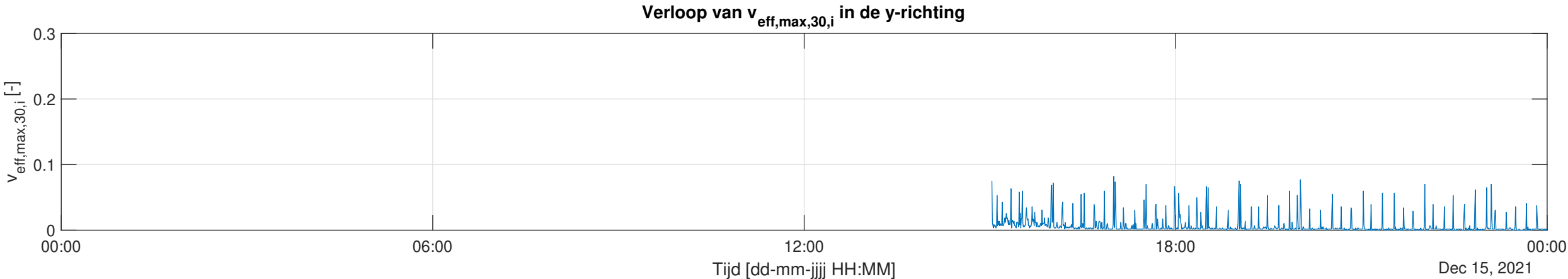
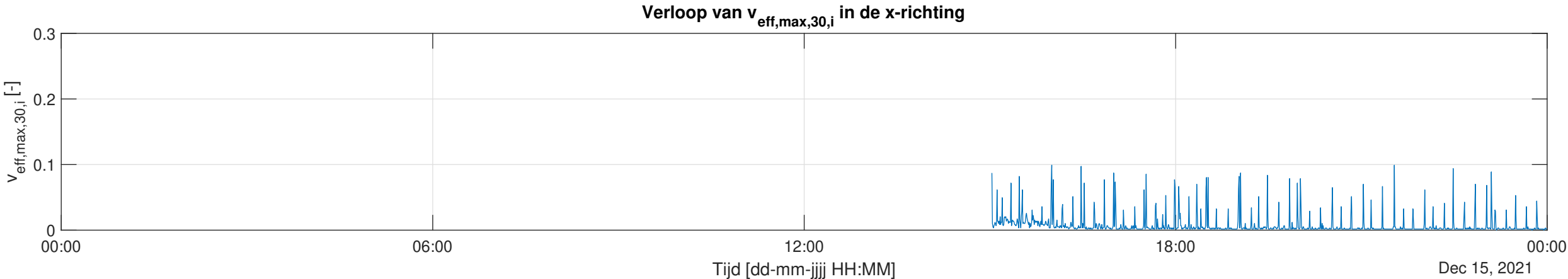
1. De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer mogelijk is. Uitgaande van een ongunstige eigenfrequentie van de vloer (20 Hz), bedraagt $V_{\max}$ 0,50 (meetpunt 3 op 26 meter van het spoor). Dit leidt tot een overschrijding van de streefwaarde A_2 (0,2) uit SBR richtlijn B. Bij een gunstige eigenfrequentie van de vloer (8 Hz), bedraagt $V_{\max}$ 0,41 (meetpunt 3). In deze situatie bedraagt de overschrijding van de streefwaarde voor de nacht in de nieuwe situatie, iets meer dan een factor 2.
2. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ook zonder trillingsreducerende maatregelen aan de streefwaarde A_3 (0,05) uit SBR richtlijn B.
3. Om voor woningen van de eerstelijns bebouwing te voldoen aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie (0,2), zijn trillingsreducerende maatregelen nodig. Bij het bouwkundig en constructief ontwerp van de eerstelijns bebouwing binnen een afstand van 80 meter tot het spoor, kan rekening worden gehouden met het integreren van trillingsreducerende maatregelen in het ontwerp. De verwachting is dat met deze maatregelen een reductie met een factor 2 haalbaar is zodat voldaan kan worden aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie.
4. Omdat de functie wonen al is toegestaan in het vigerende bestemmingsplan en in het voorontwerp van de herziening van het bestemmingsplan geen planregels over trillingen zijn opgenomen, bestaat er geen wettelijk grond om bij het verlenen van de omgevingsvergunning voor het bouwen, trillingsreducerende maatregelen af te dwingen. De projectontwikkelaar kan en mag wel rekening houden met trillingsreducerende maatregelen, maar is dit niet verplicht. Gevolg is dat het mogelijk is dat de toekomstige bewoners de trillingen van sommige treinpassages kunnen voelen en eventueel hinder door trillingen kunnen ervaren. Het advies is dan ook om de toekomstige bewoners in te lichten over de mogelijke trillingen. De gemeente kan er voor kiezen om alsnog planregels op te nemen in de herziening van het bestemmingsplan op basis van voortschrijdend inzicht in de goede ruimtelijke ordening, ter beperking van de kans op trillingshinder.

Cauberg Huygen B.V.

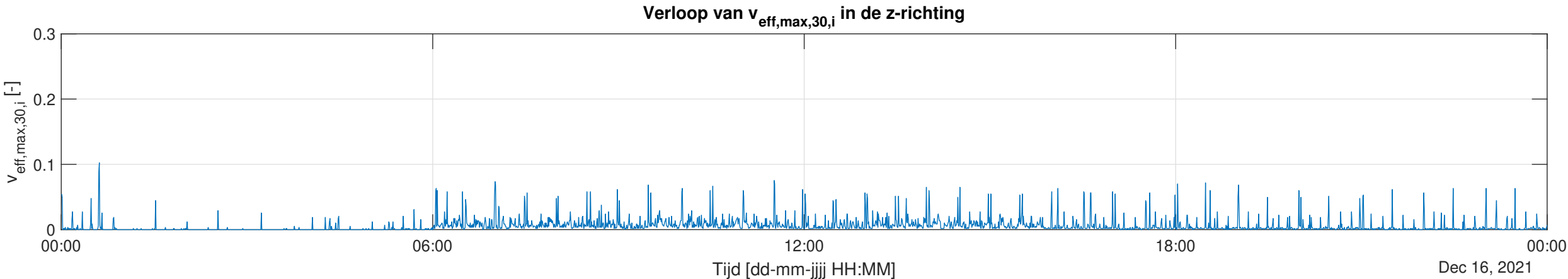
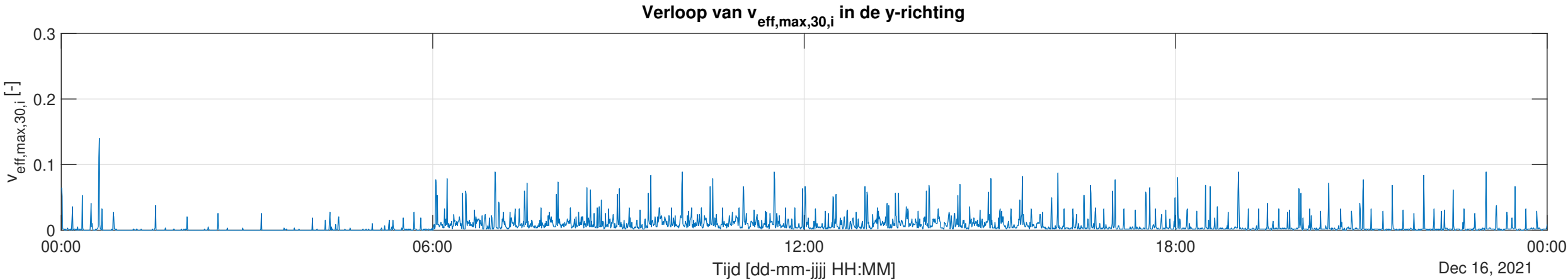
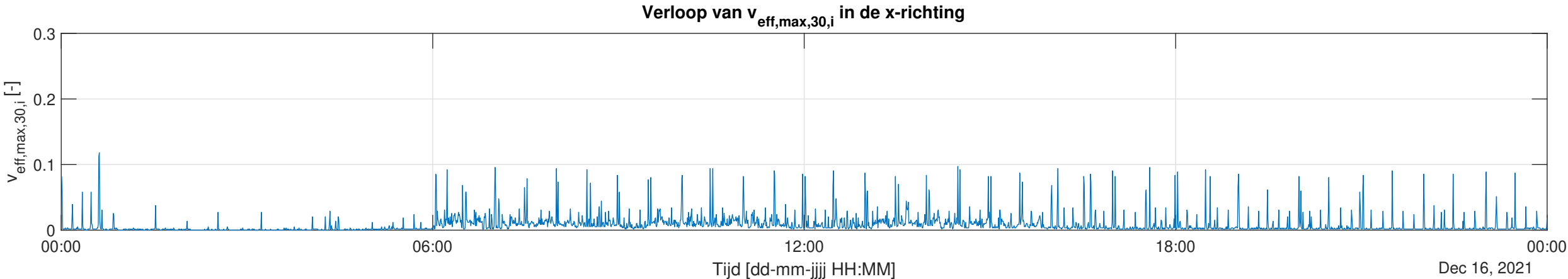
De heer C.J. Ostendorf
Senior adviseur

Bijlage I Grafische weergave meetresultaten

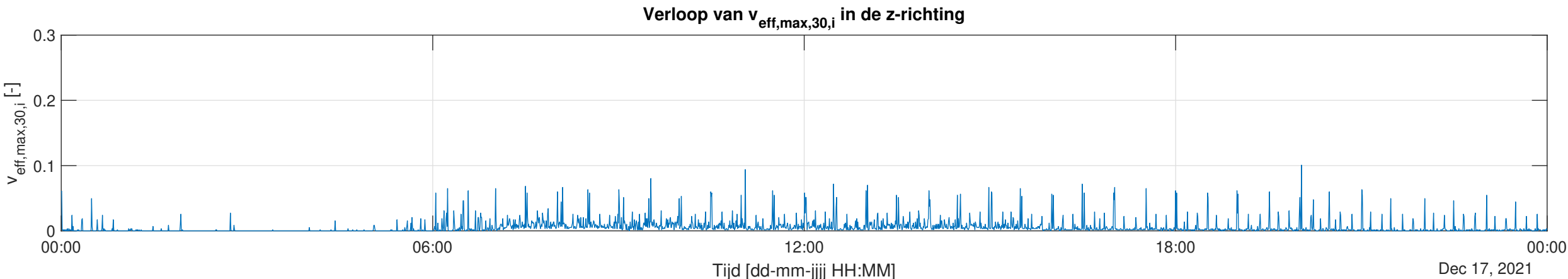
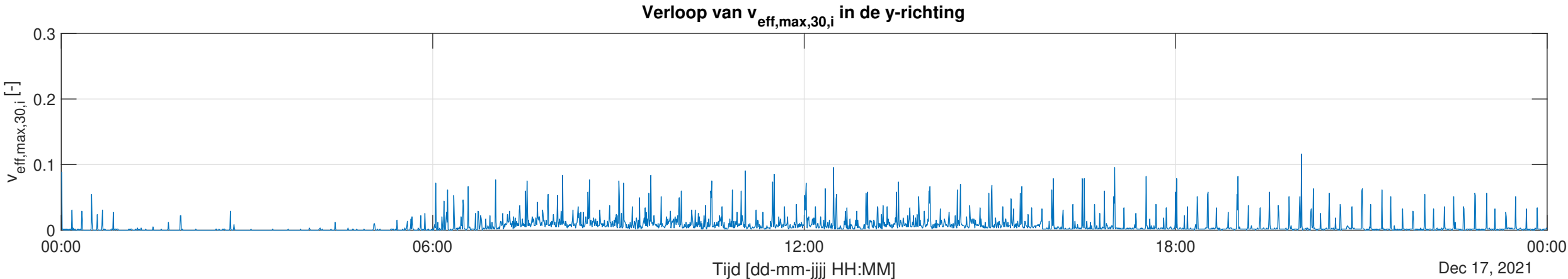
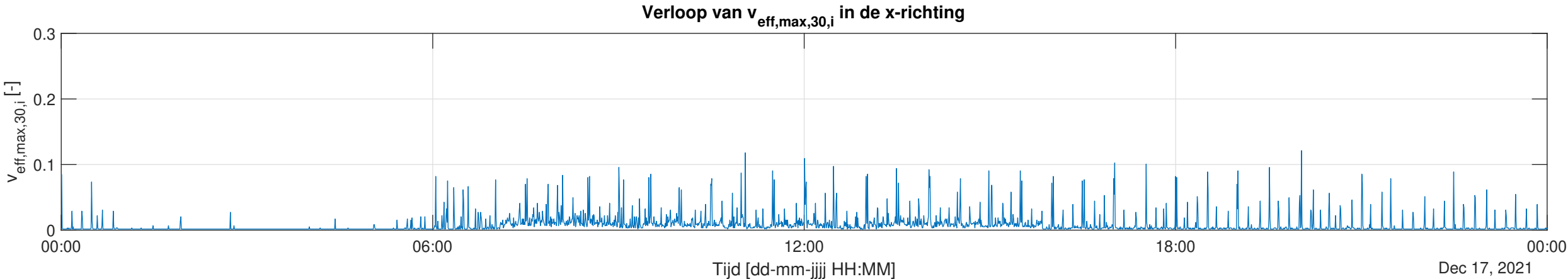
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 15-Dec-2021



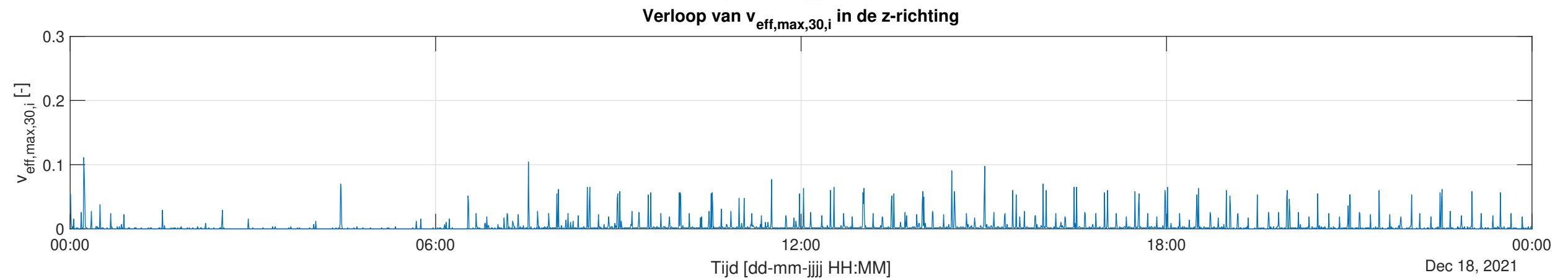
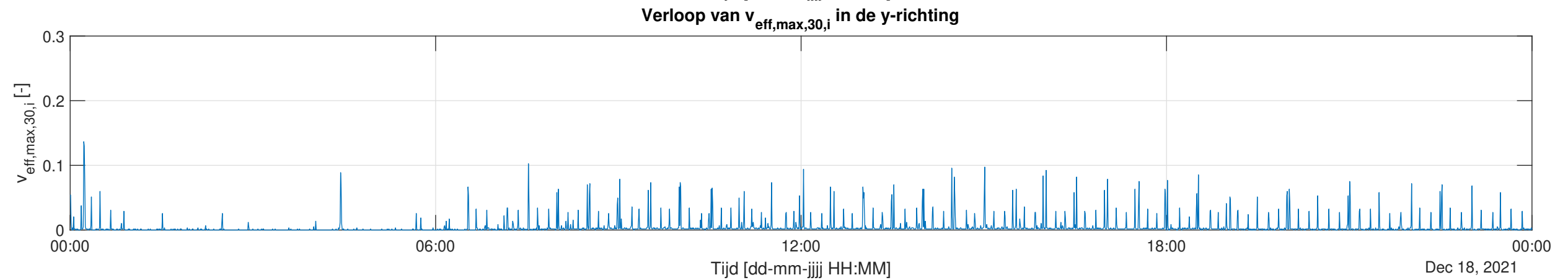
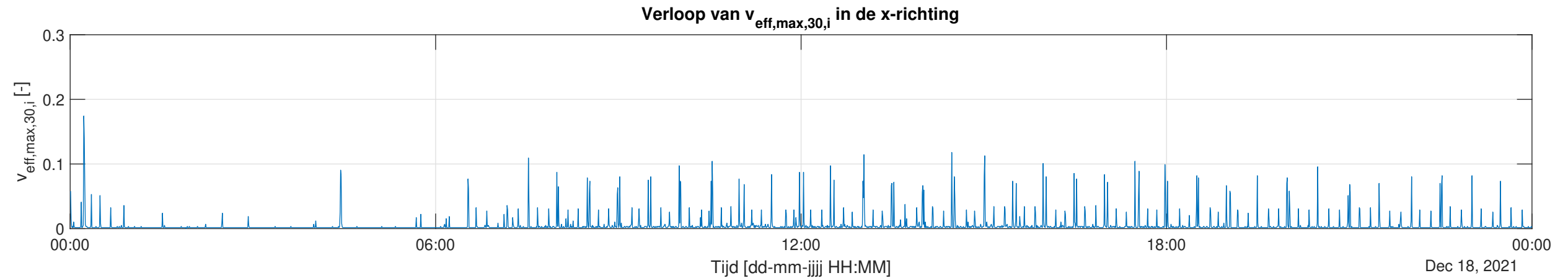
Verloop van $v_{eff,max,30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 16-Dec-2021



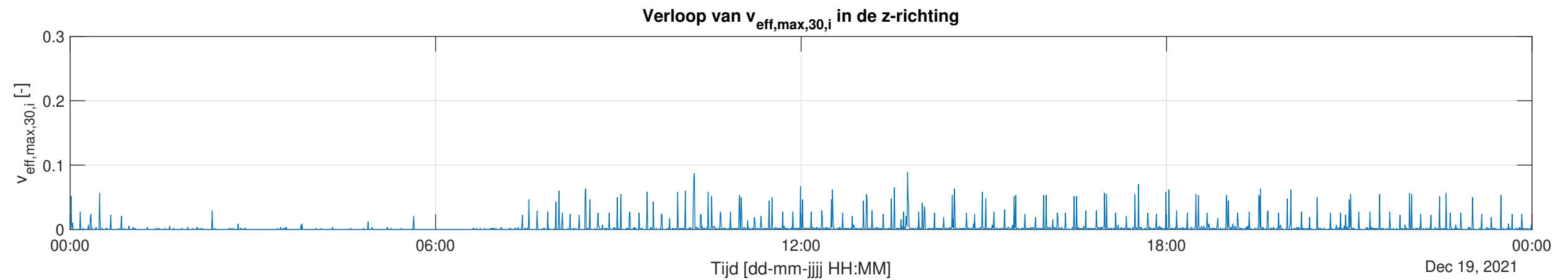
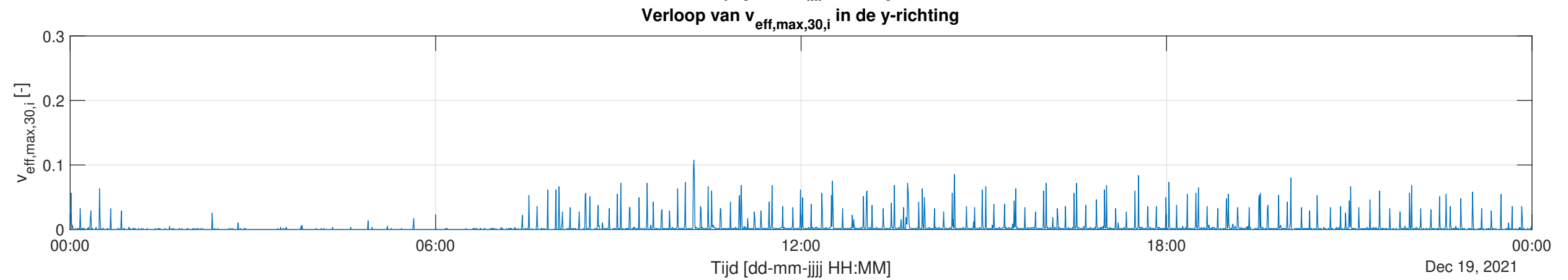
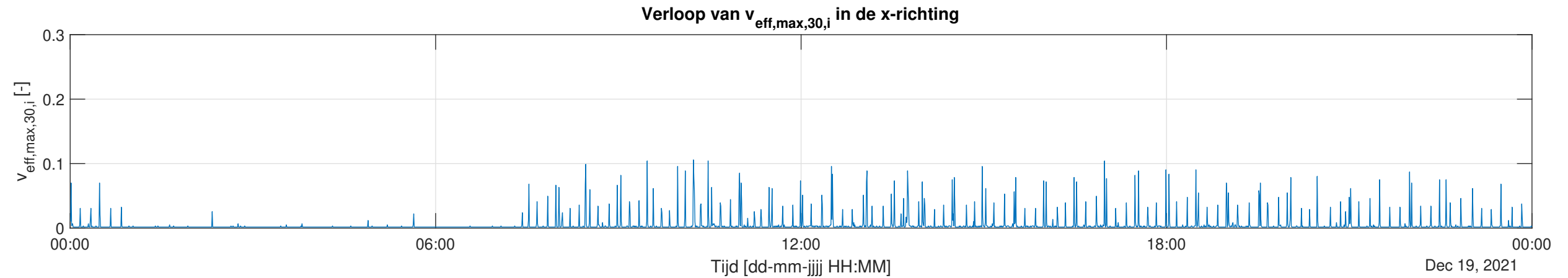
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 17-Dec-2021



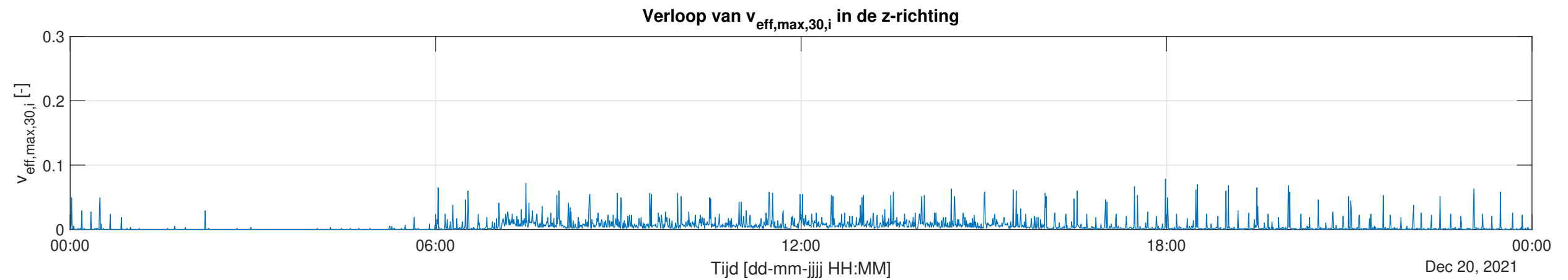
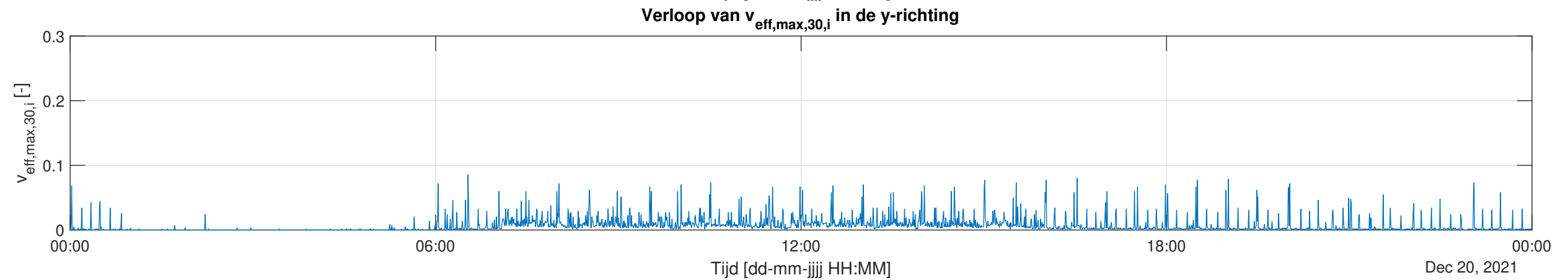
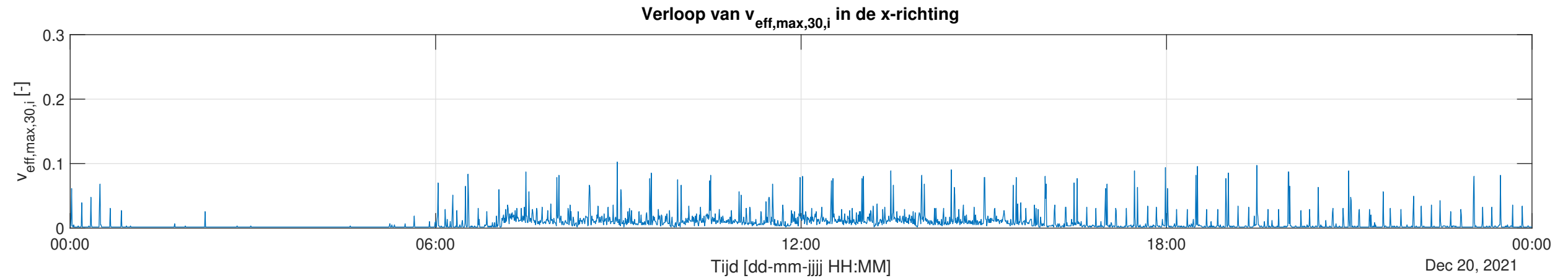
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 18-Dec-2021



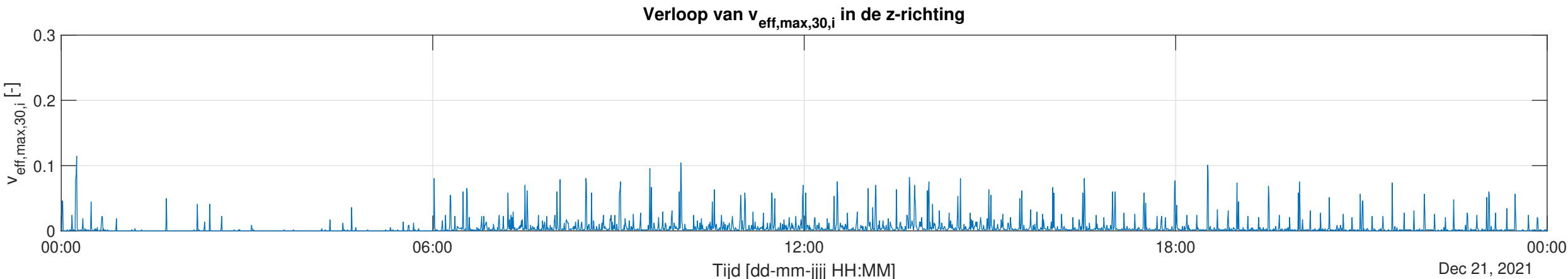
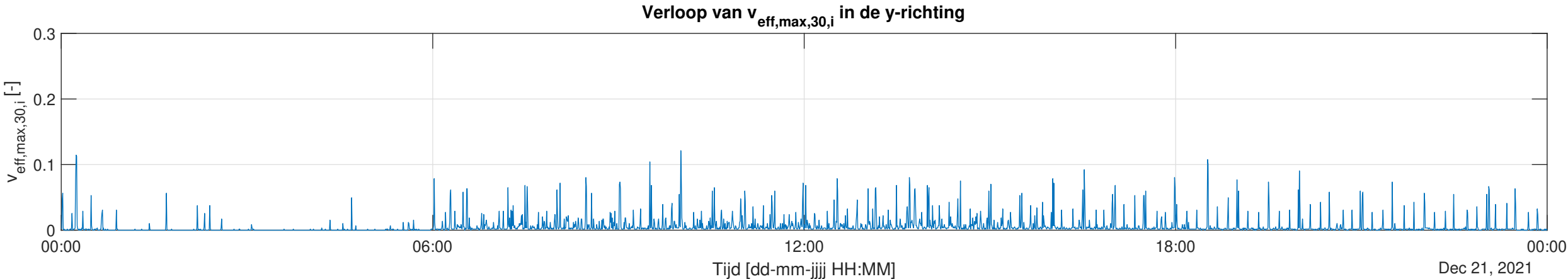
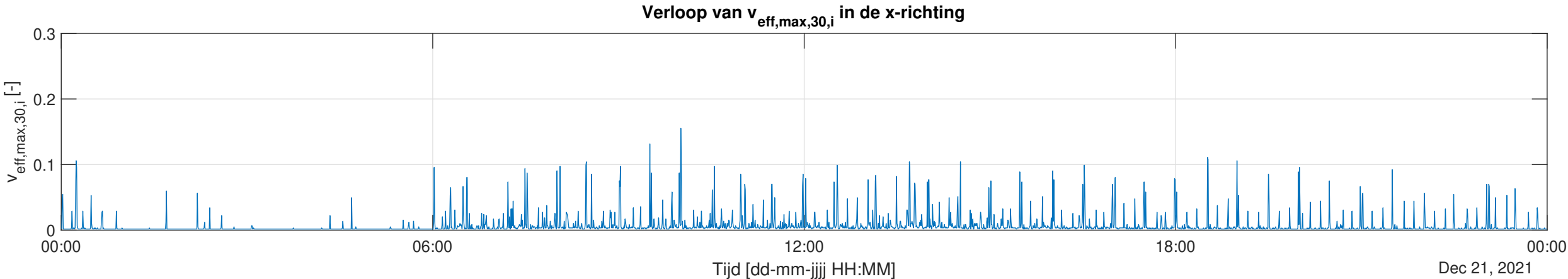
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 19-Dec-2021



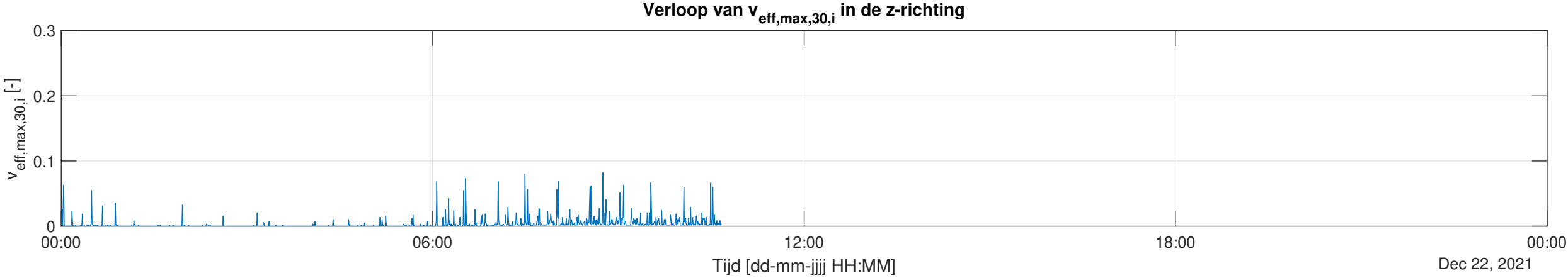
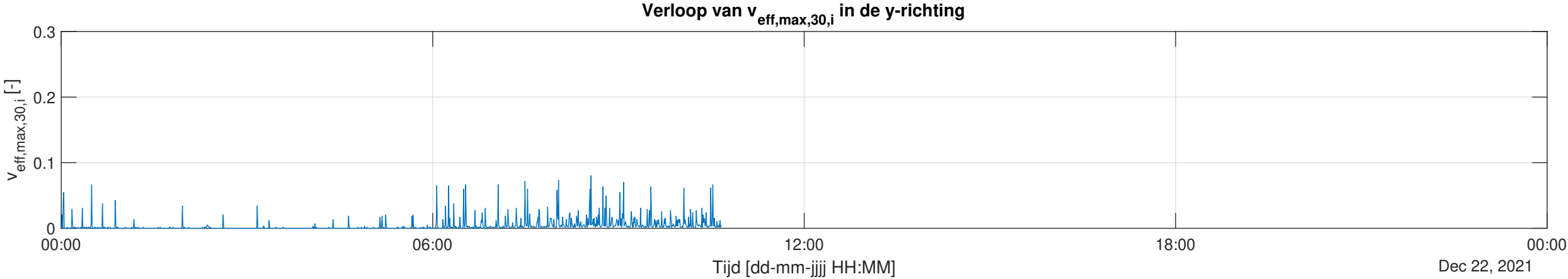
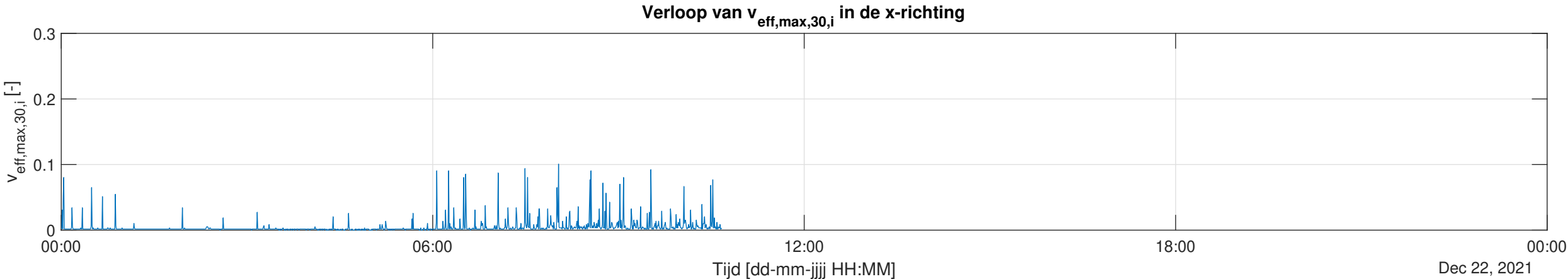
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 20-Dec-2021



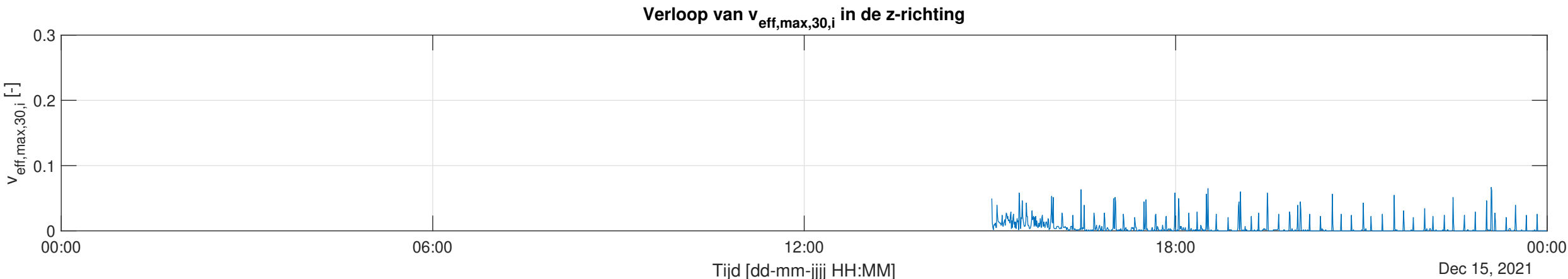
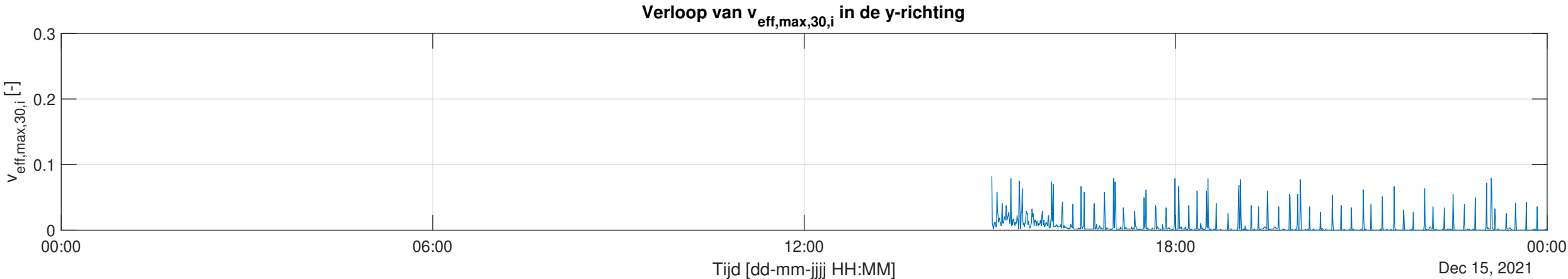
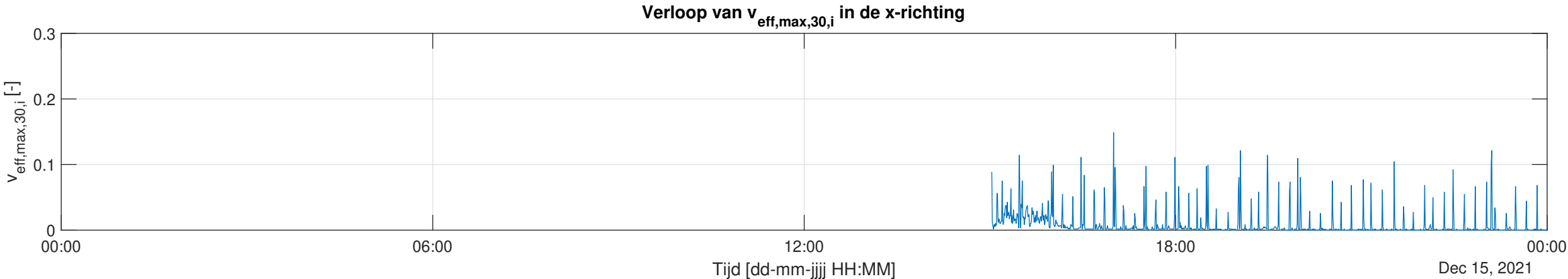
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 1 op 21-Dec-2021



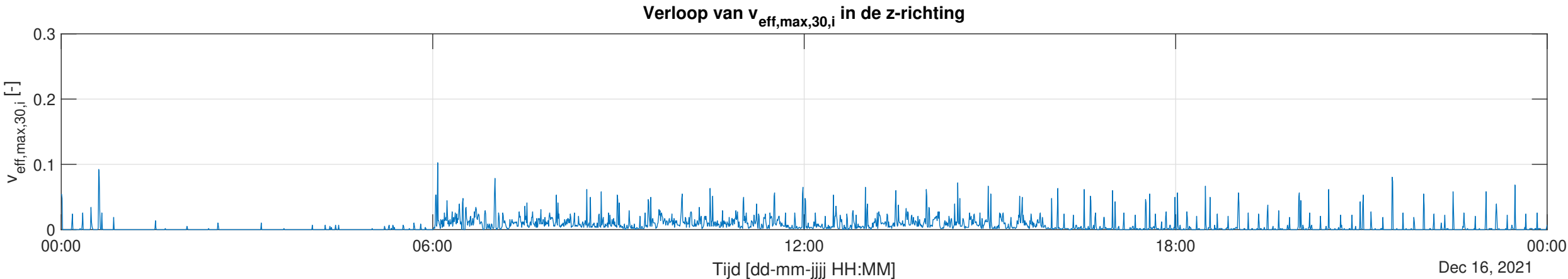
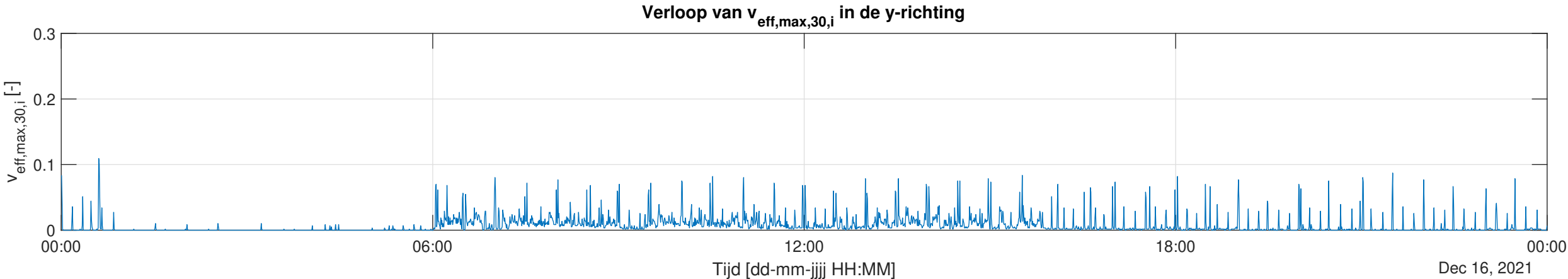
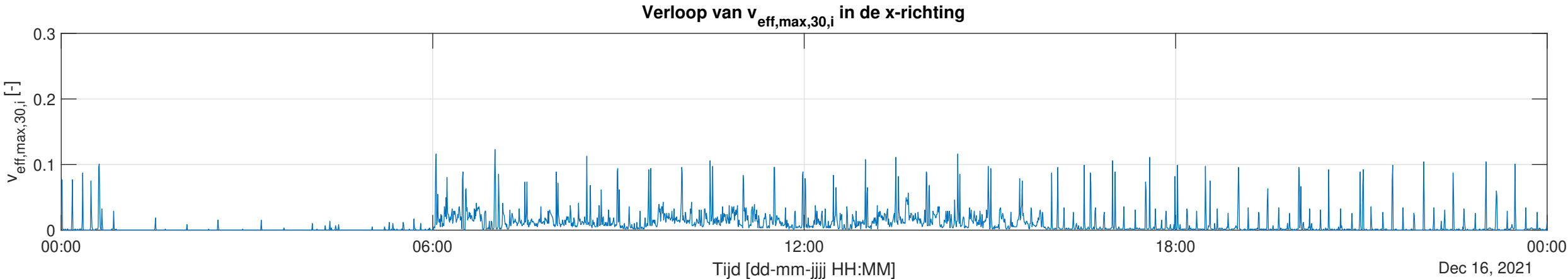
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 1 op 22-Dec-2021



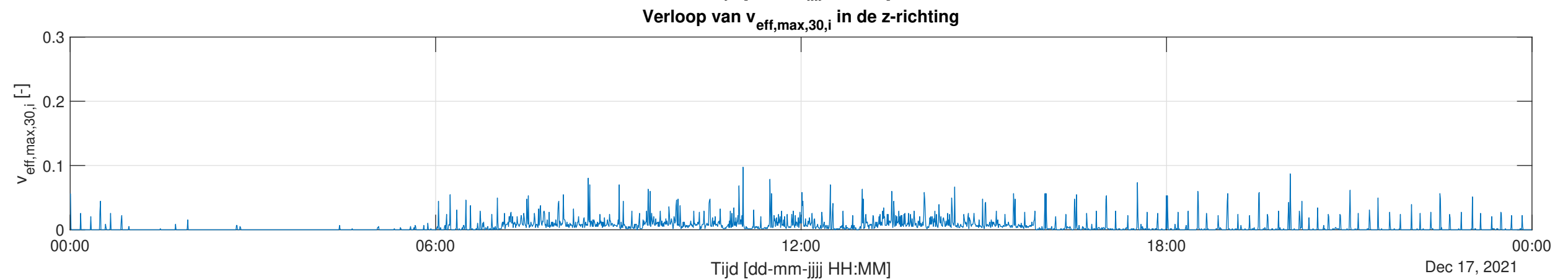
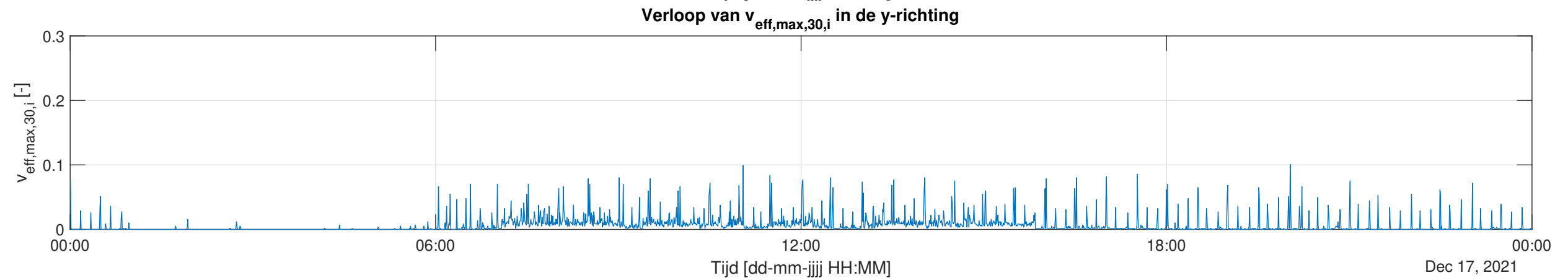
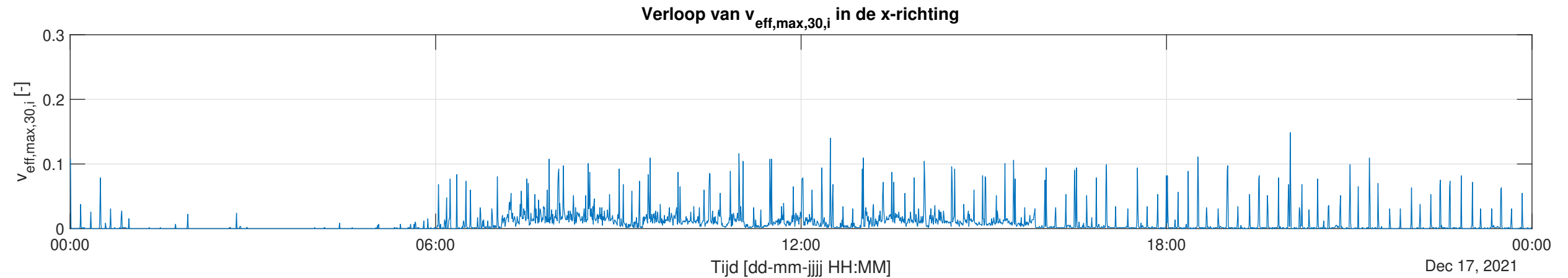
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 15-Dec-2021



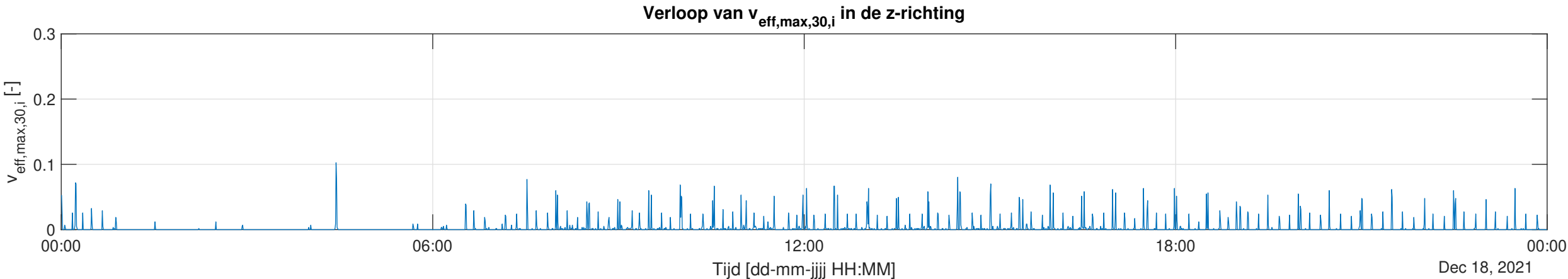
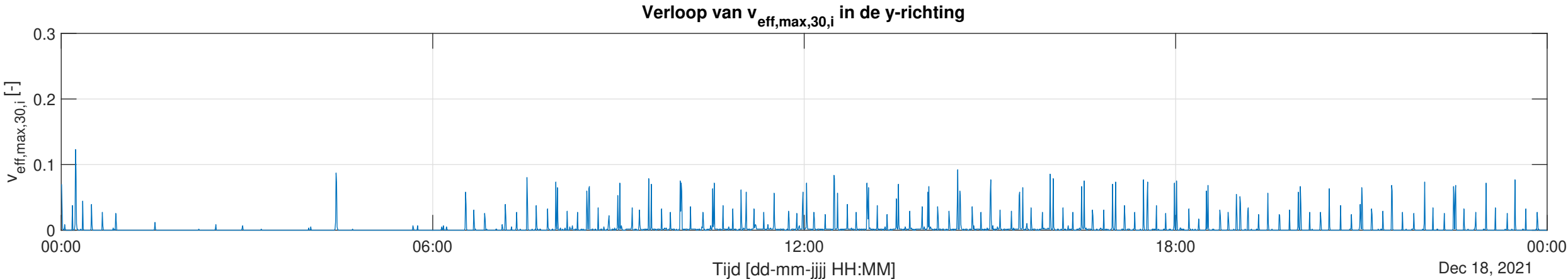
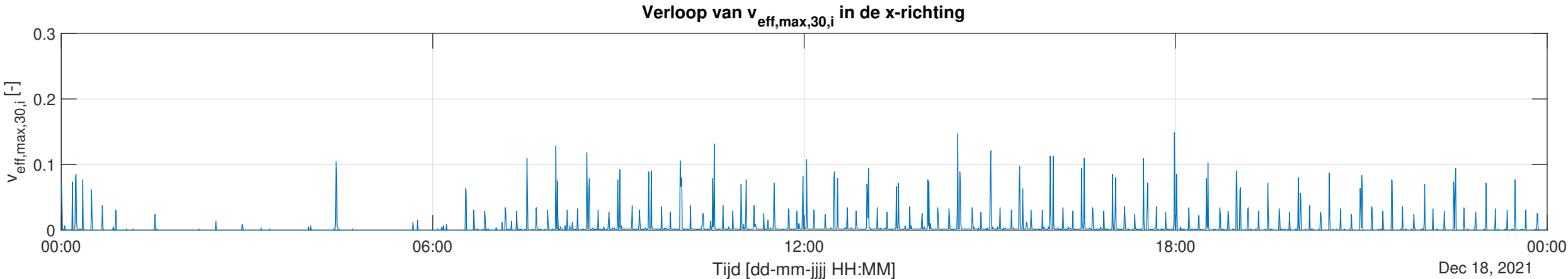
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 16-Dec-2021



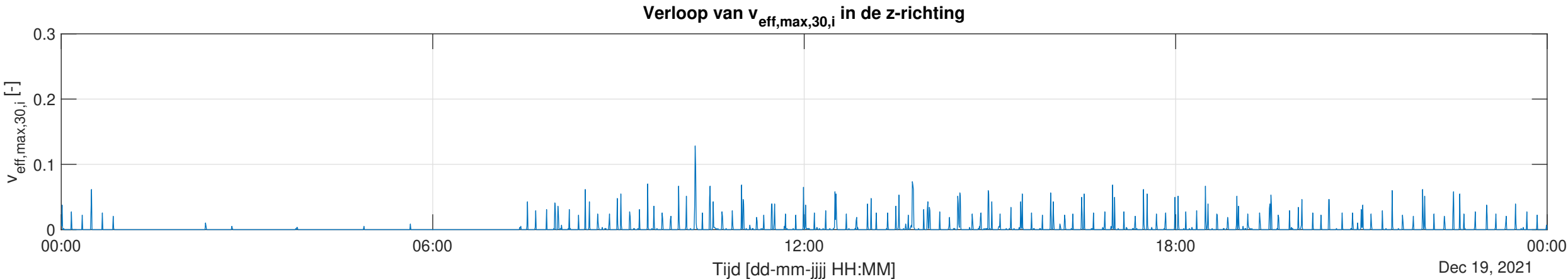
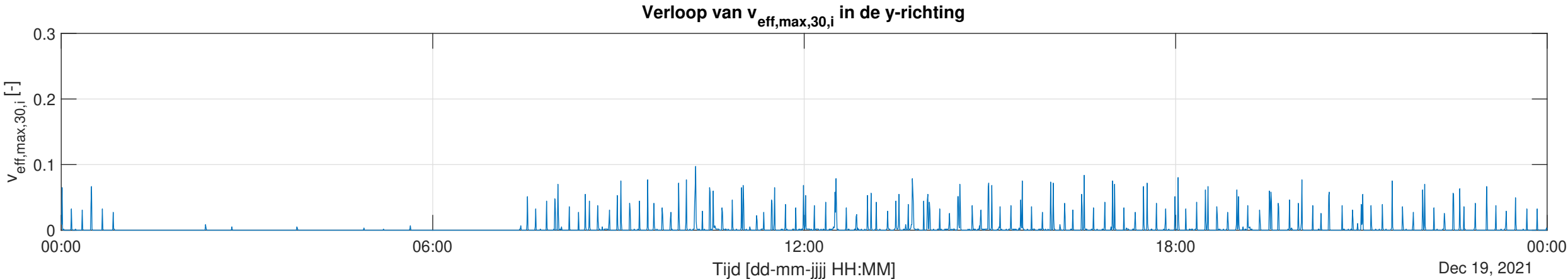
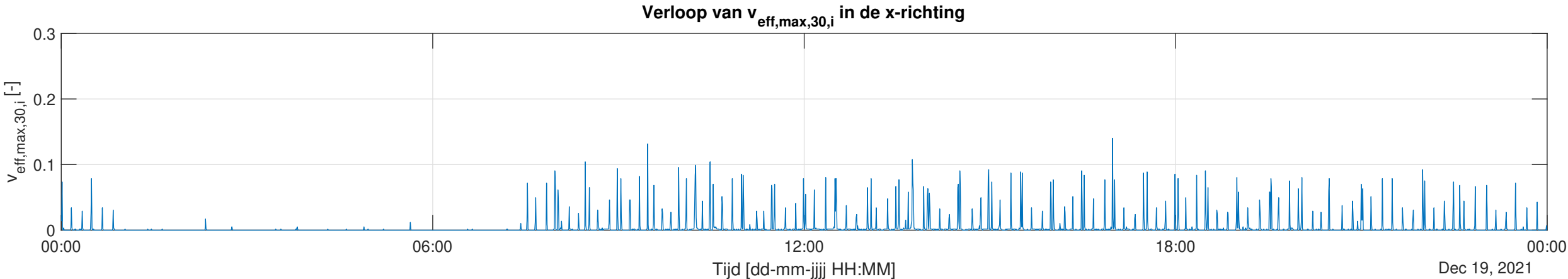
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 17-Dec-2021



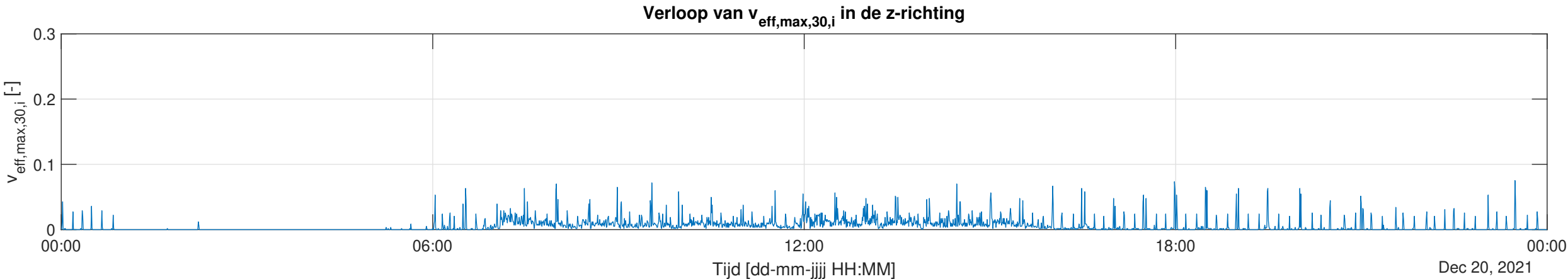
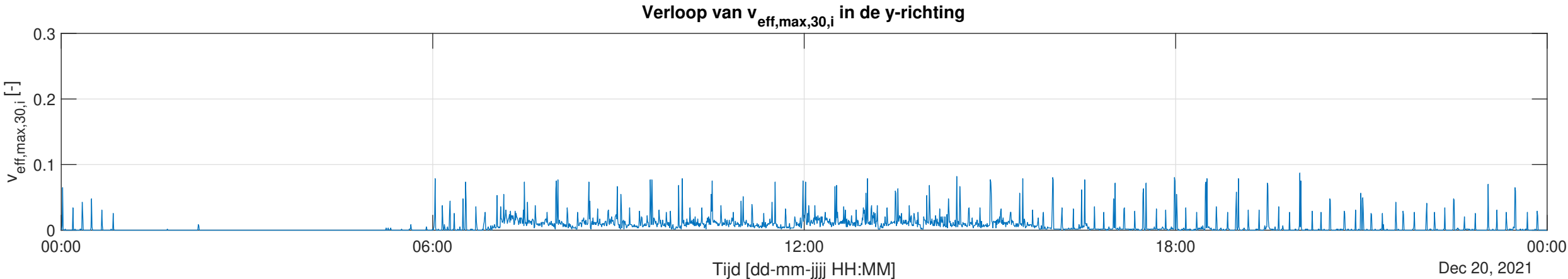
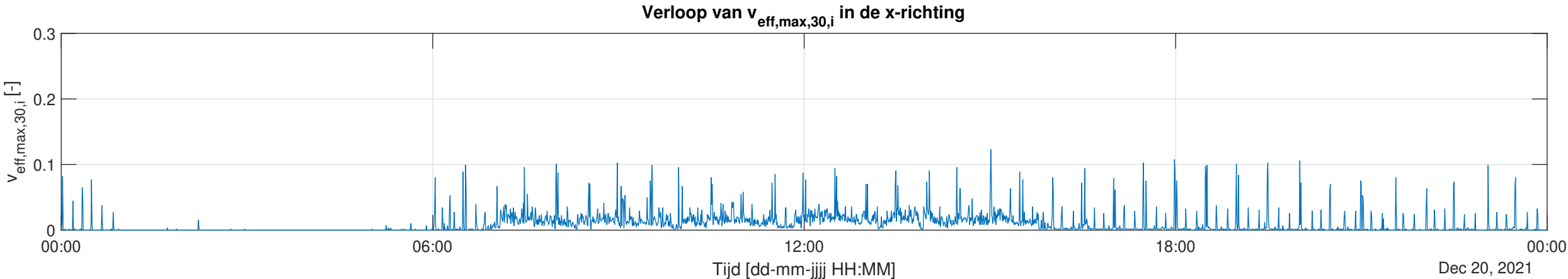
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 18-Dec-2021



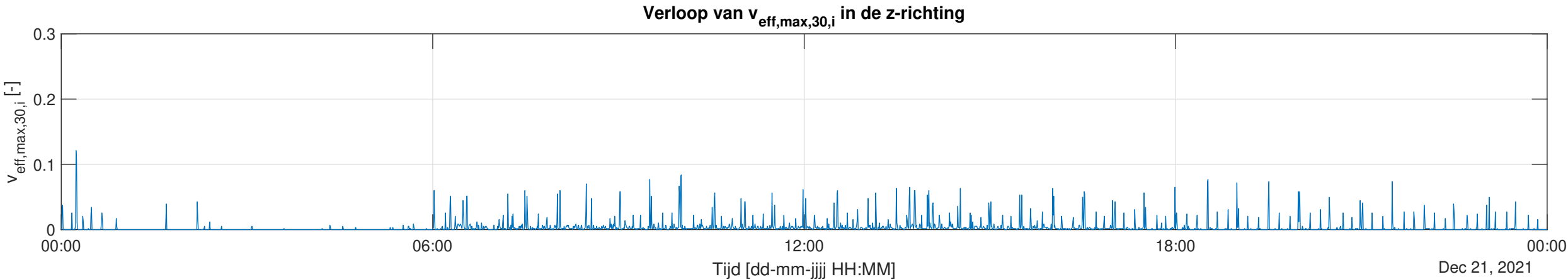
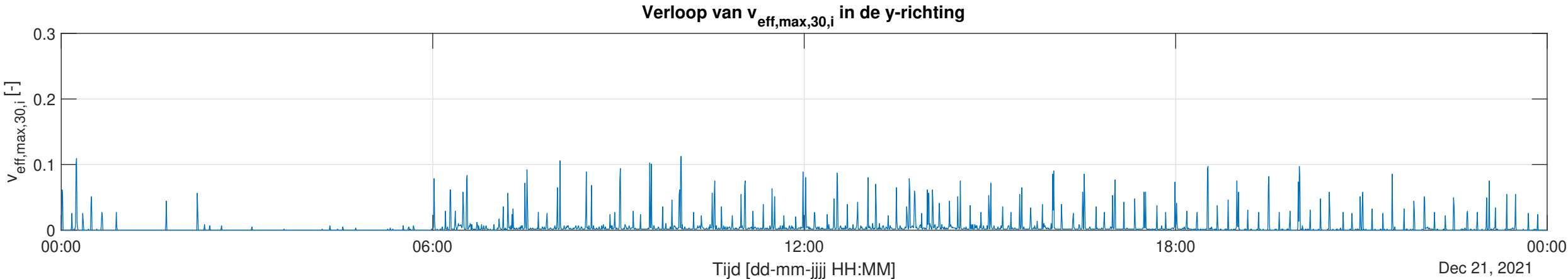
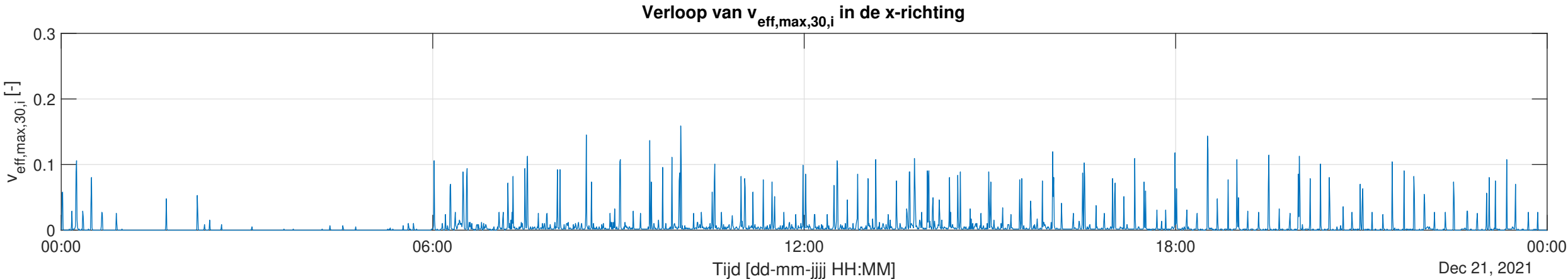
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 2 op 19-Dec-2021



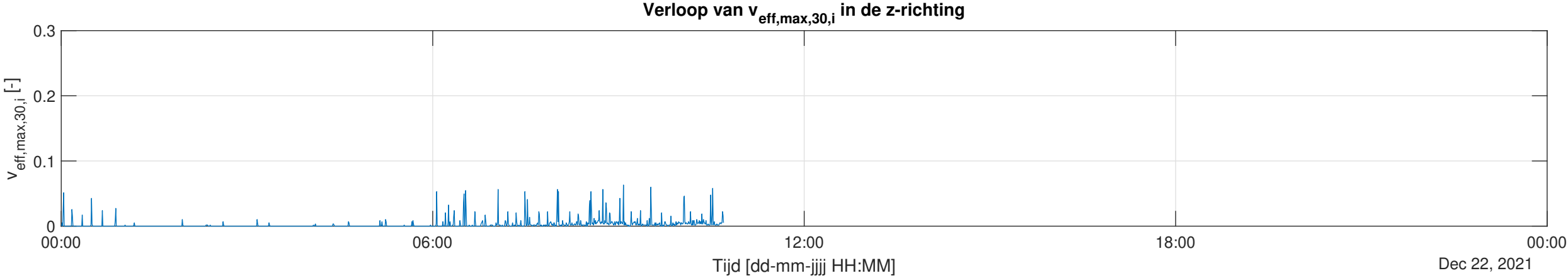
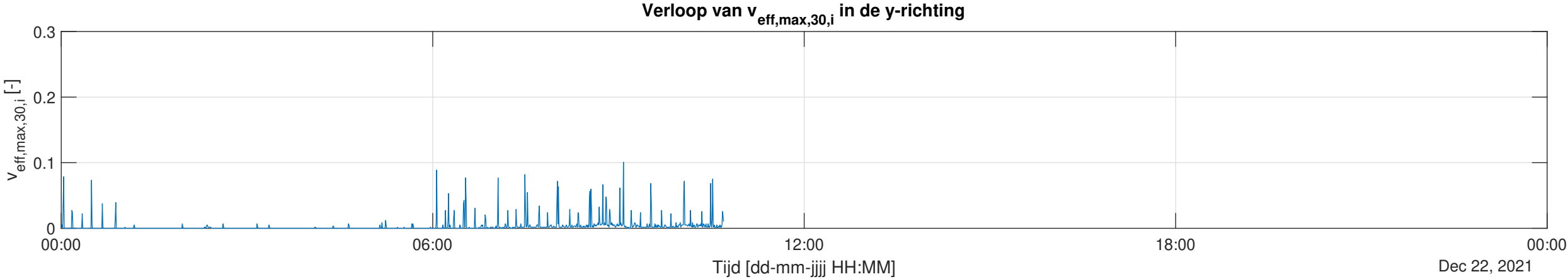
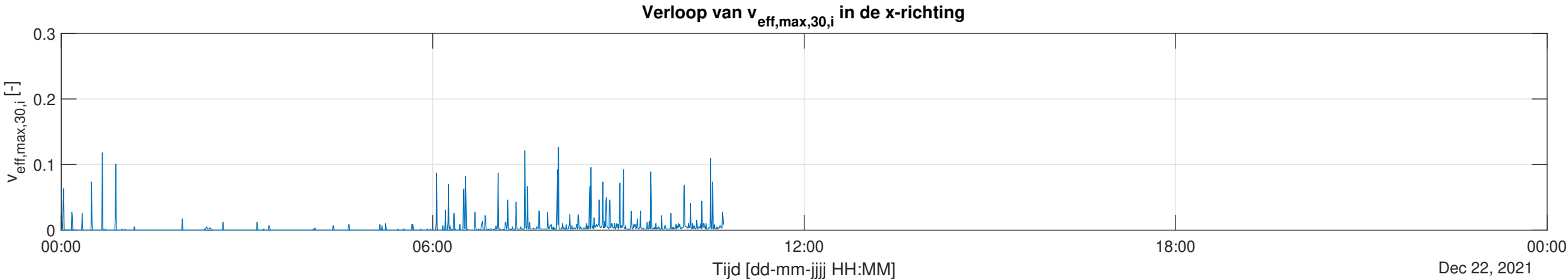
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 20-Dec-2021



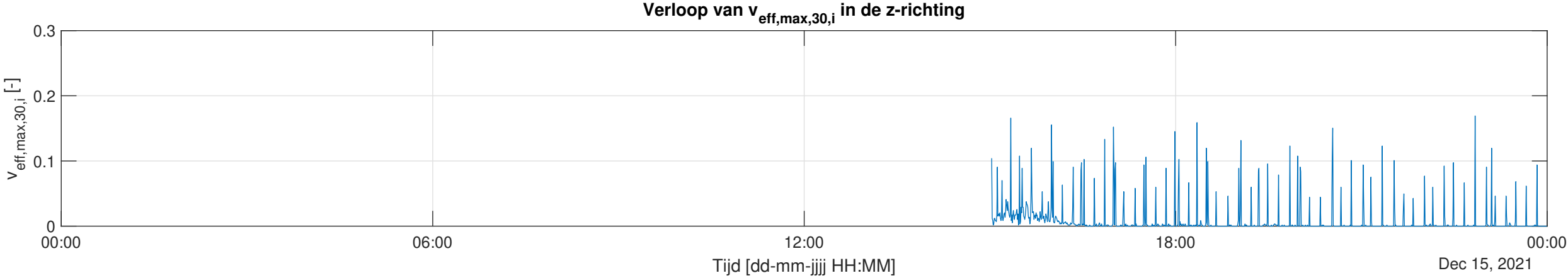
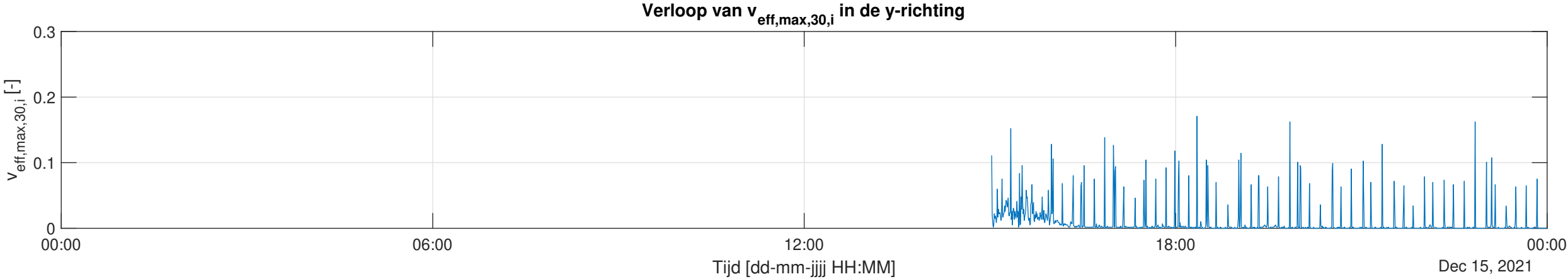
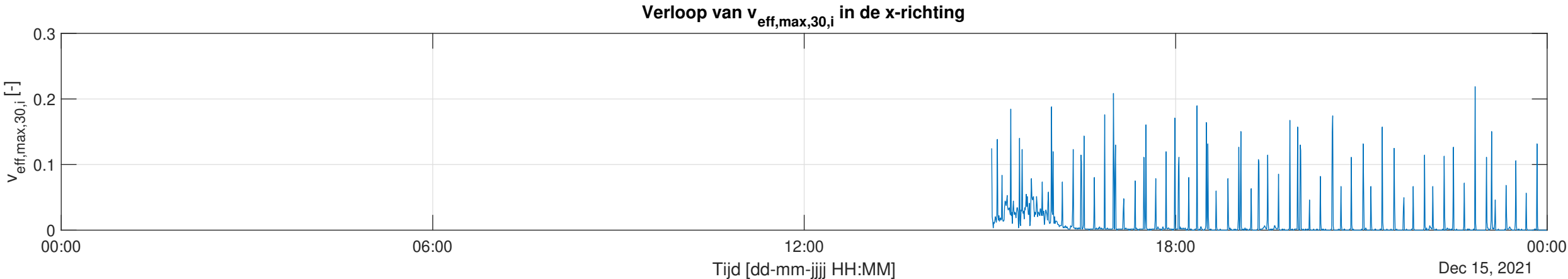
Verloop van $v_{eff,max,30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 21-Dec-2021



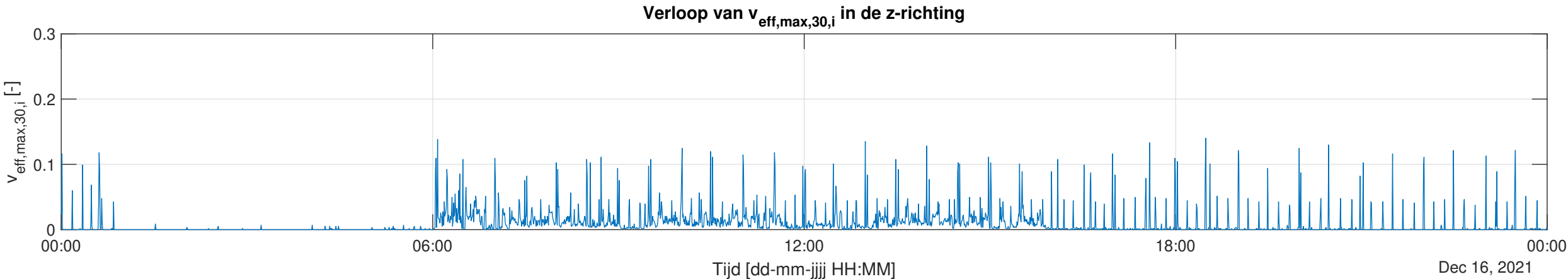
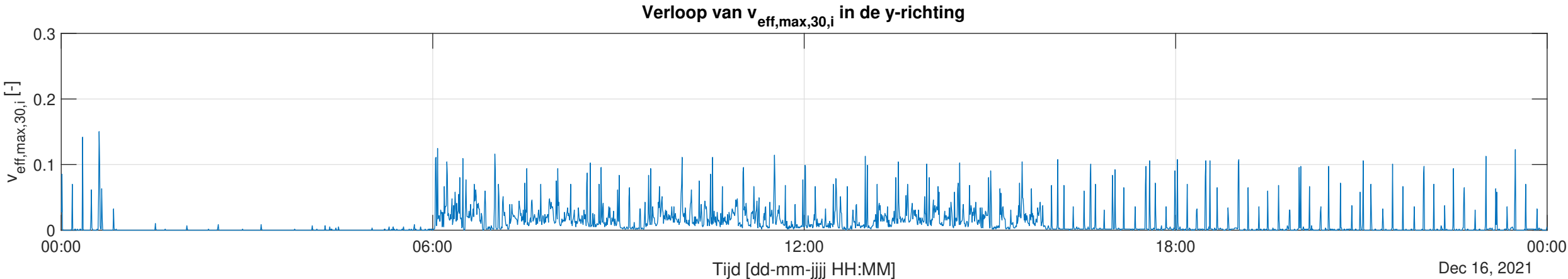
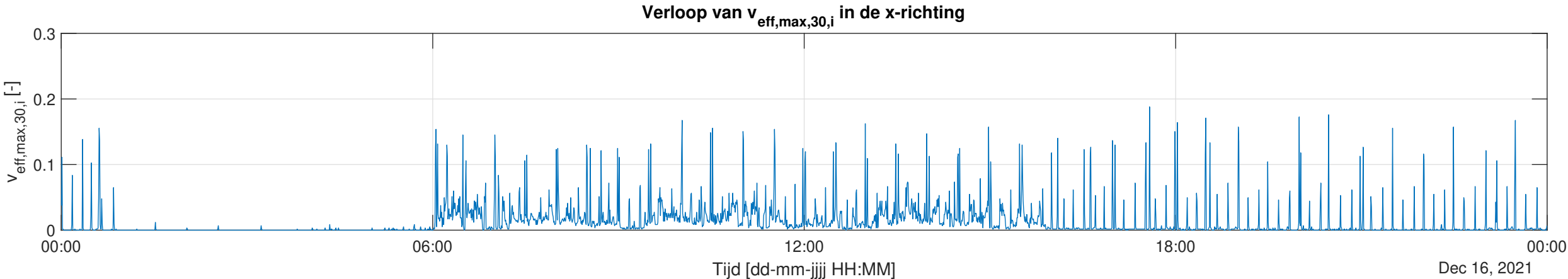
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 2 op 22-Dec-2021



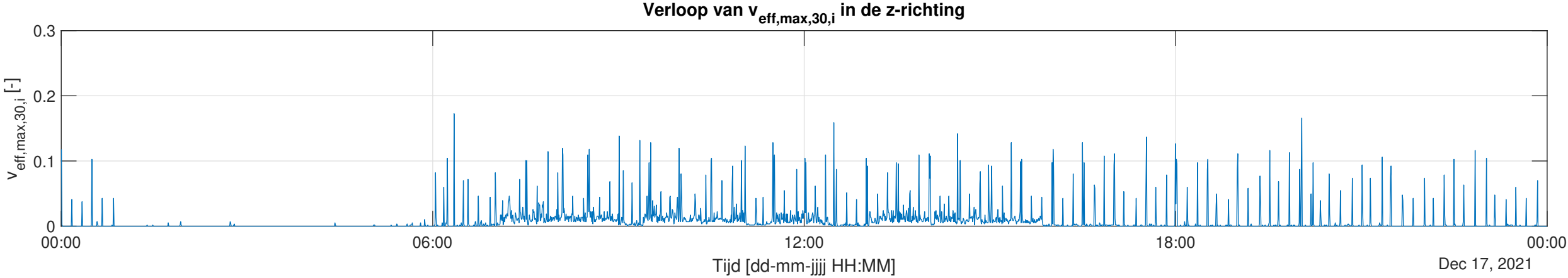
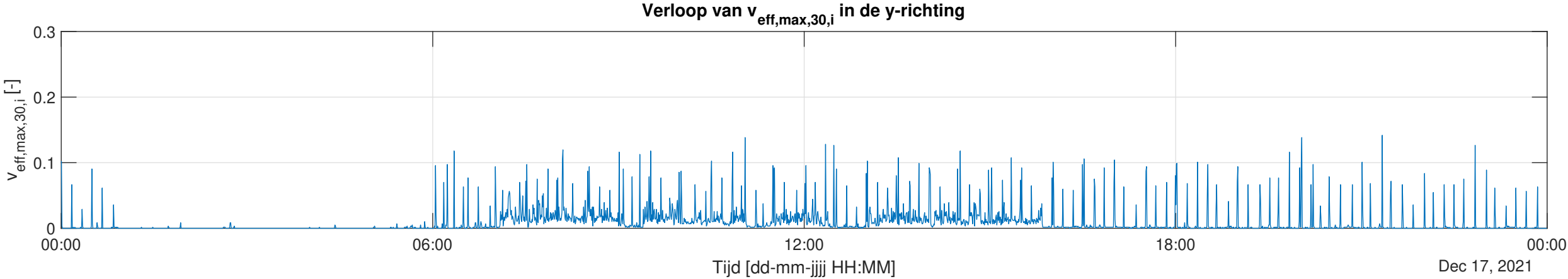
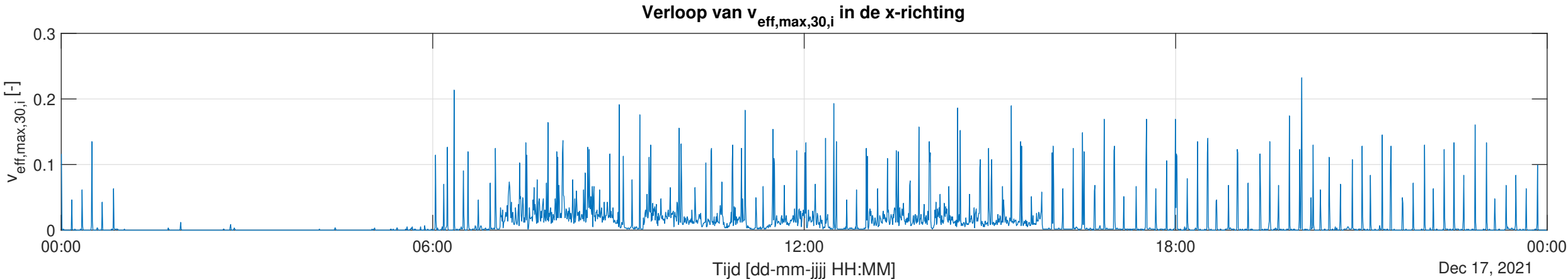
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 15-Dec-2021



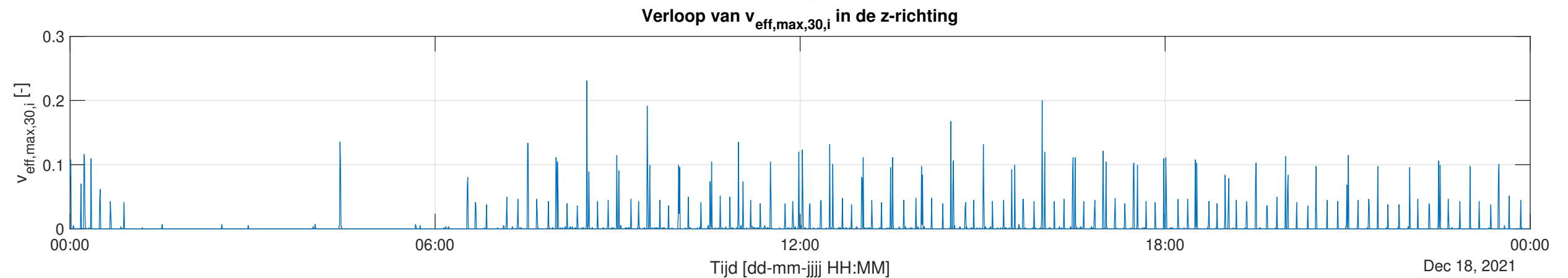
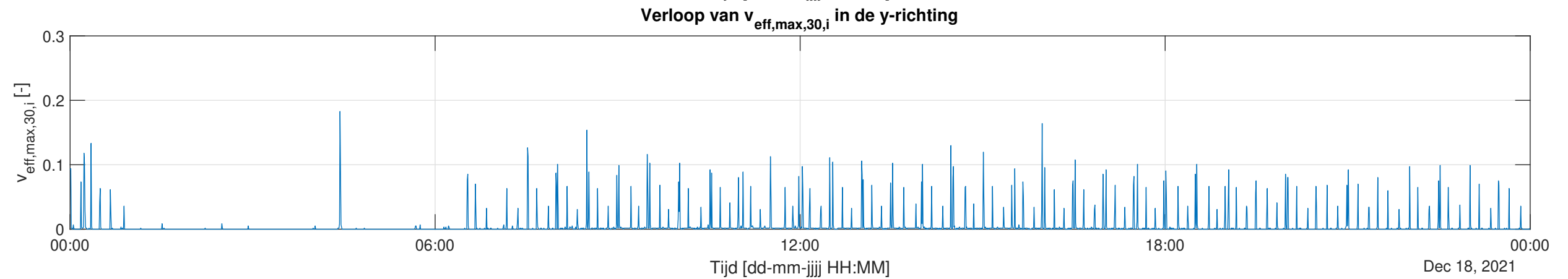
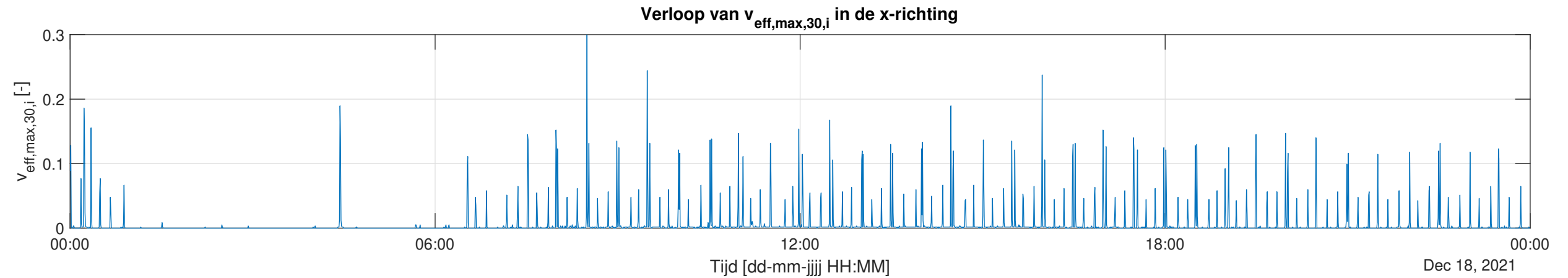
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 16-Dec-2021



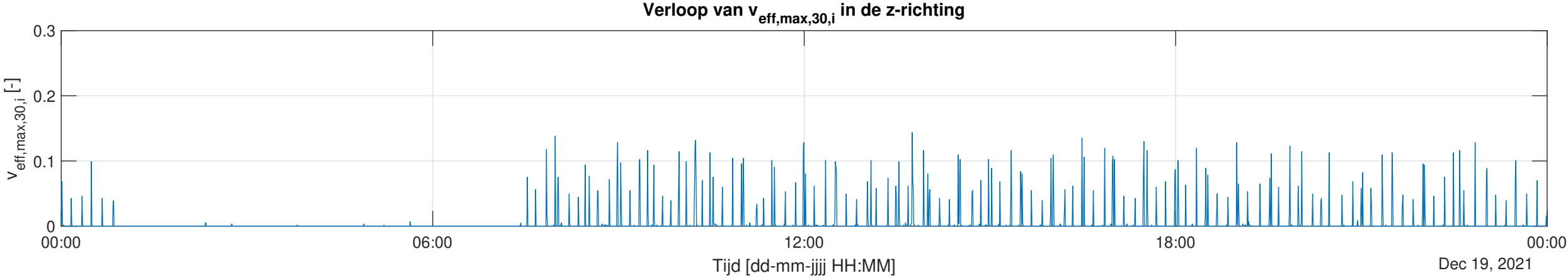
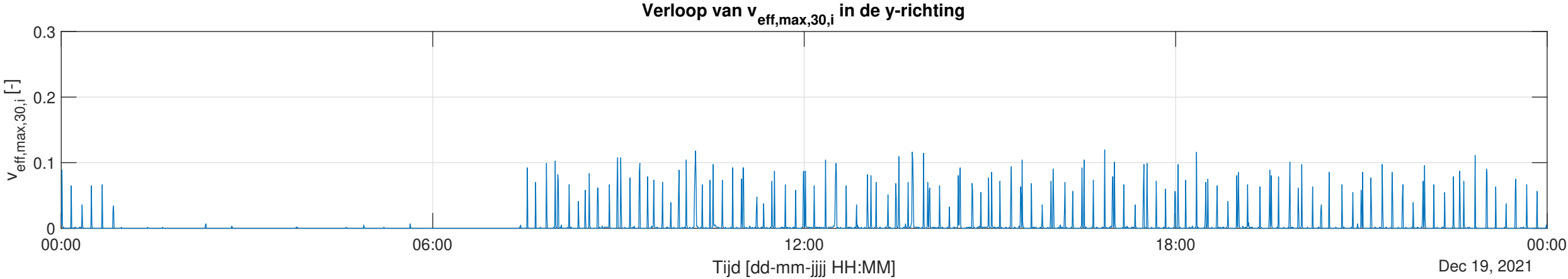
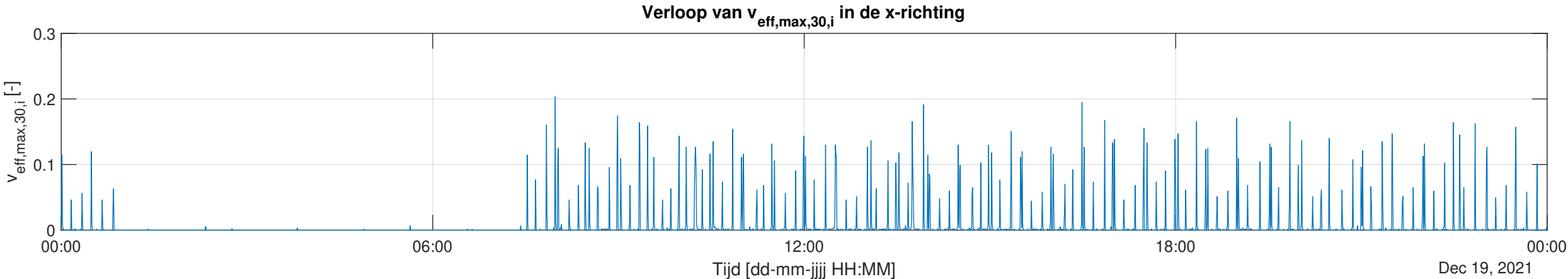
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 17-Dec-2021



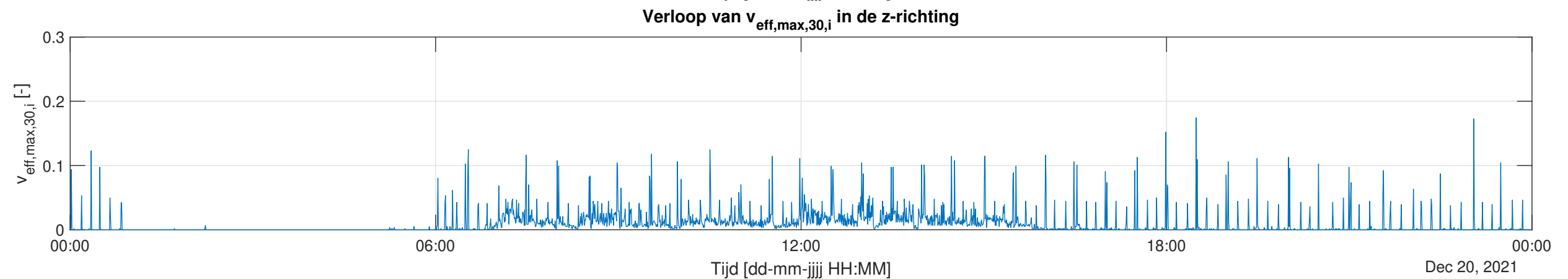
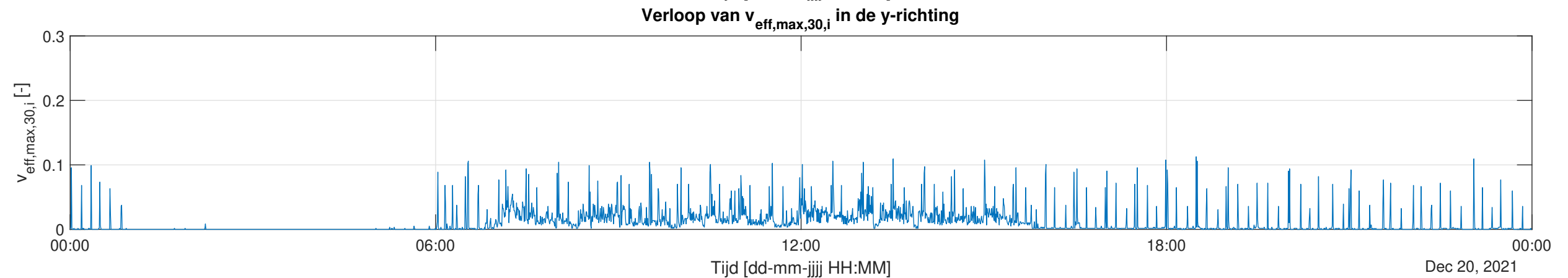
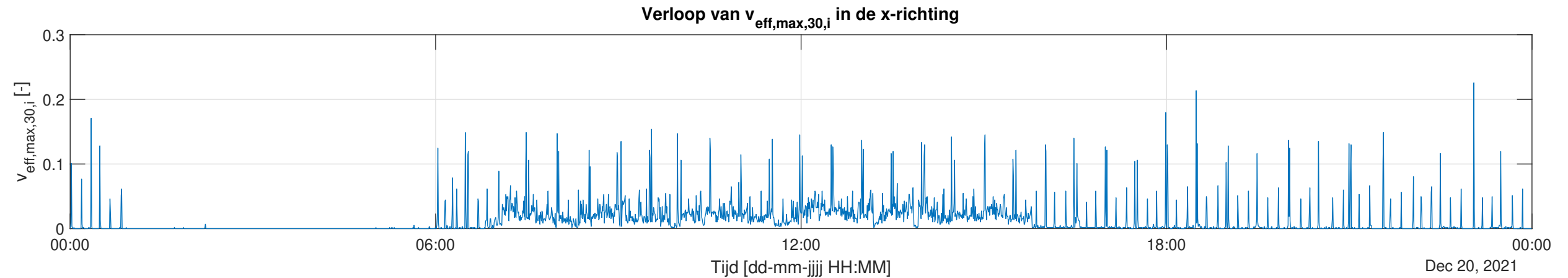
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 18-Dec-2021



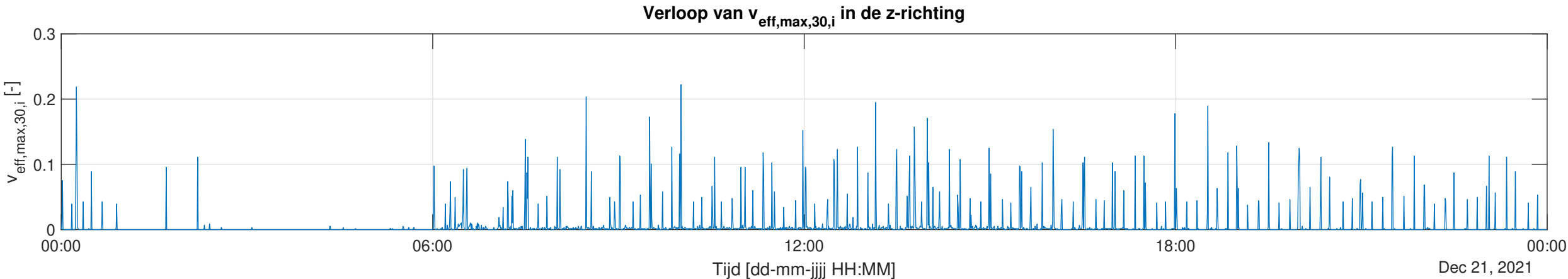
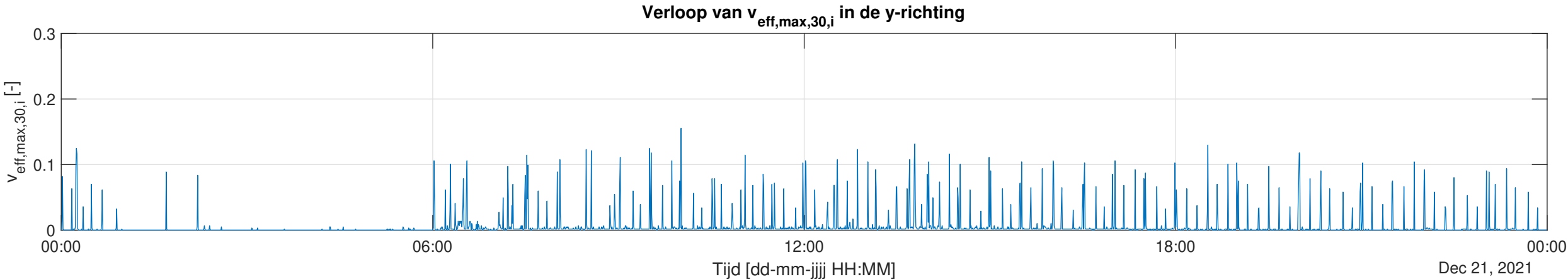
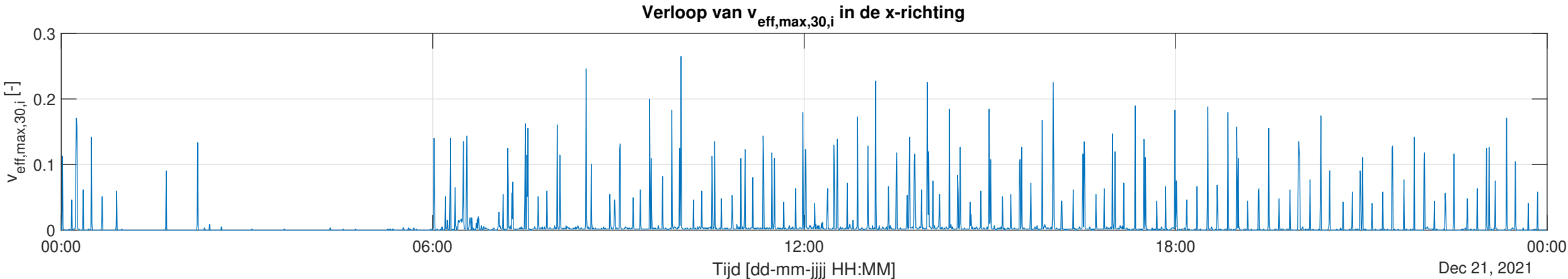
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 19-Dec-2021



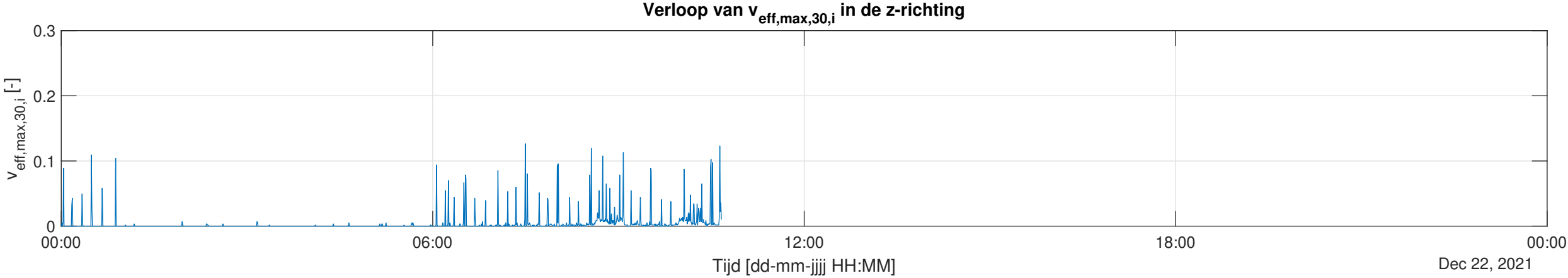
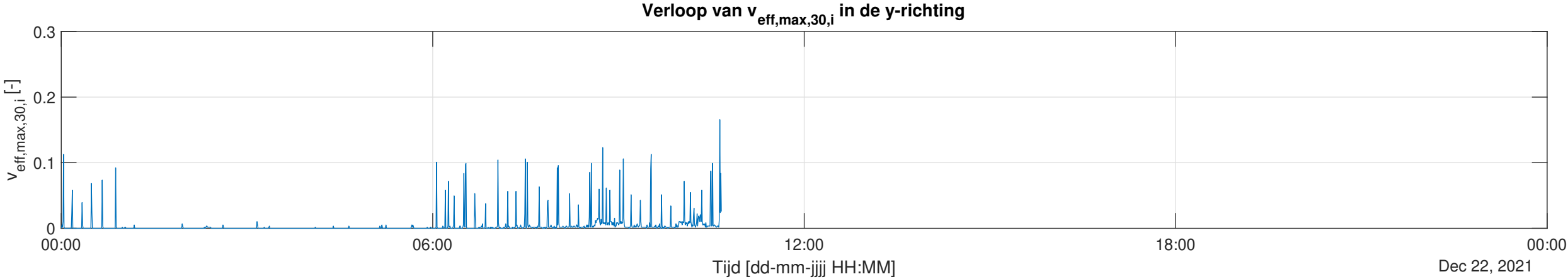
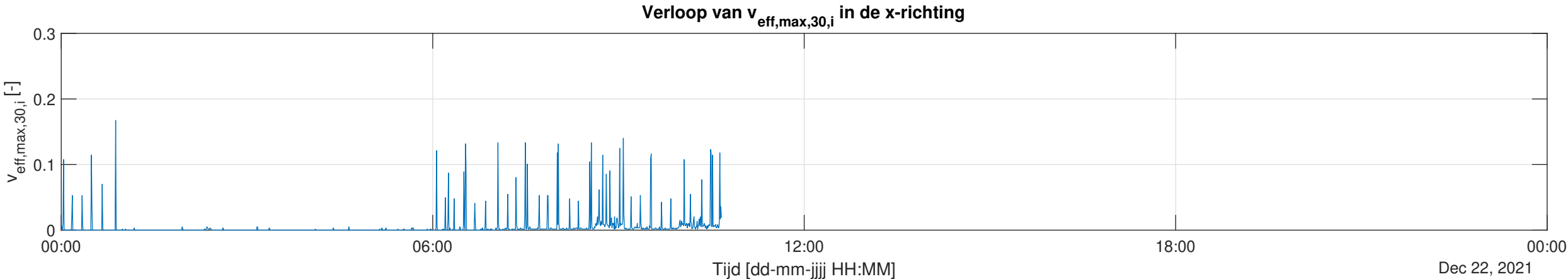
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 3 op 20-Dec-2021



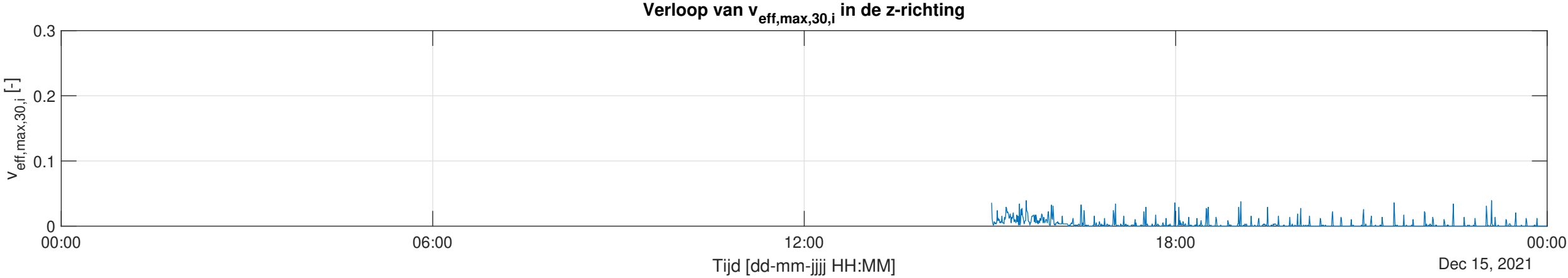
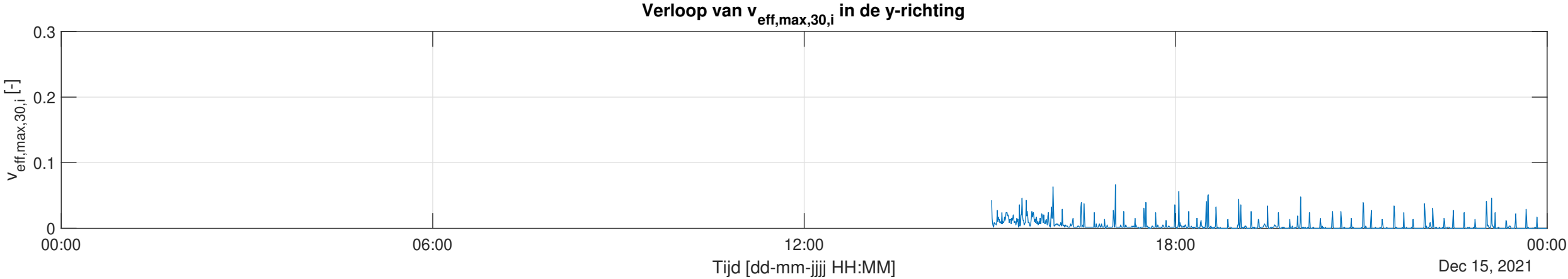
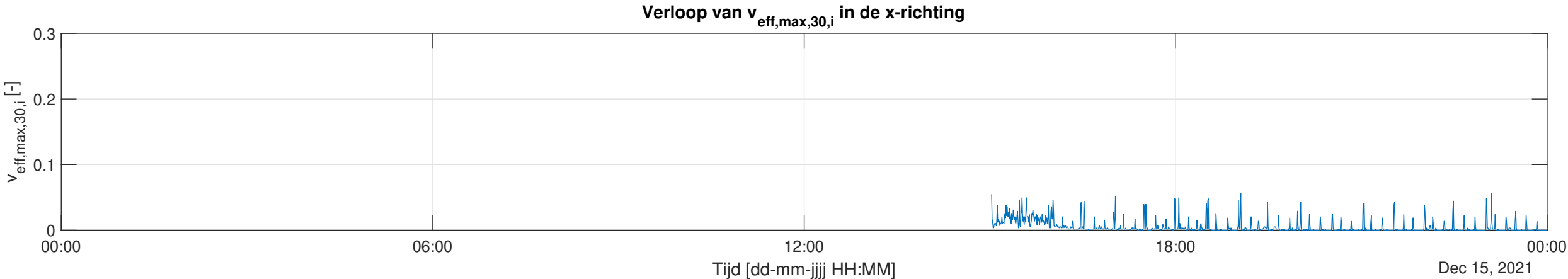
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 21-Dec-2021



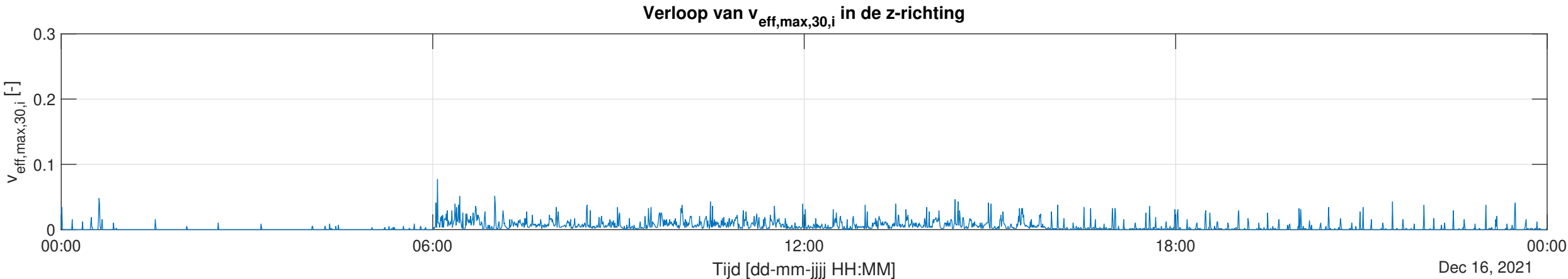
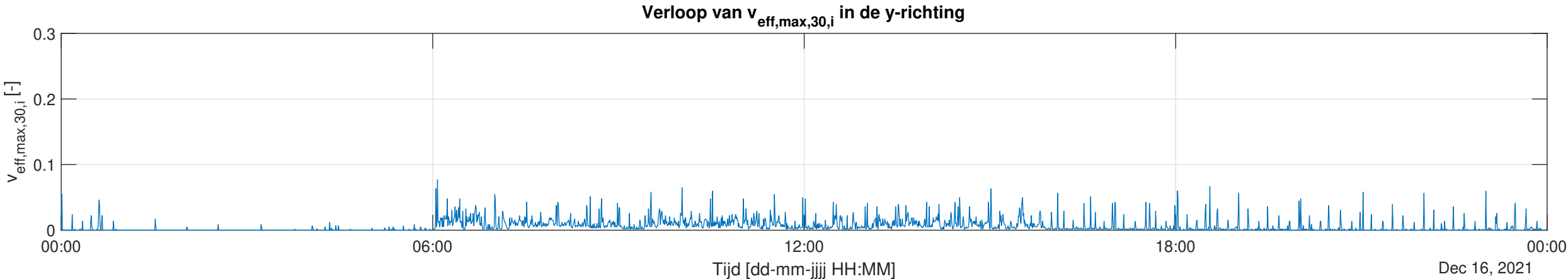
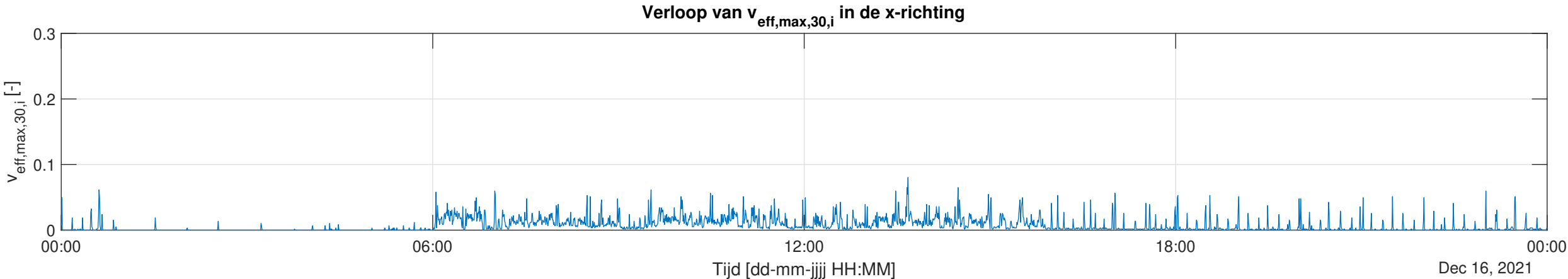
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 3 op 22-Dec-2021



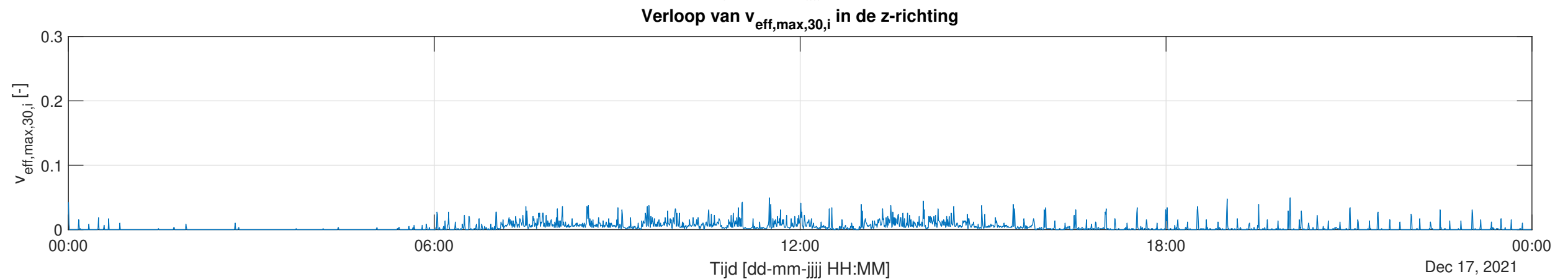
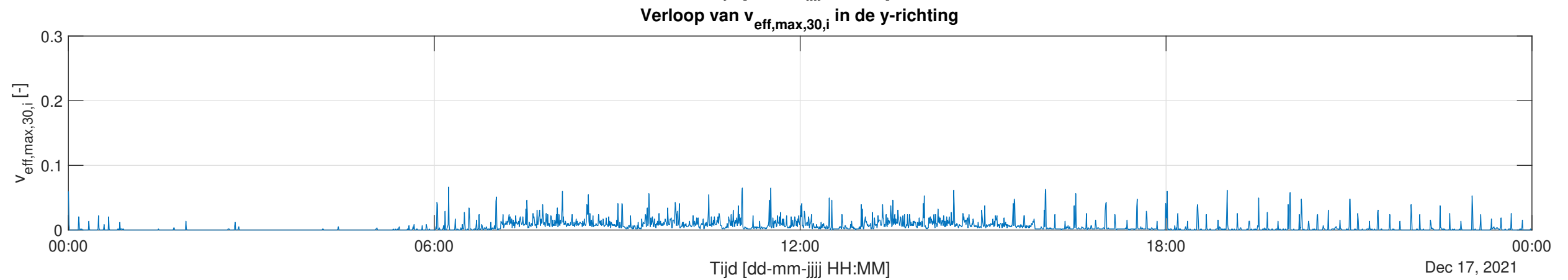
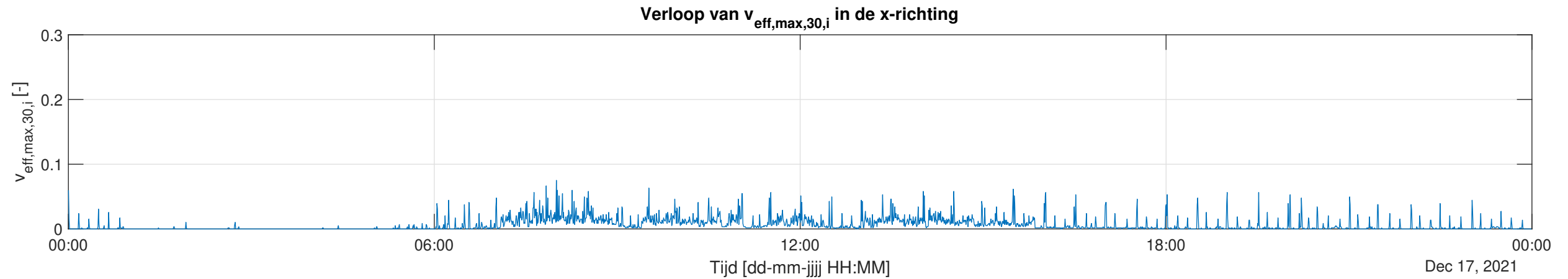
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 15-Dec-2021



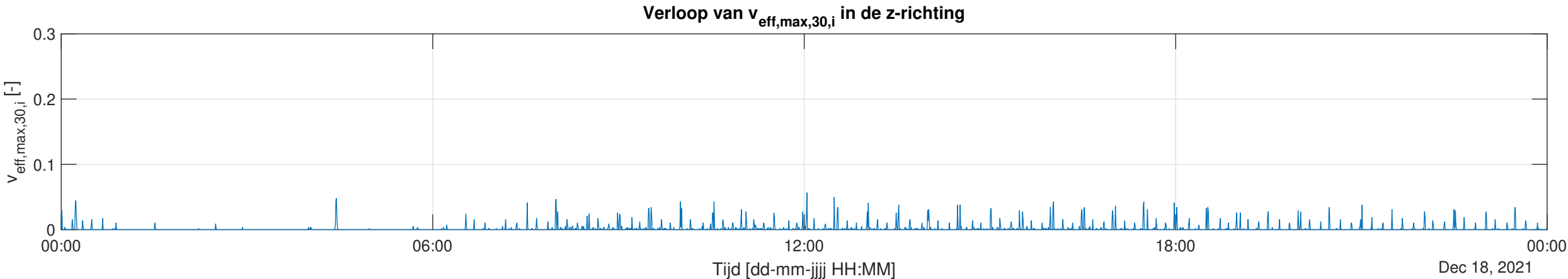
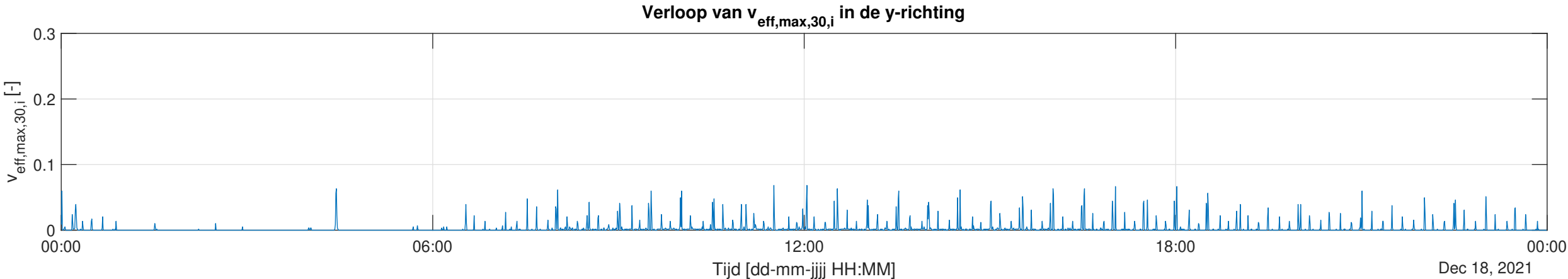
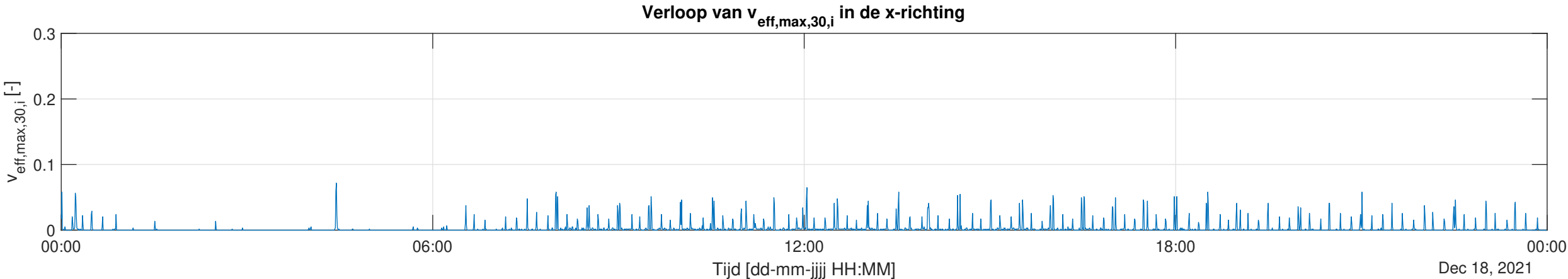
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 4 op 16-Dec-2021



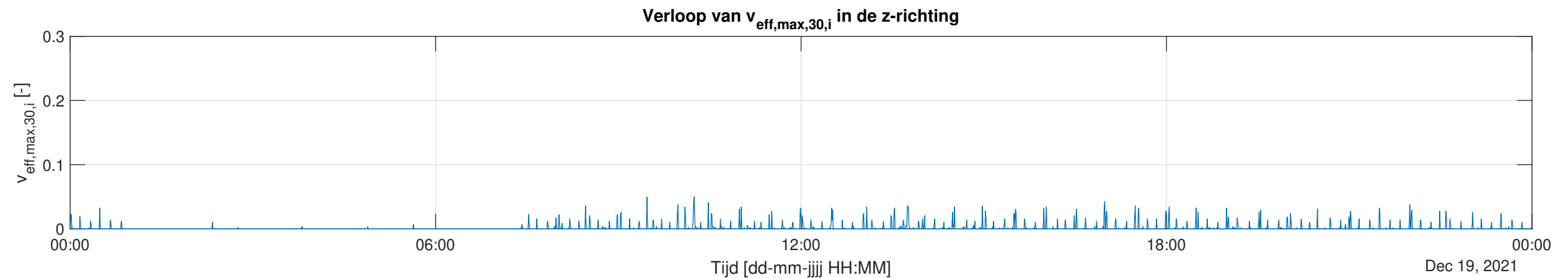
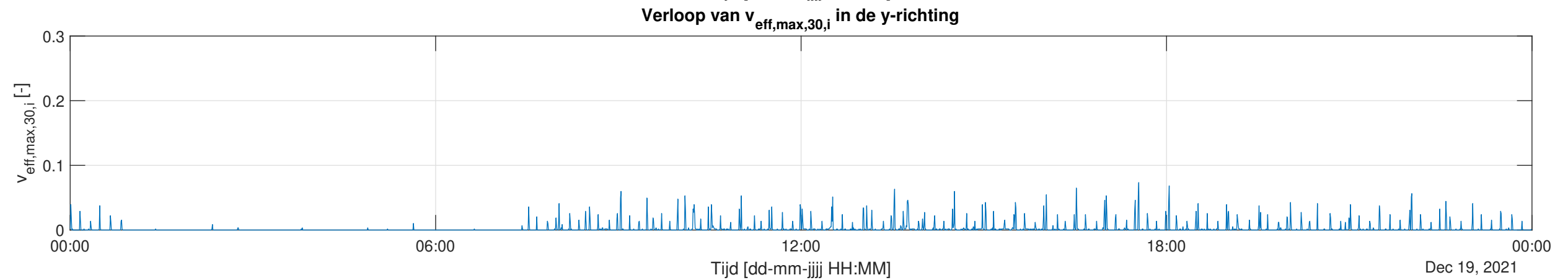
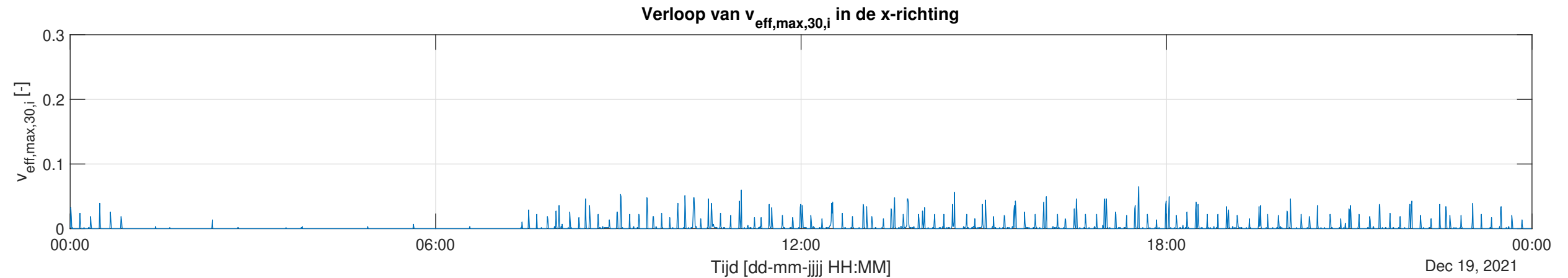
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 17-Dec-2021



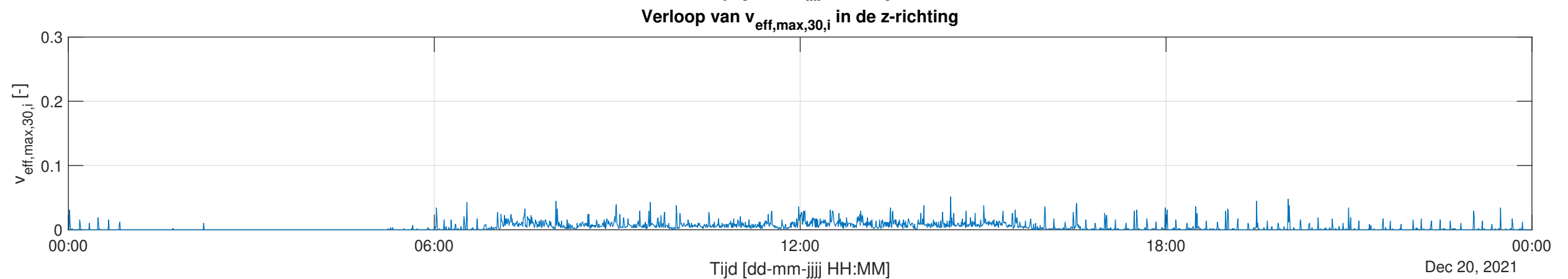
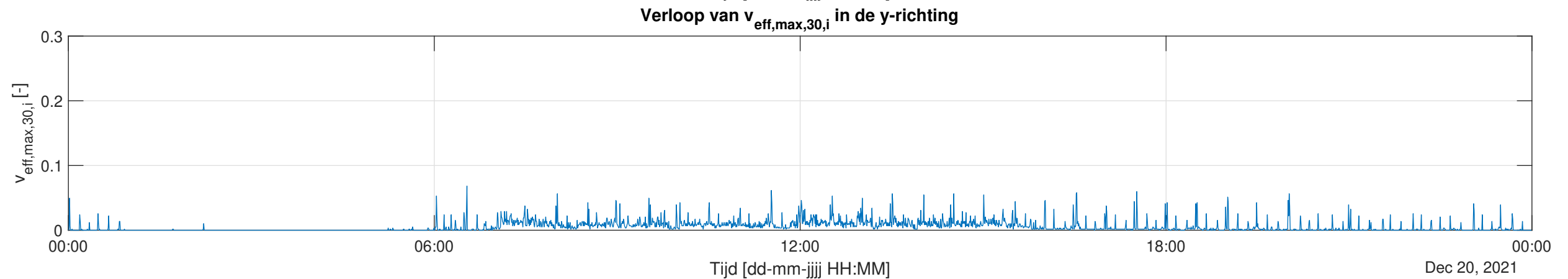
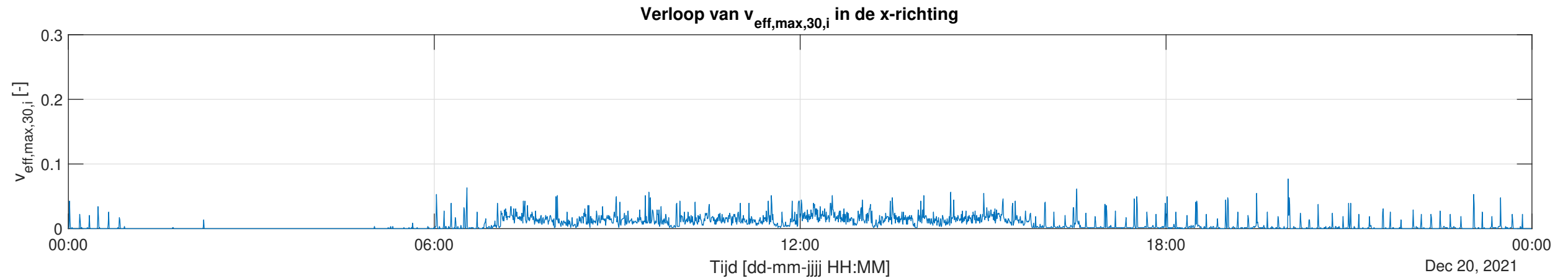
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 18-Dec-2021



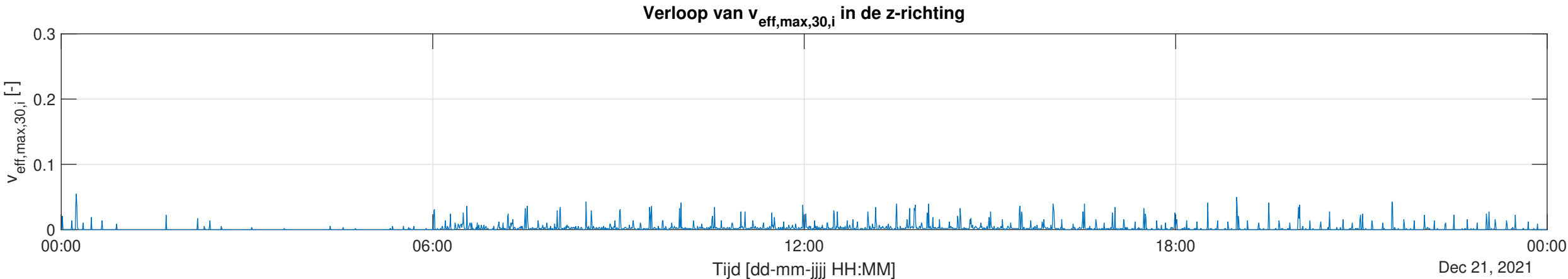
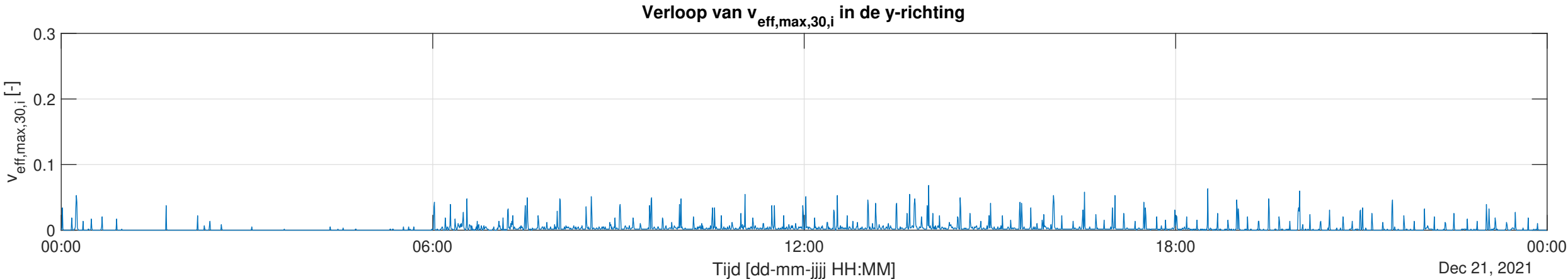
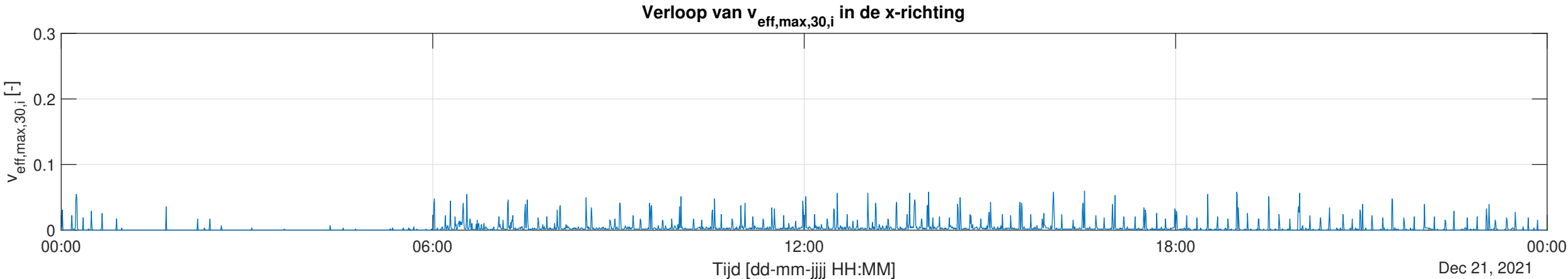
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 19-Dec-2021



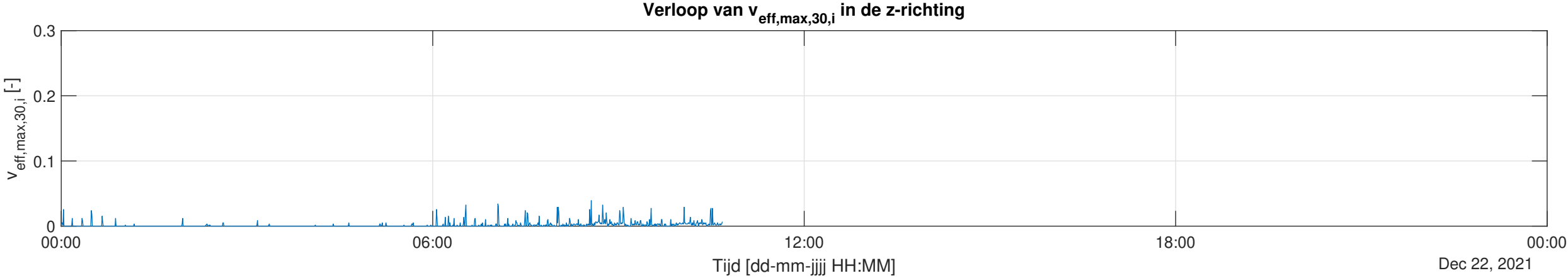
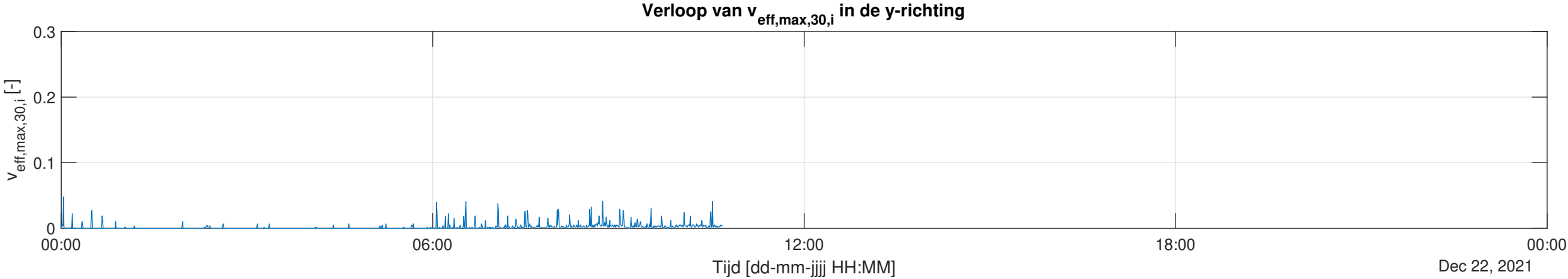
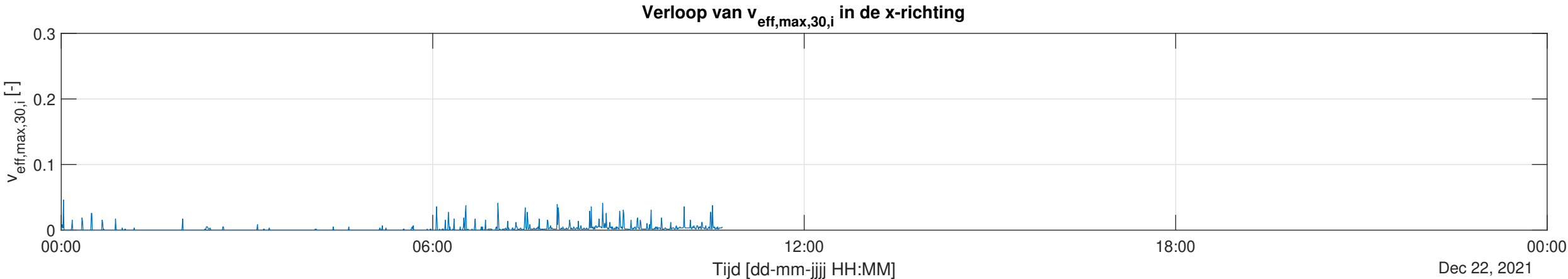
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 20-Dec-2021



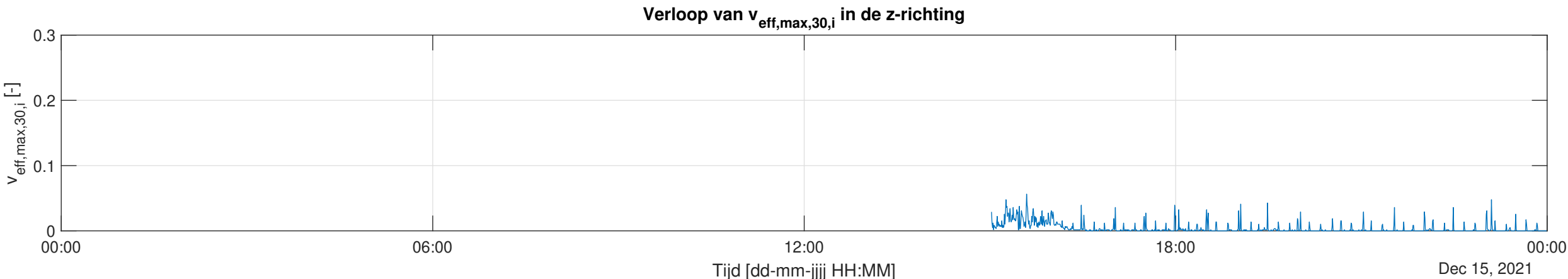
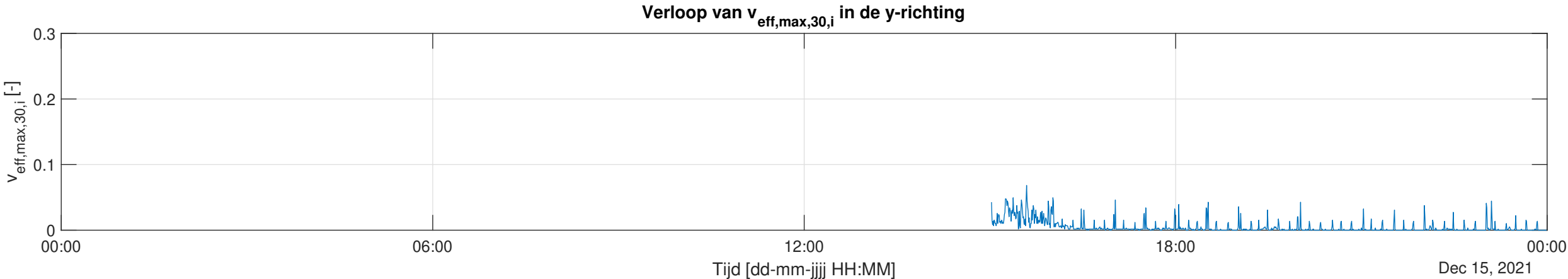
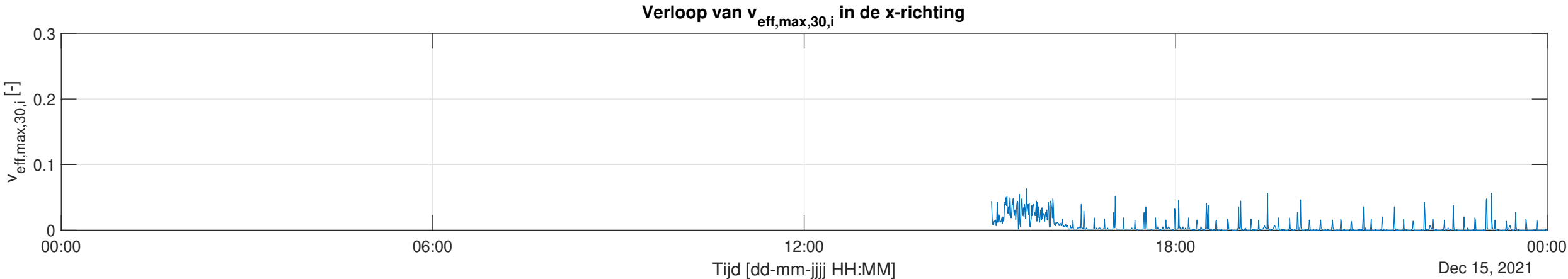
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 4 op 21-Dec-2021



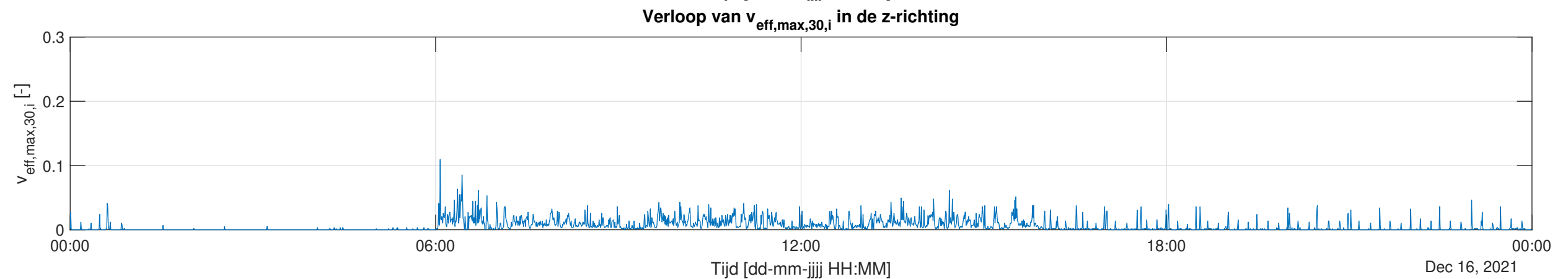
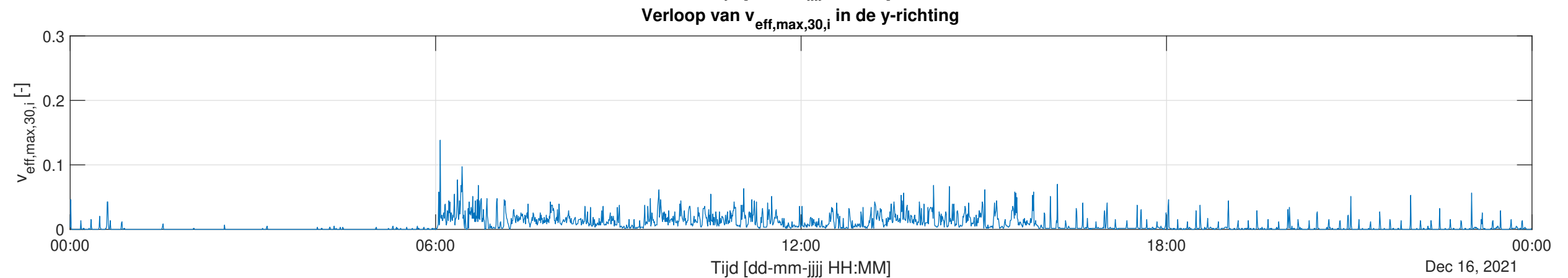
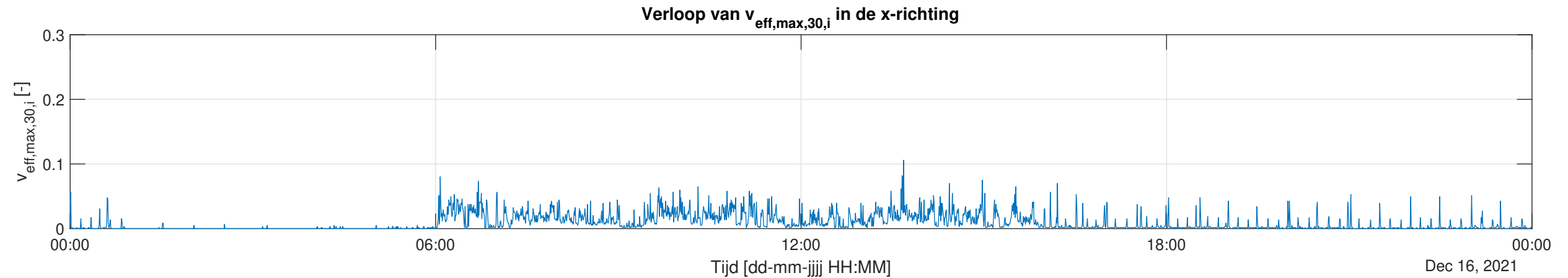
Verloop van $v_{eff,max,30,i}$ gemeten bij Meetpunt 4 op 22-Dec-2021



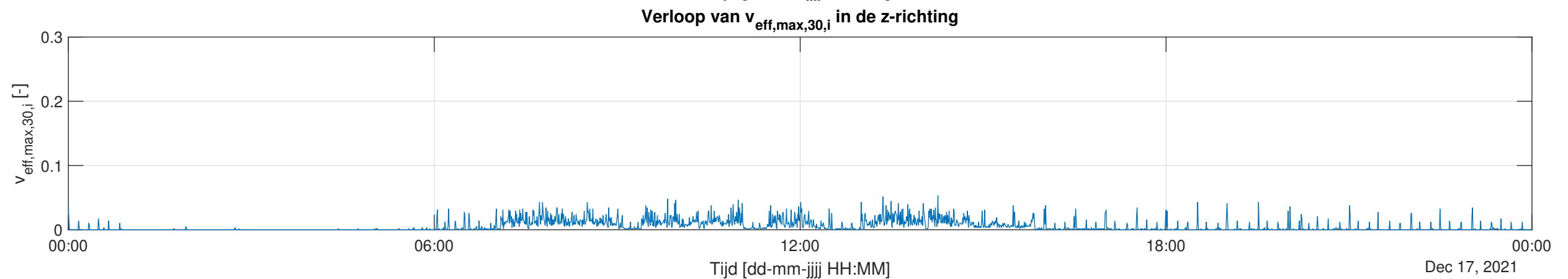
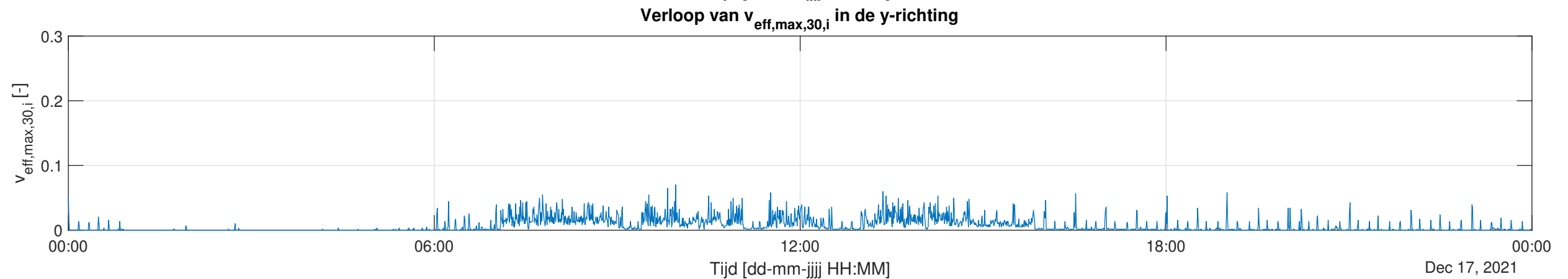
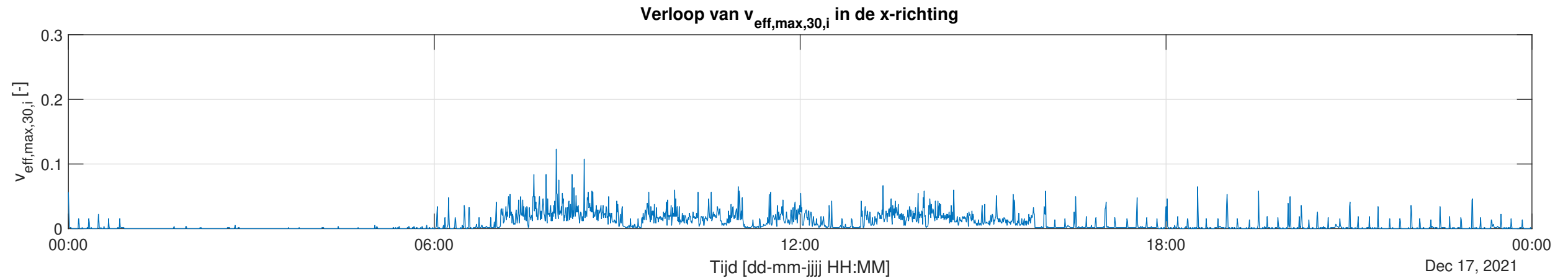
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 15-Dec-2021



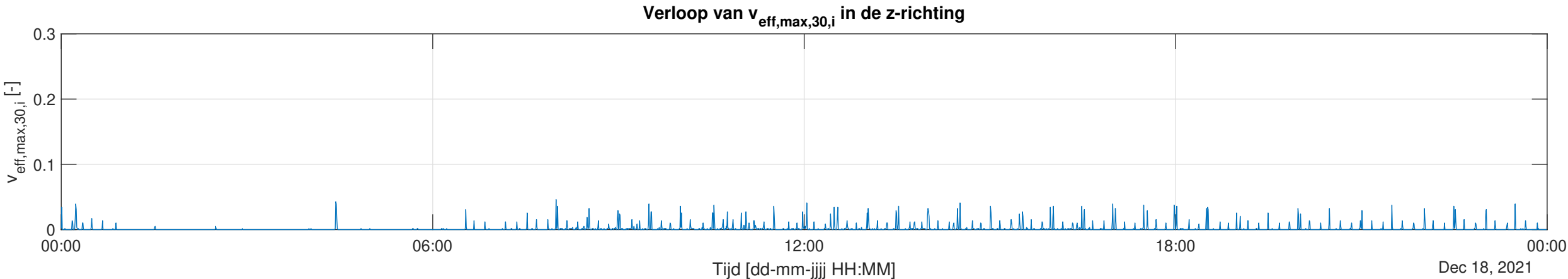
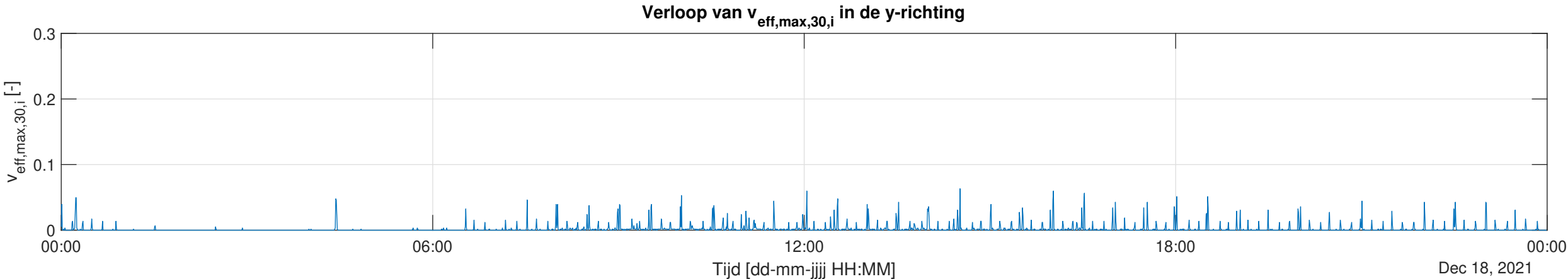
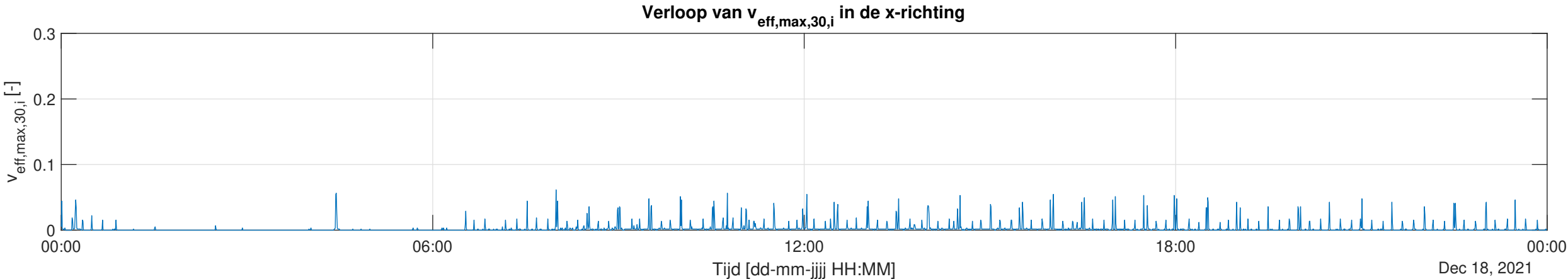
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 16-Dec-2021



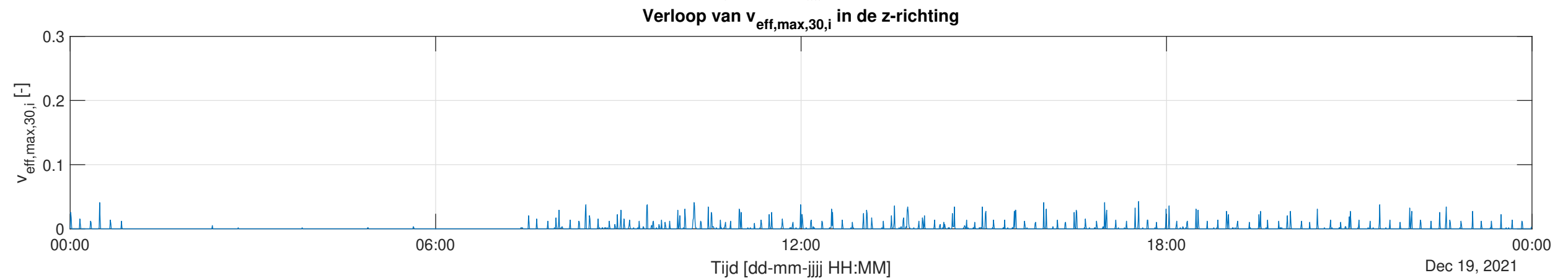
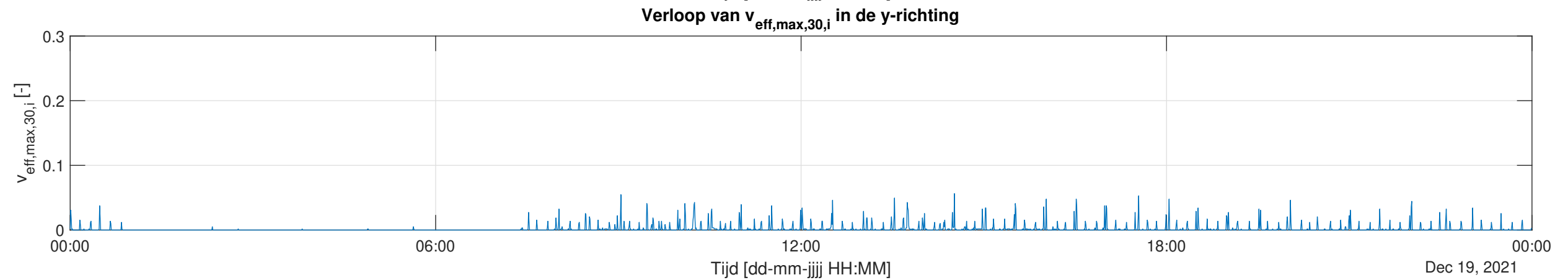
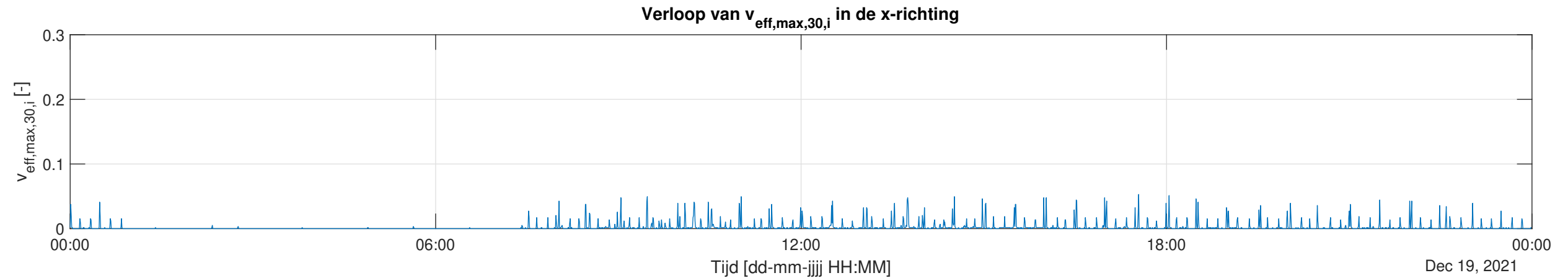
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 17-Dec-2021



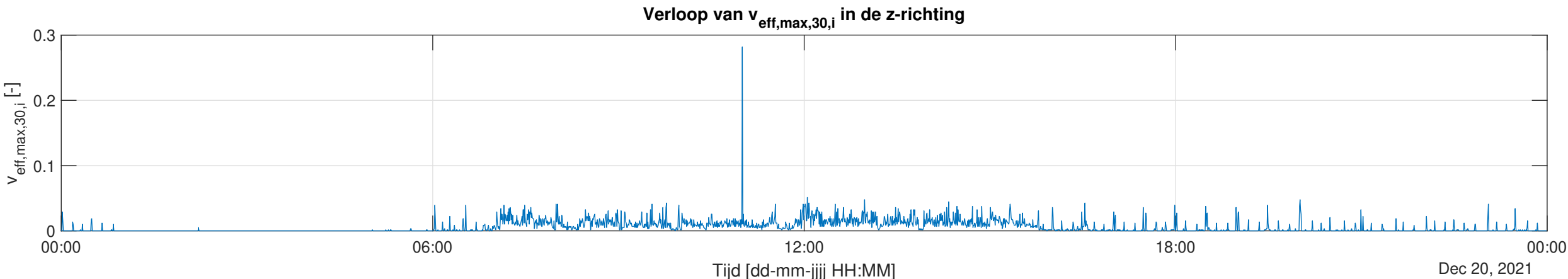
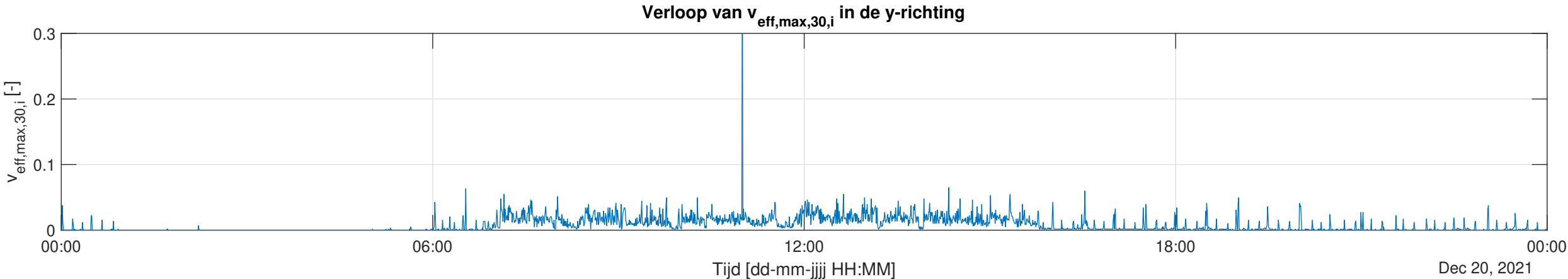
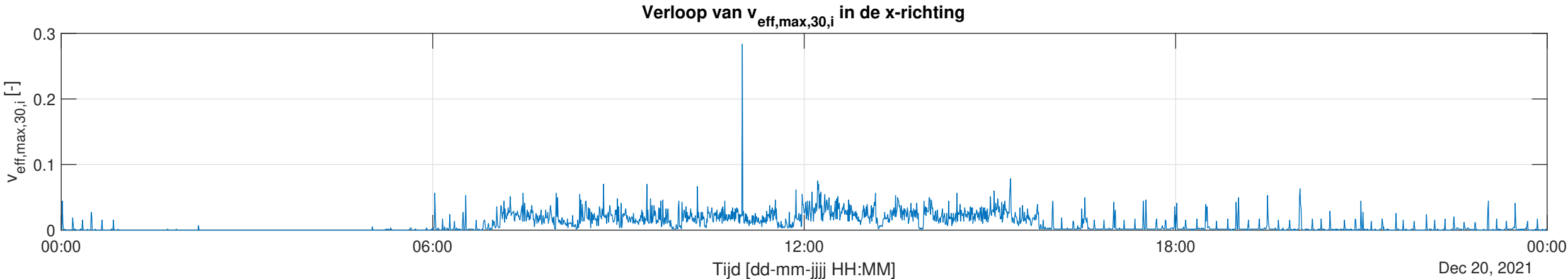
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 5 op 18-Dec-2021



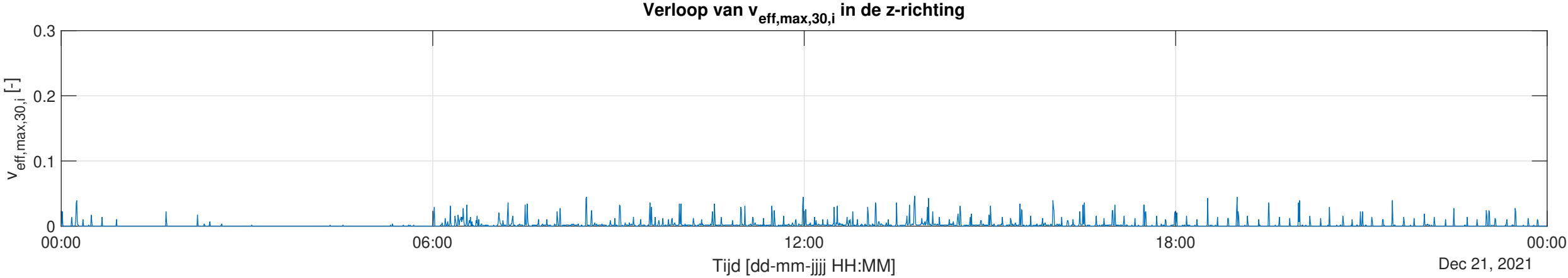
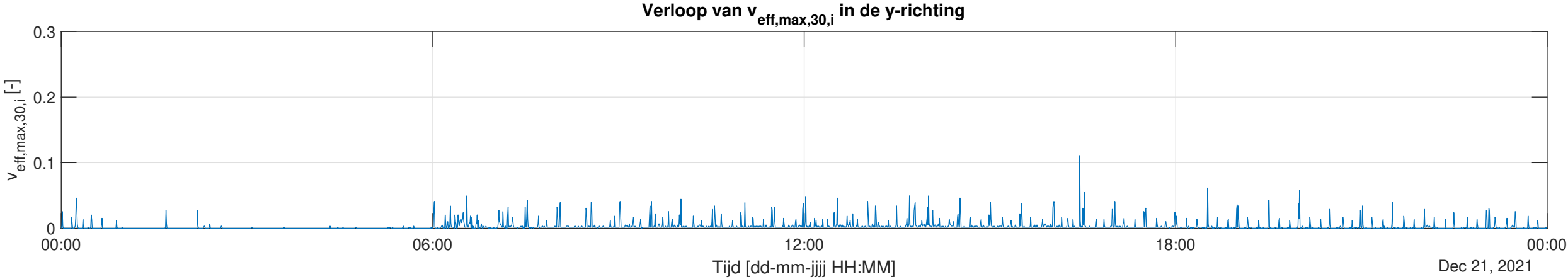
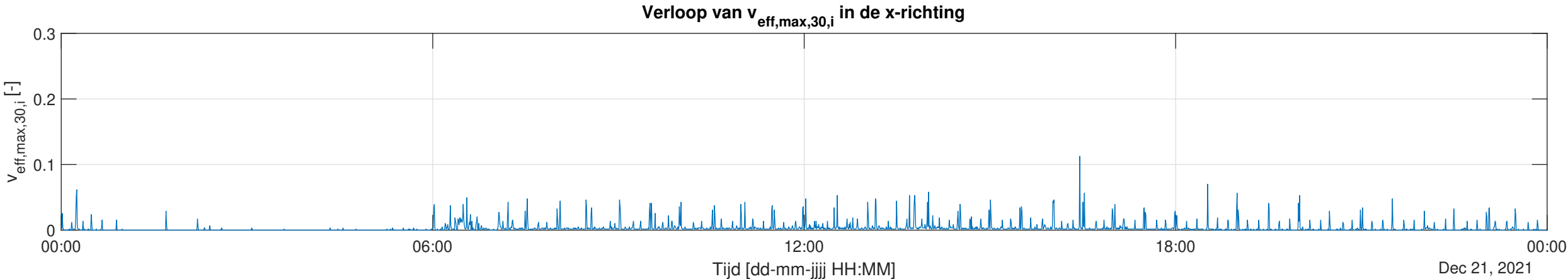
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 19-Dec-2021



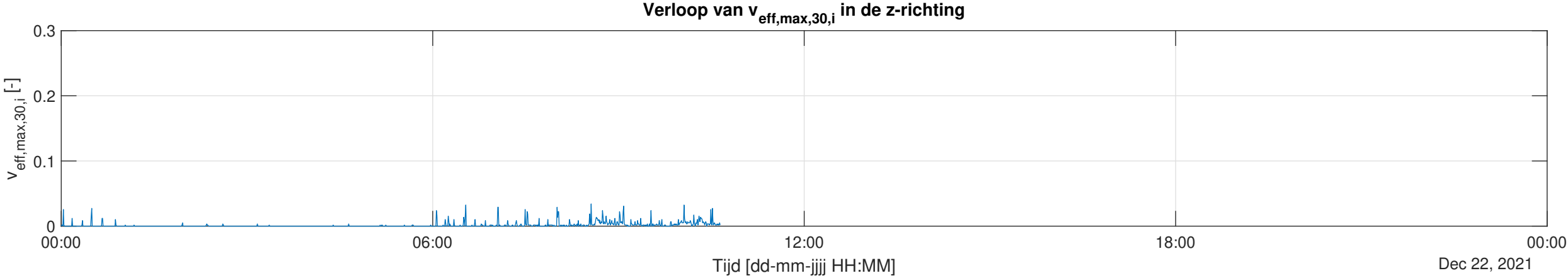
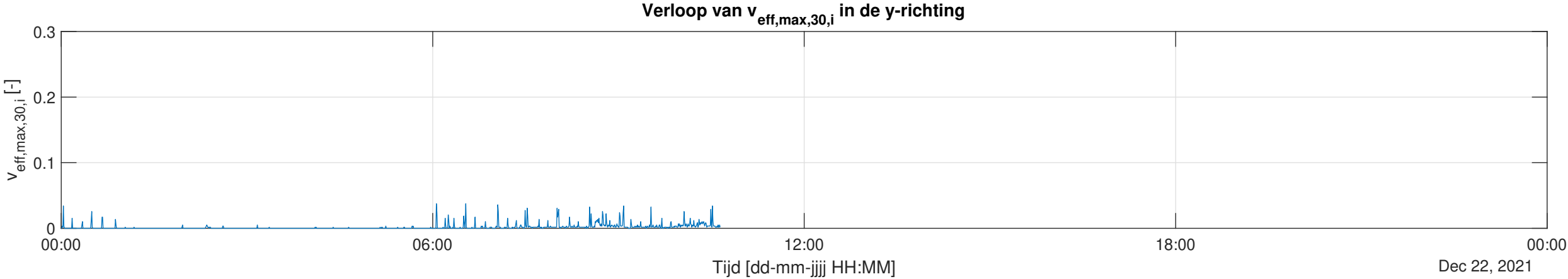
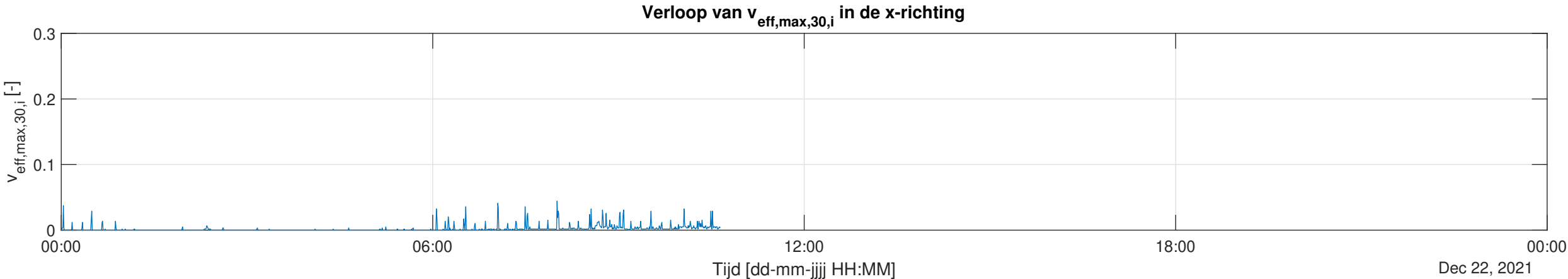
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 20-Dec-2021



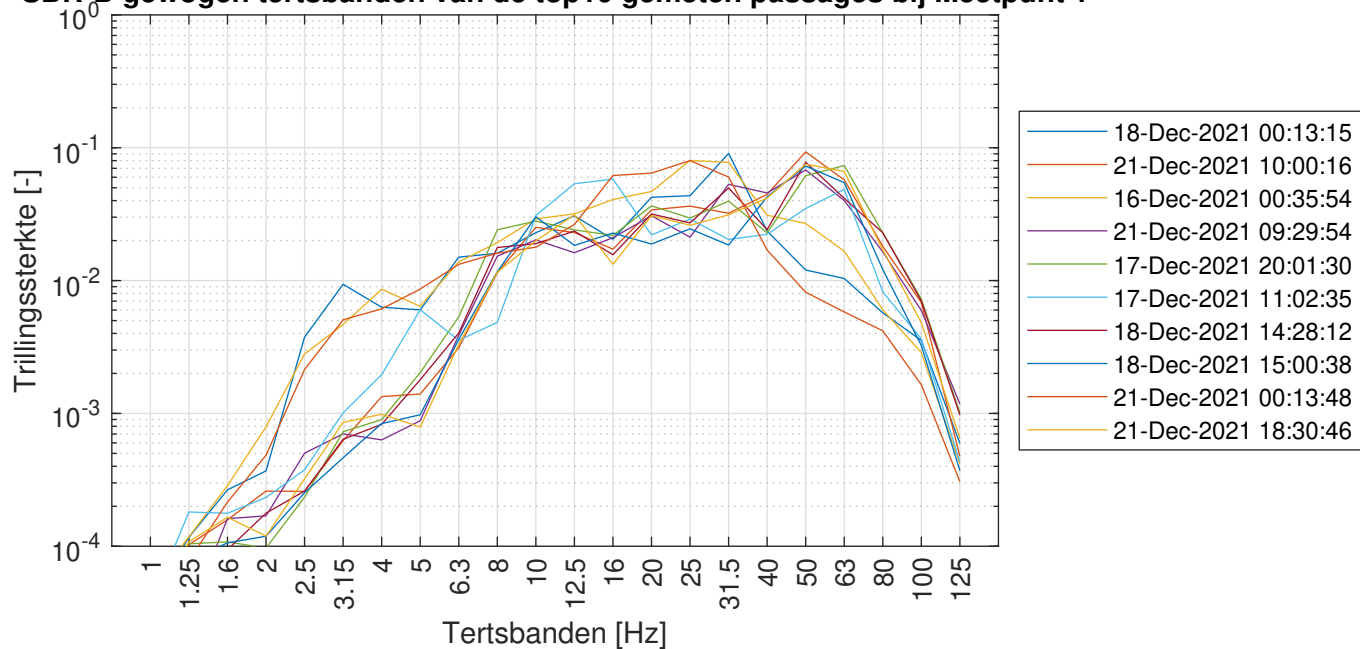
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij Meetpunt 5 op 21-Dec-2021



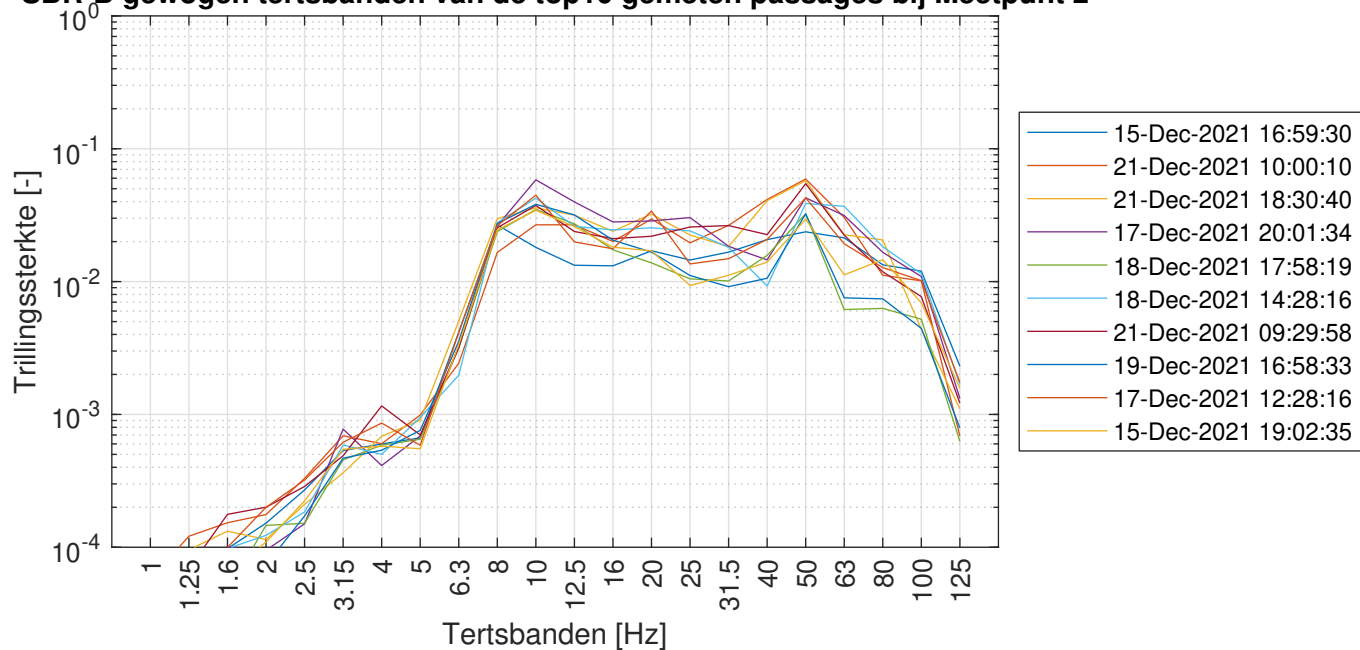
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij Meetpunt 5 op 22-Dec-2021



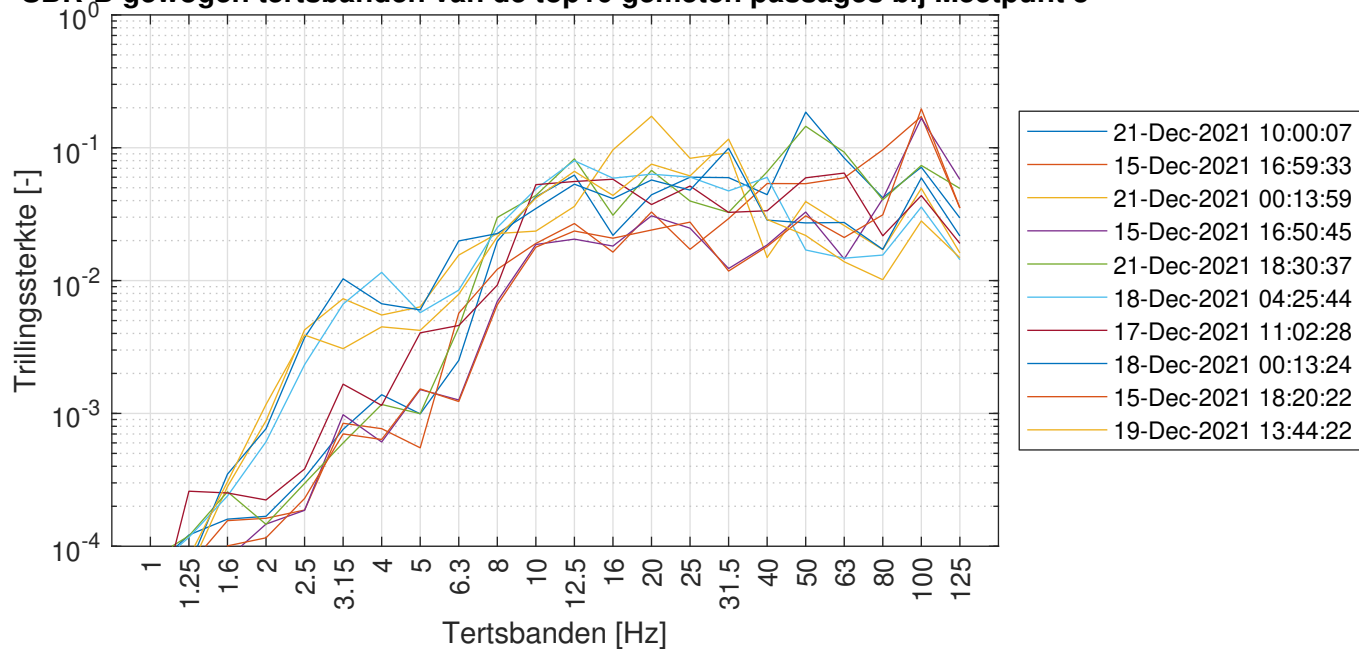
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 1



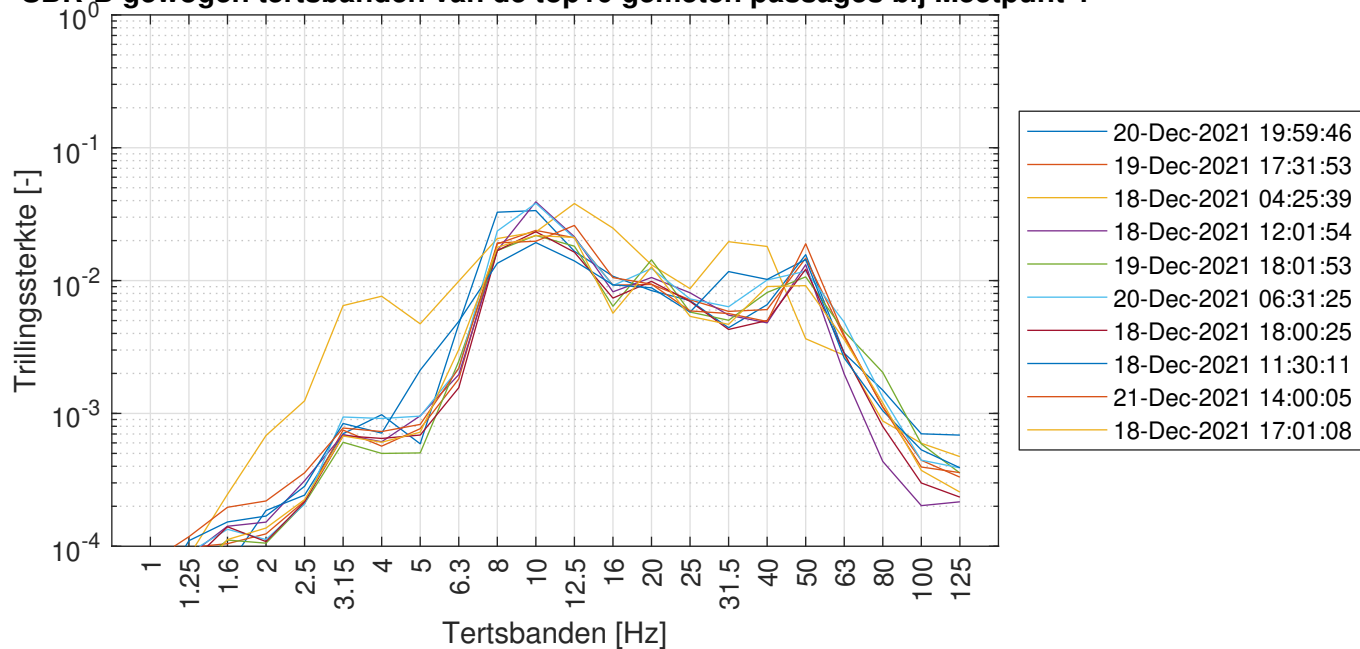
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 2



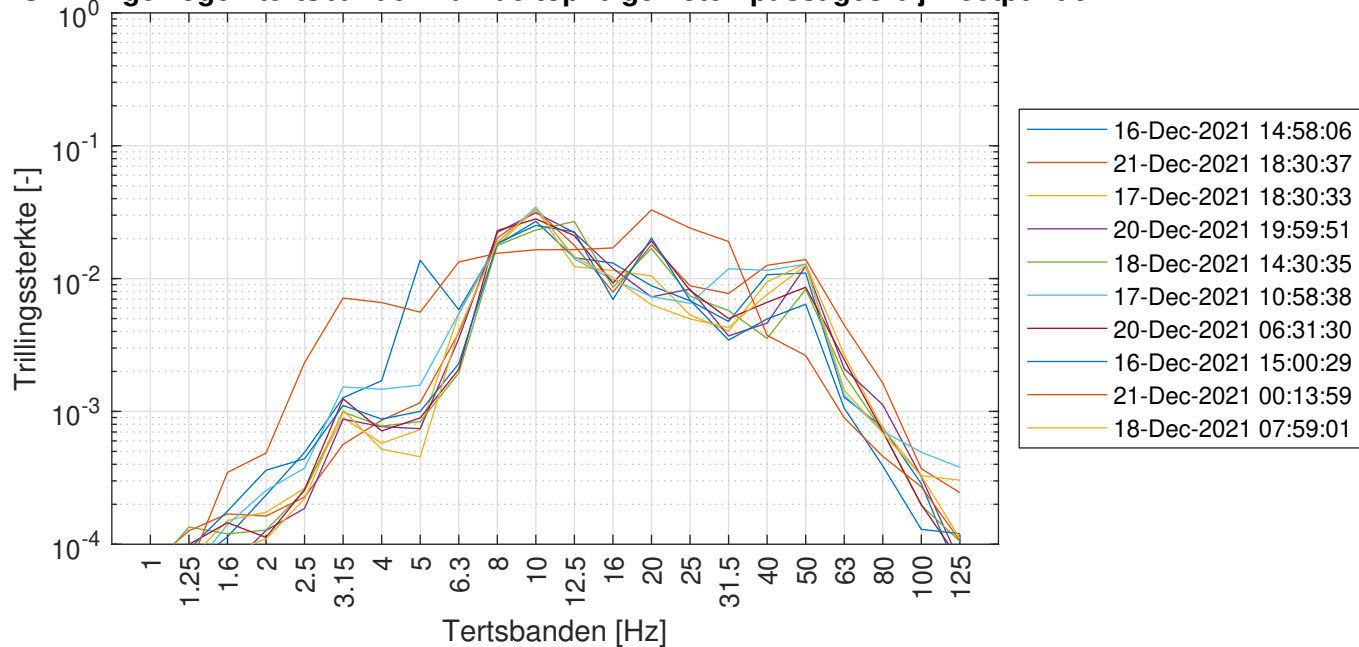
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 3



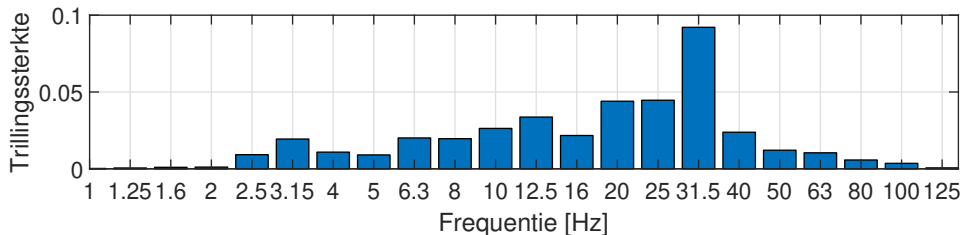
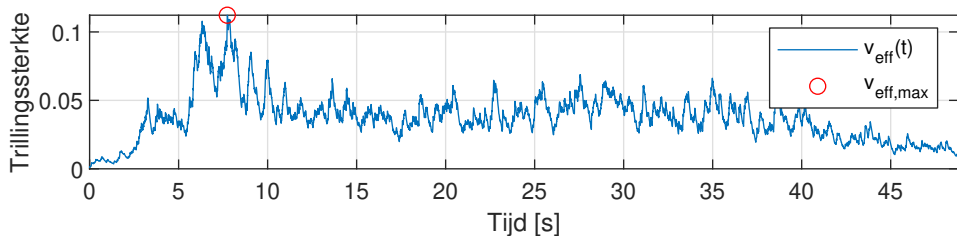
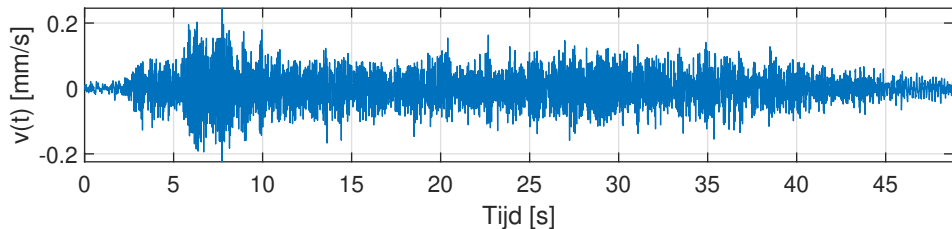
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 4



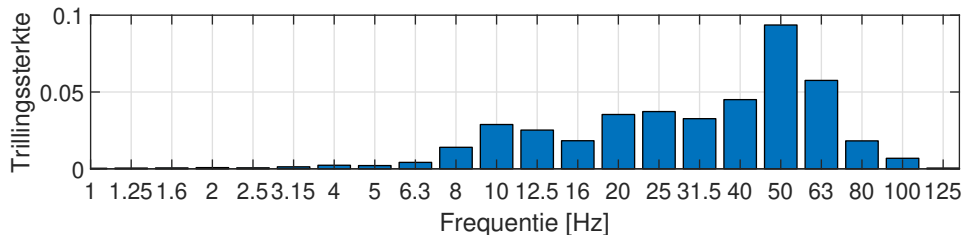
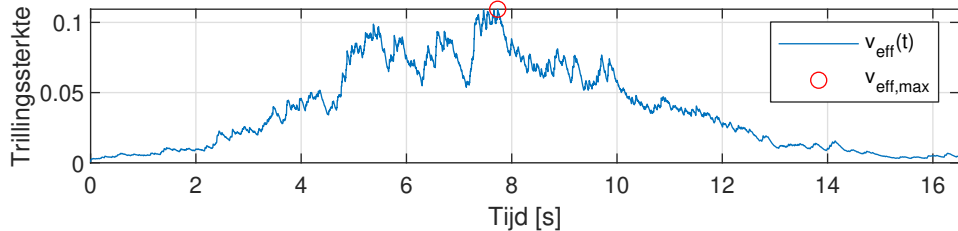
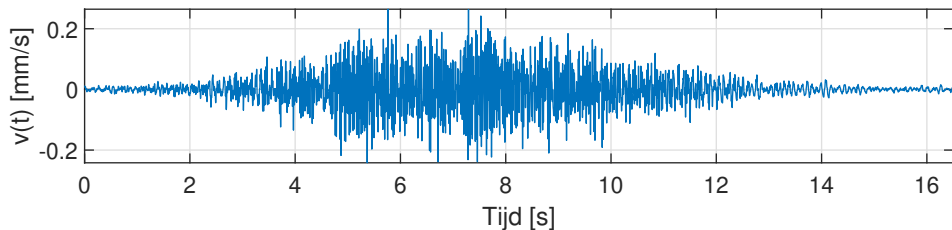
SBR-B gewogen tertsbanden van de top10 gemeten passages bij Meetpunt 5



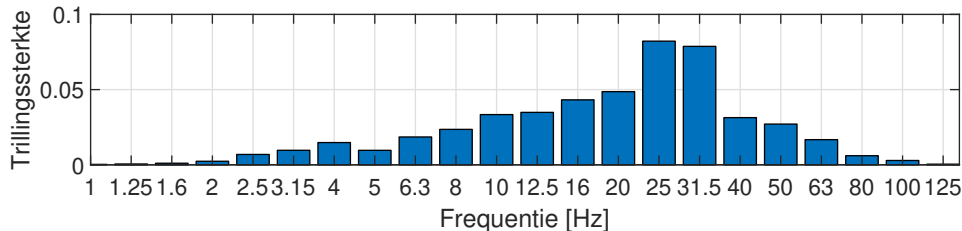
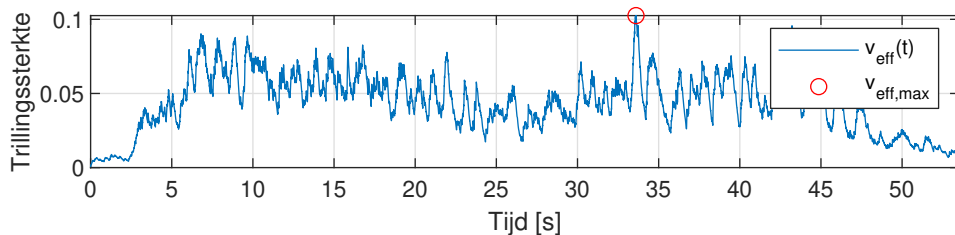
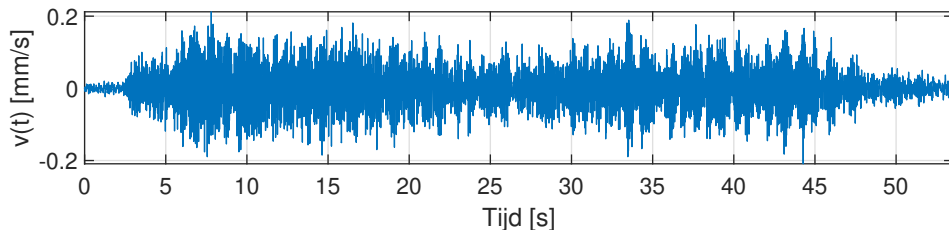
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-18 00:13



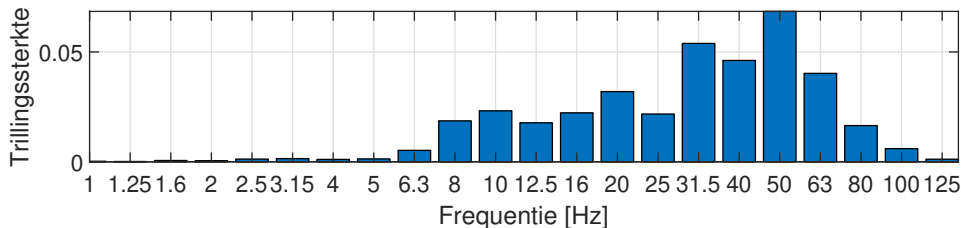
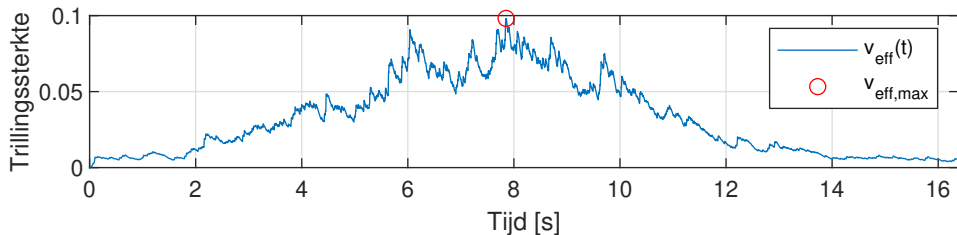
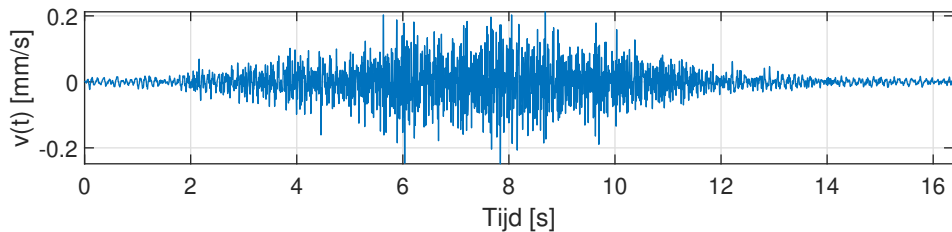
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-21 10:00



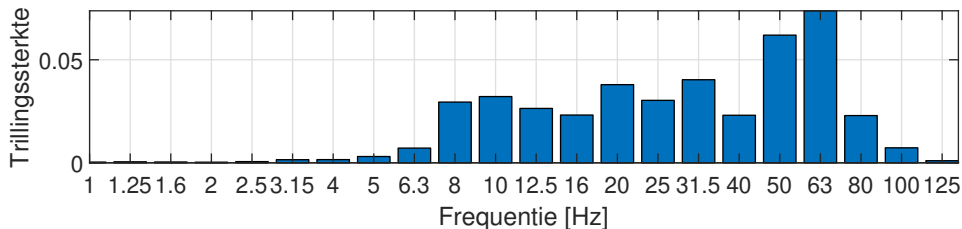
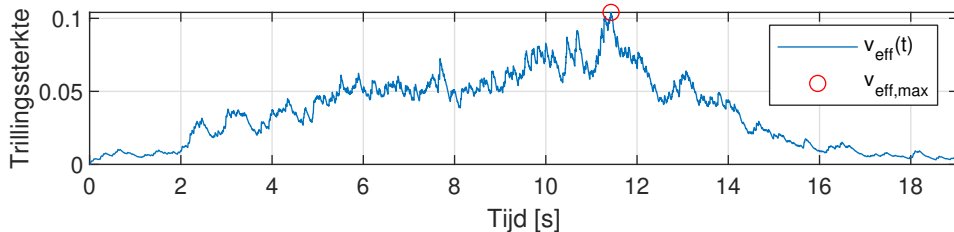
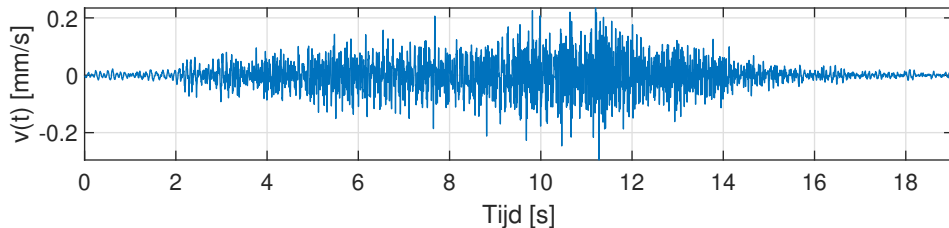
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-16 00:35



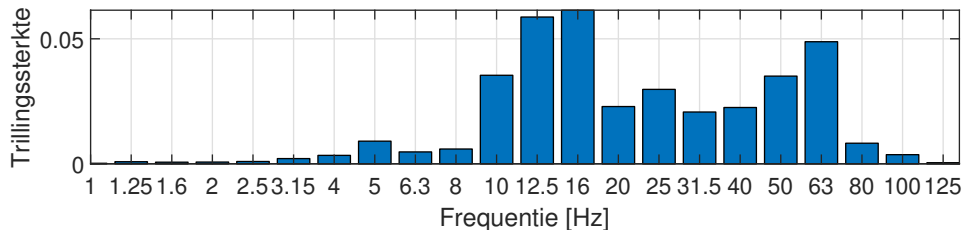
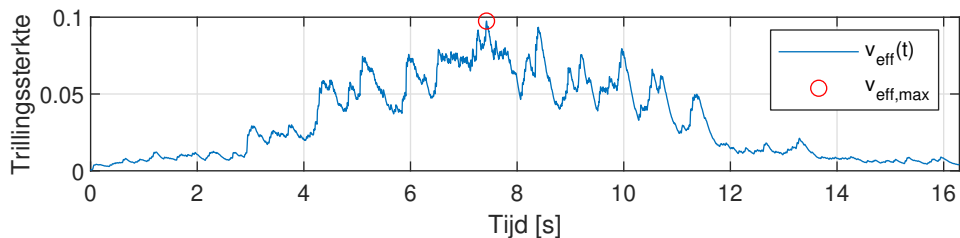
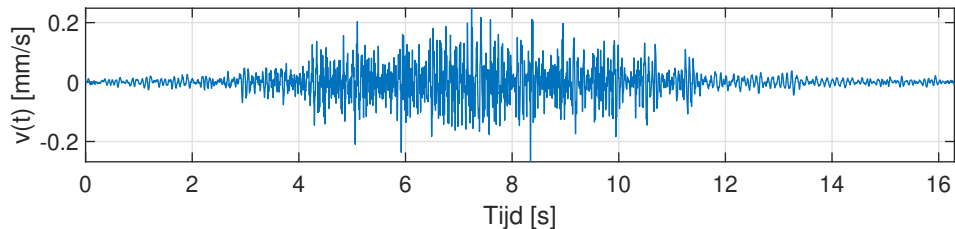
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-21 09:29



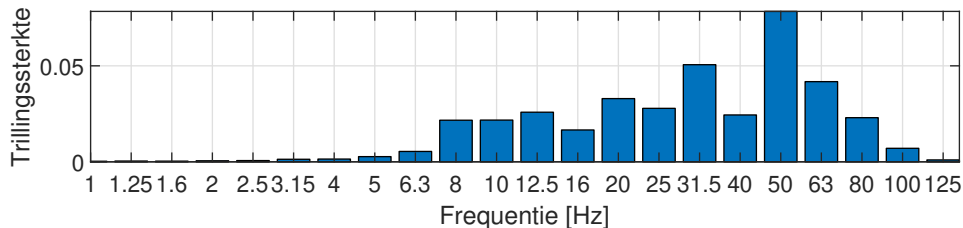
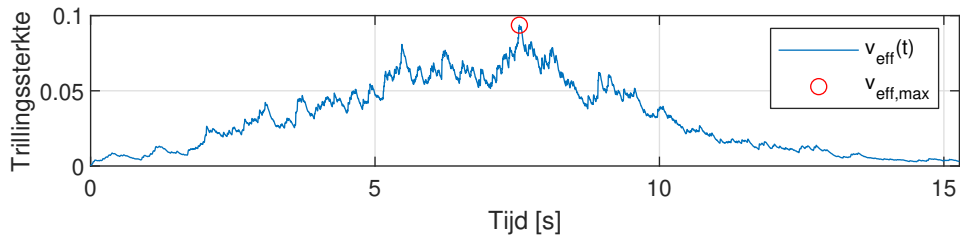
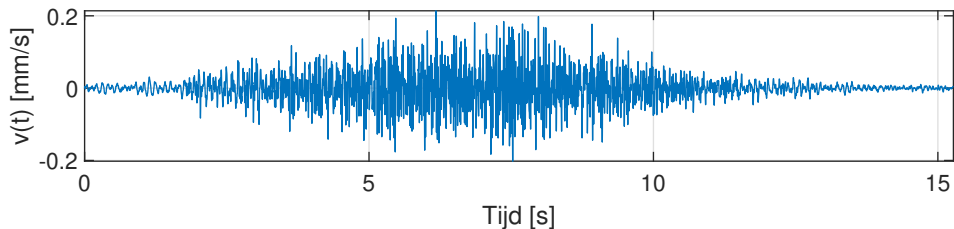
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-17 20:01



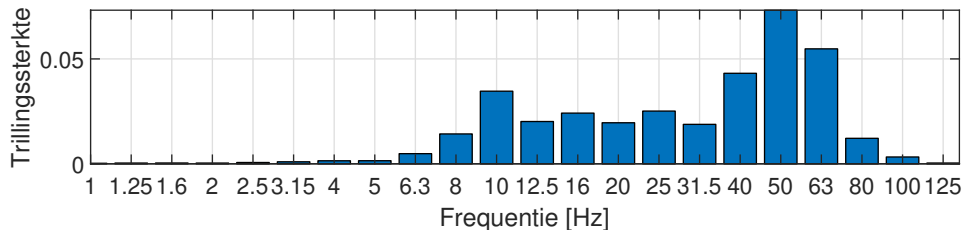
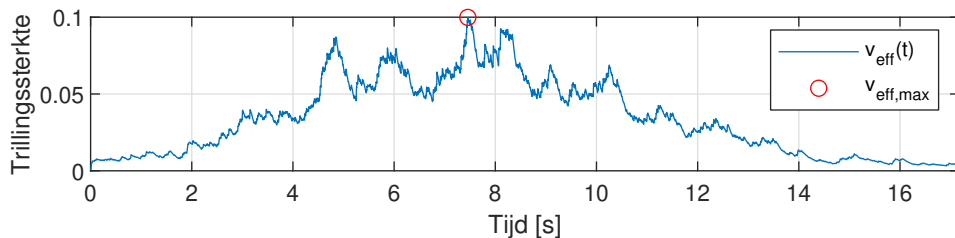
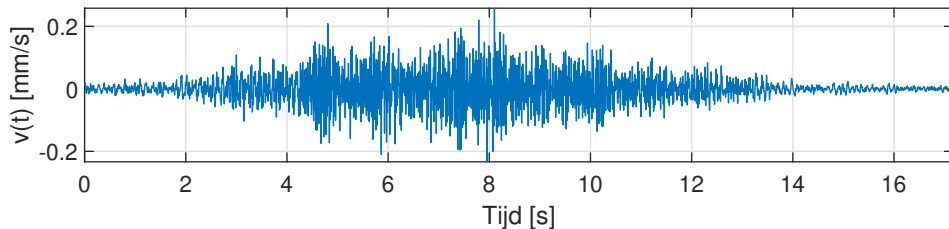
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-17 11:02



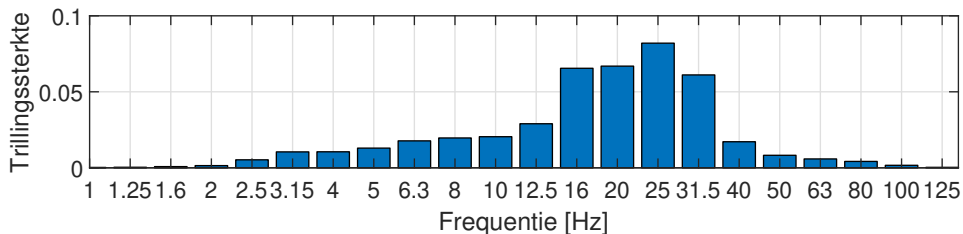
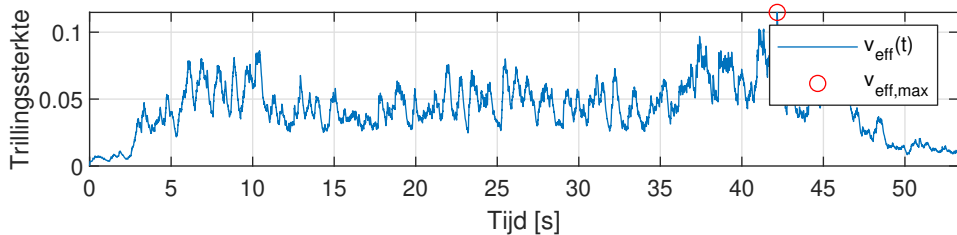
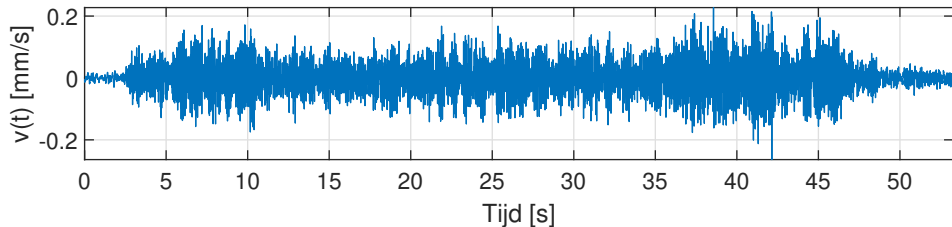
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-18 14:28



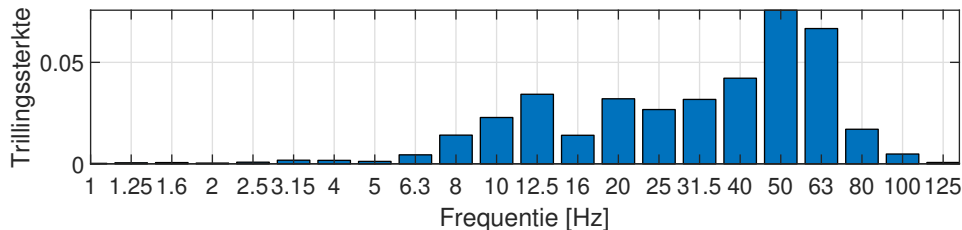
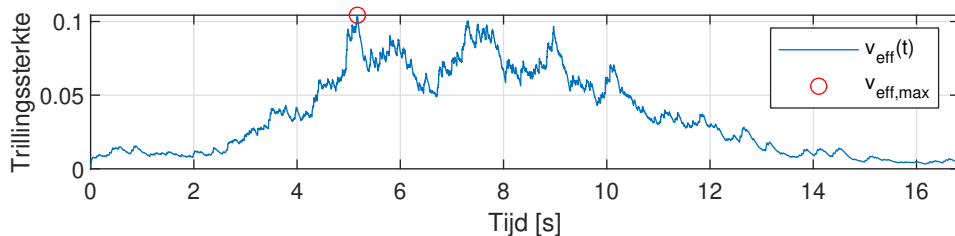
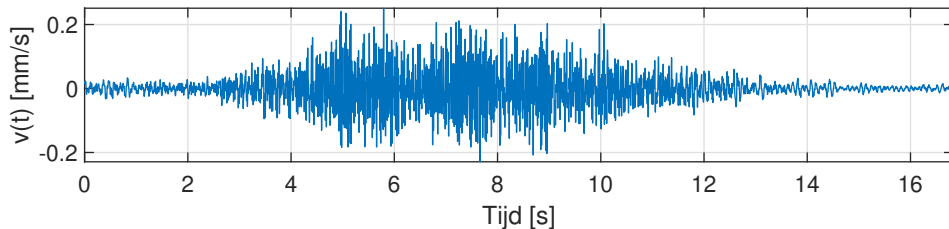
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-18 15:00



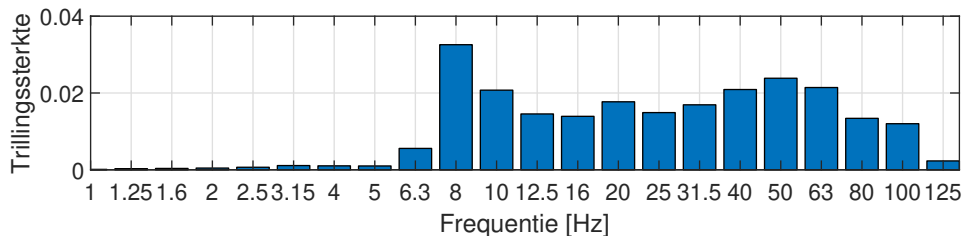
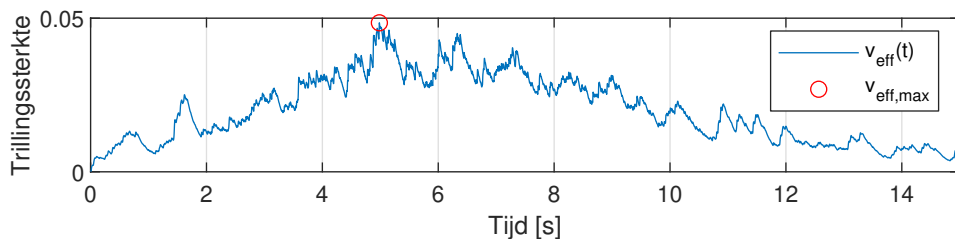
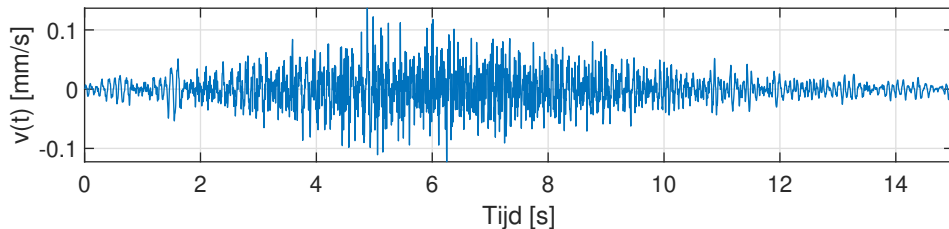
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-21 00:13



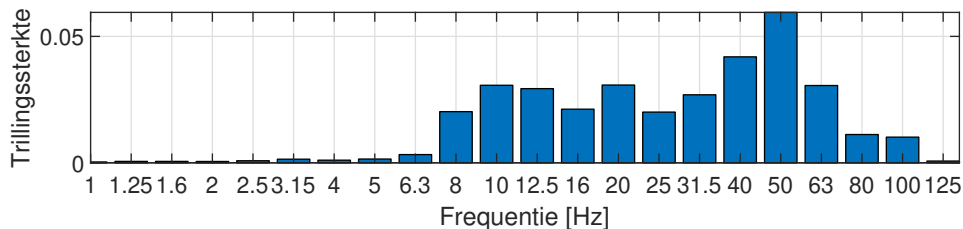
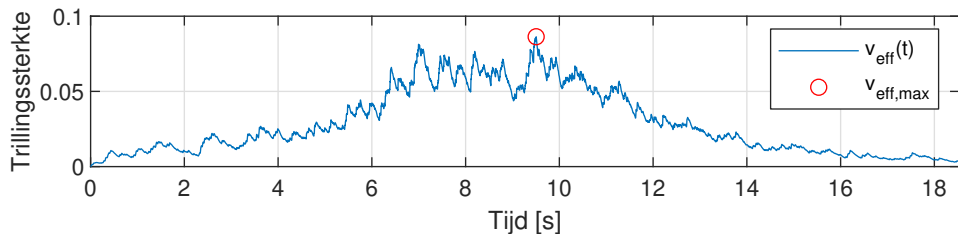
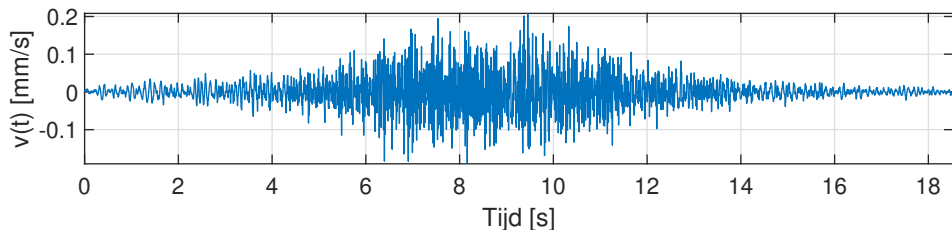
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2021-12-21 18:30



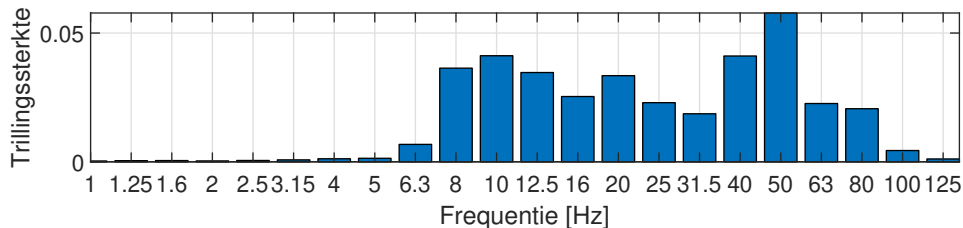
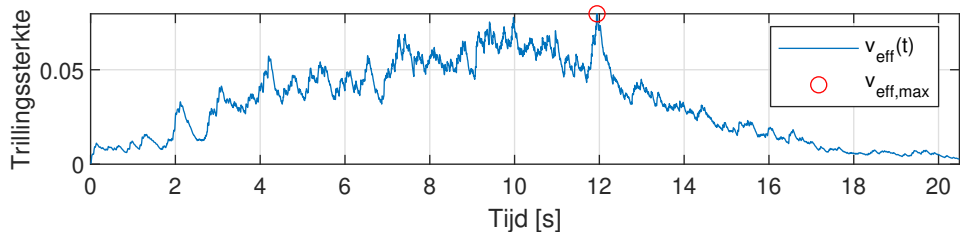
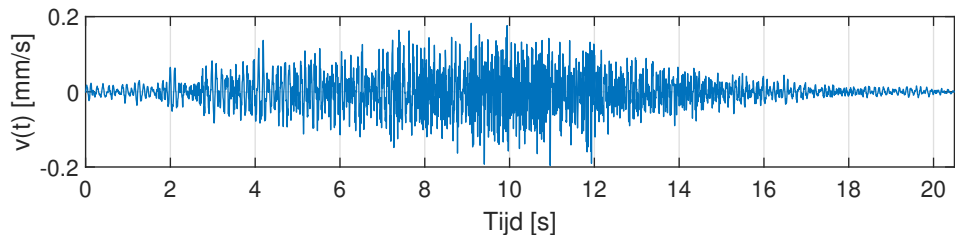
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-15 16:59



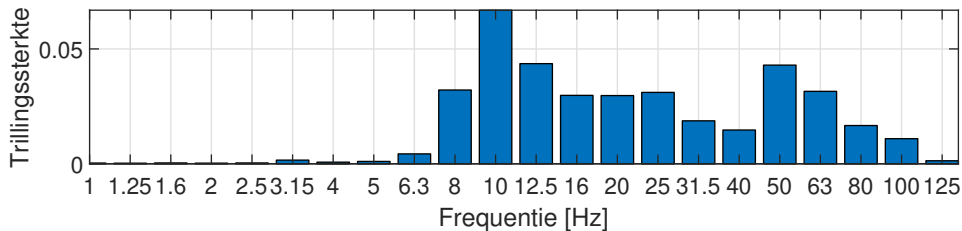
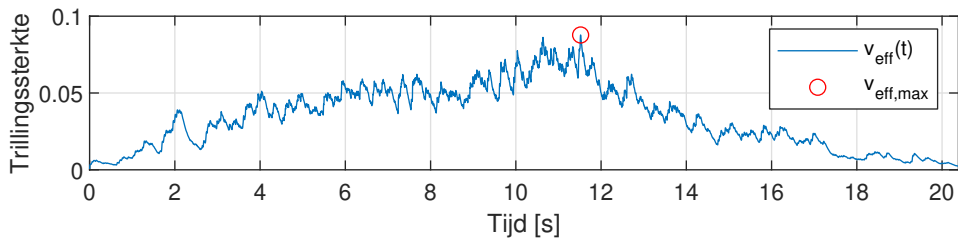
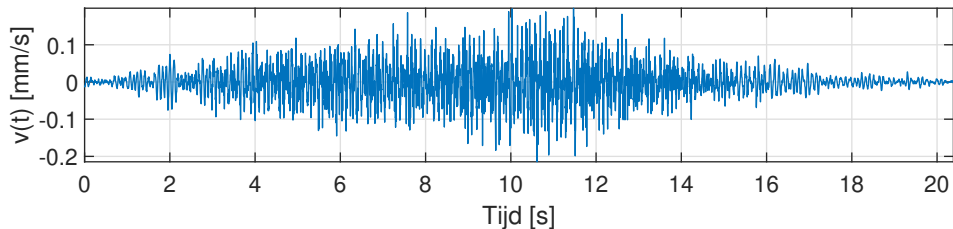
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-21 10:00



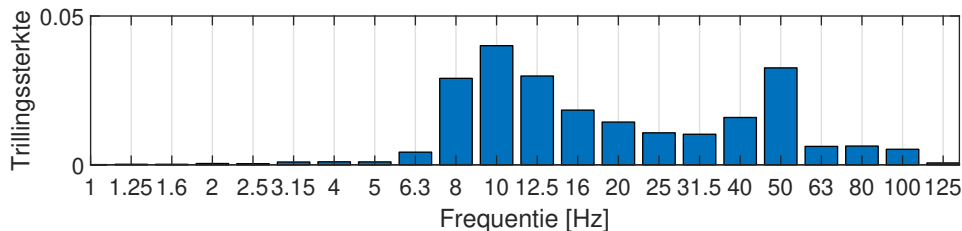
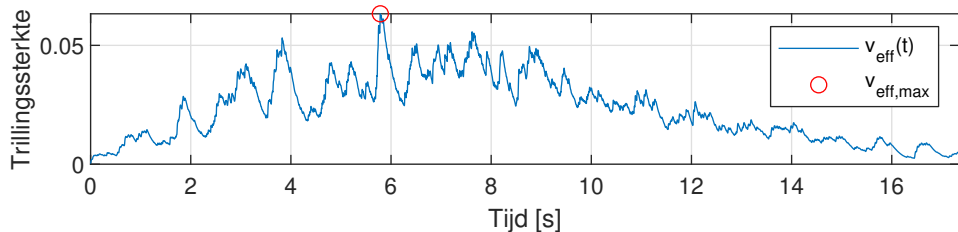
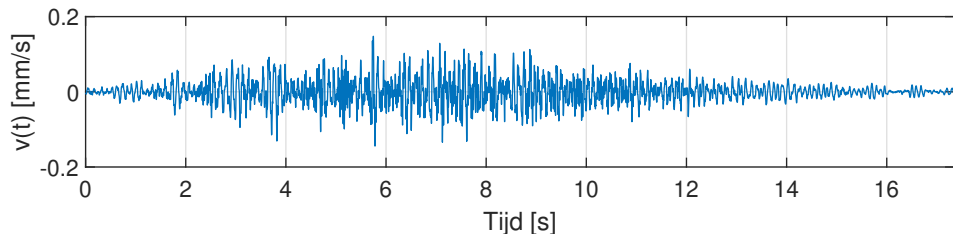
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-21 18:30



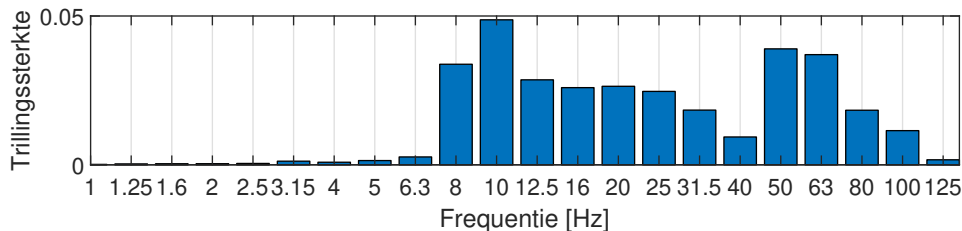
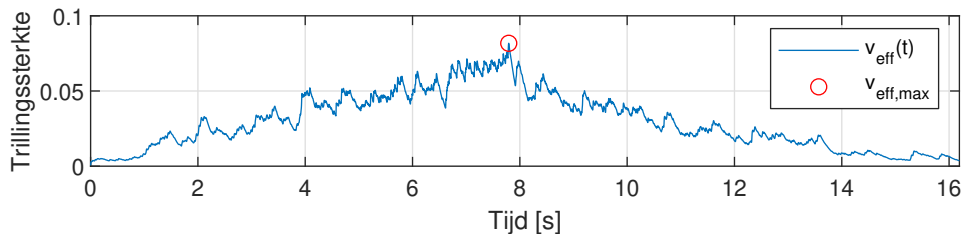
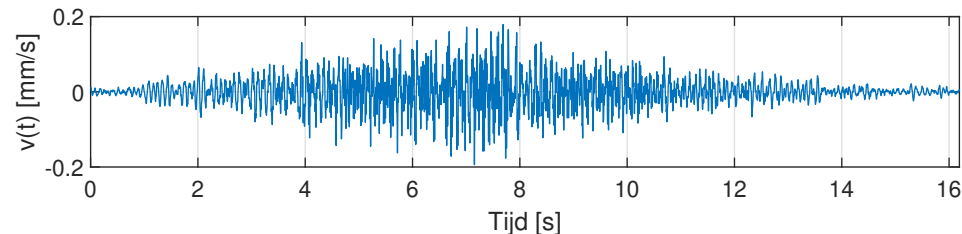
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-17 20:01



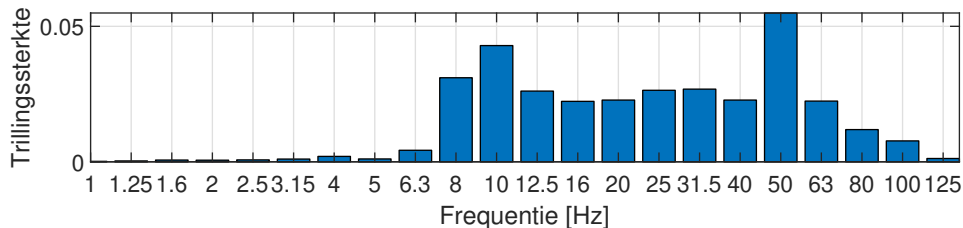
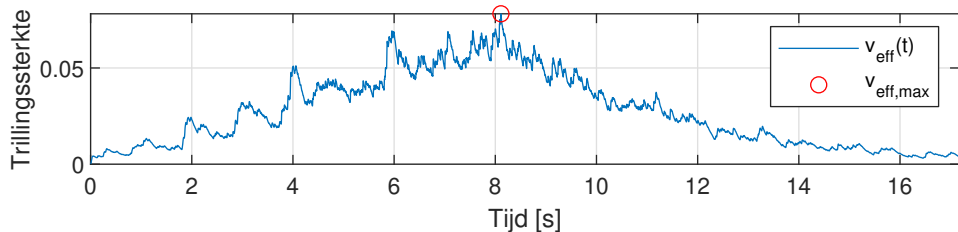
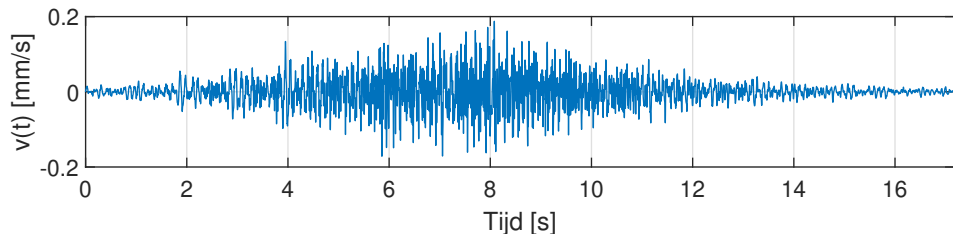
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-18 17:58



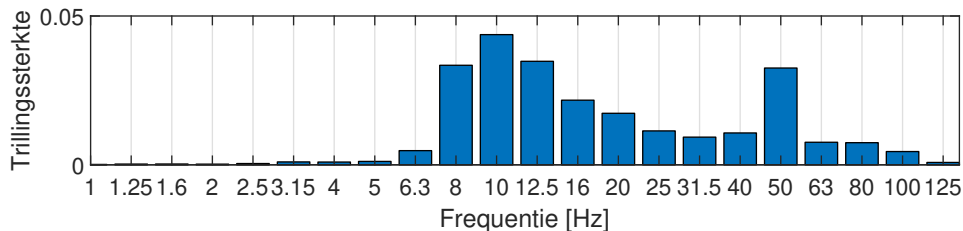
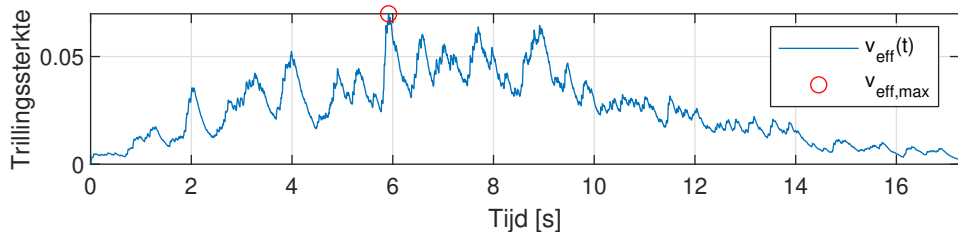
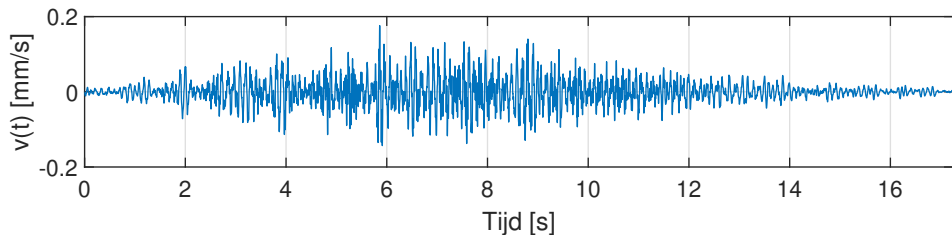
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-18 14:28



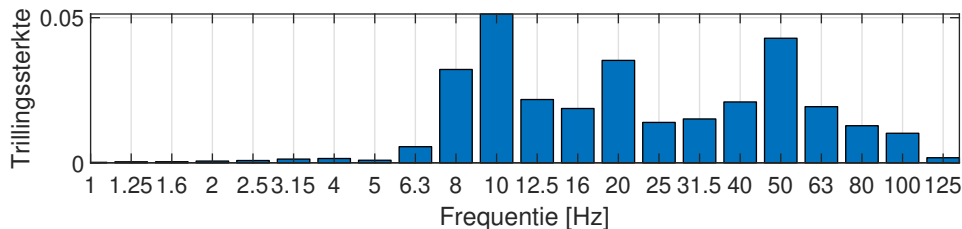
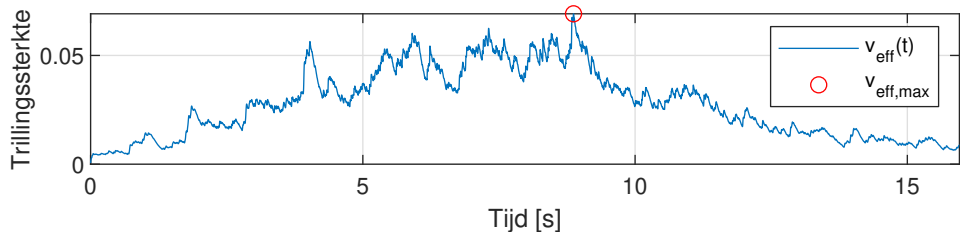
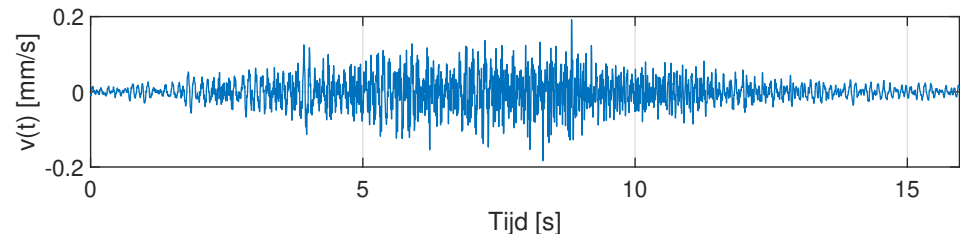
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-21 09:29



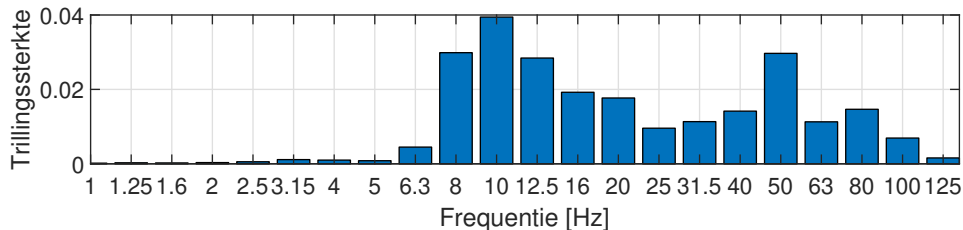
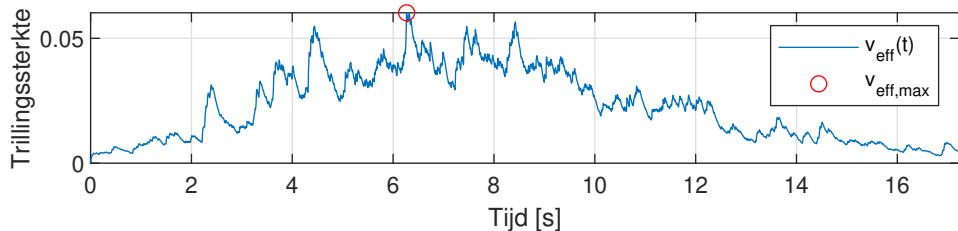
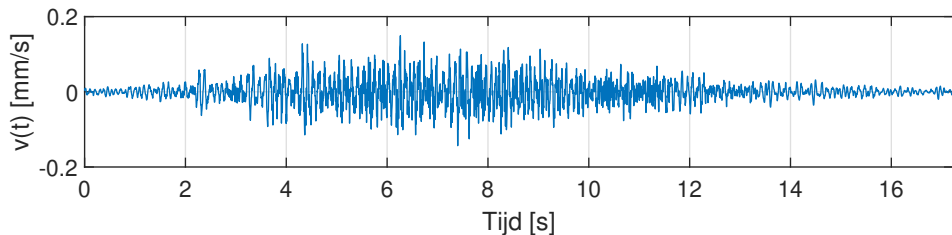
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-19 16:58



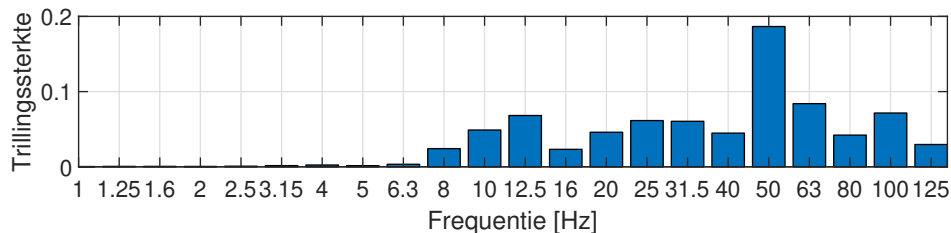
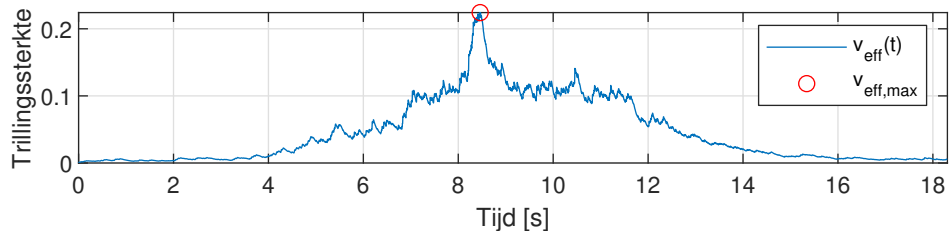
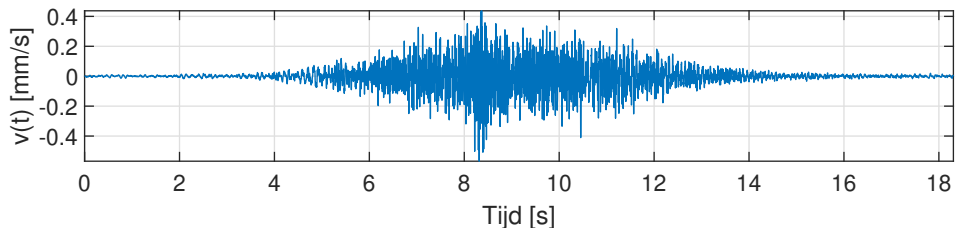
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-17 12:28



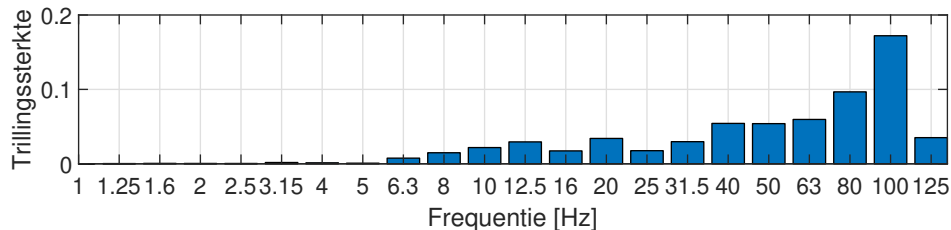
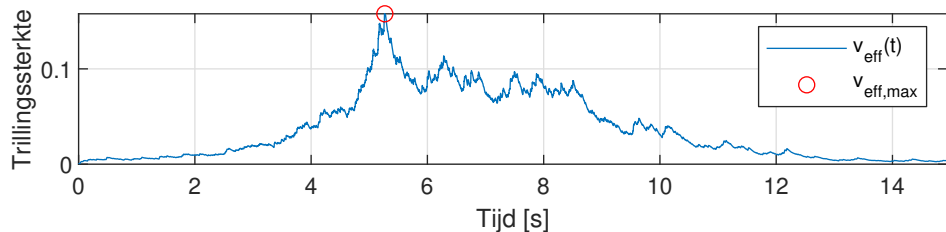
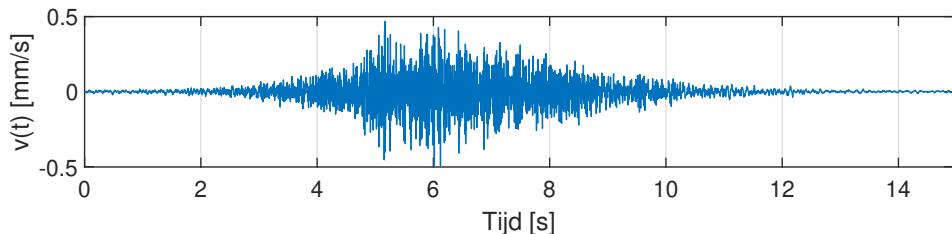
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2021-12-15 19:02



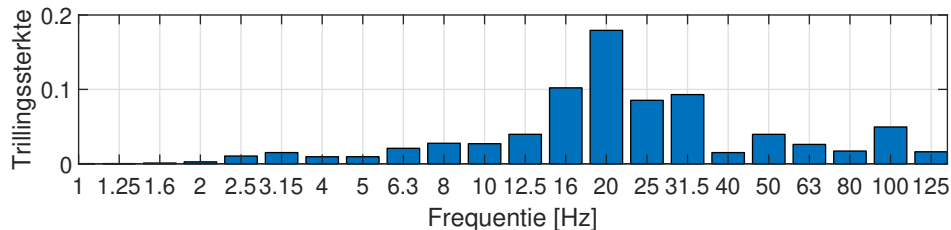
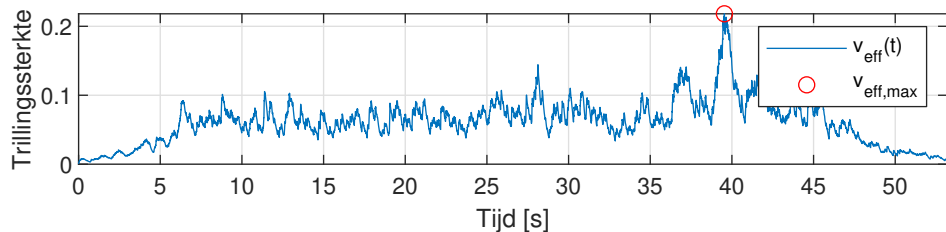
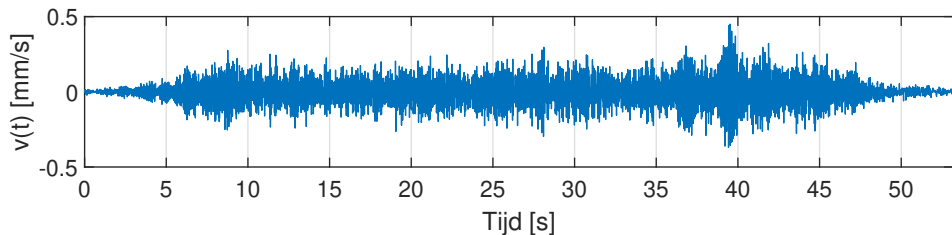
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-21 10:00



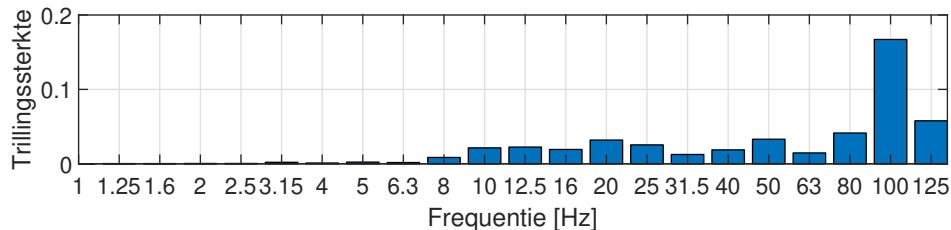
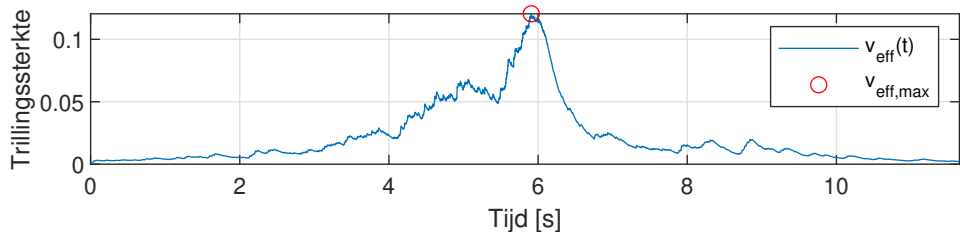
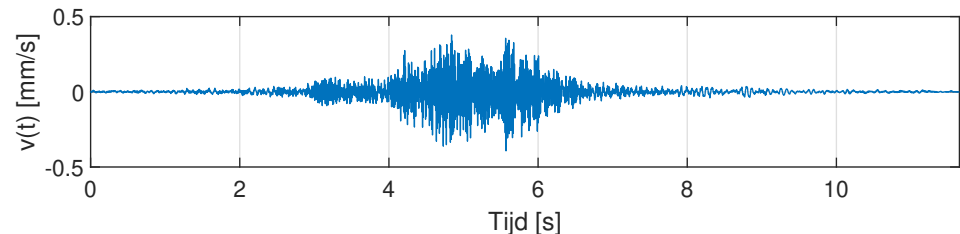
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-15 16:59



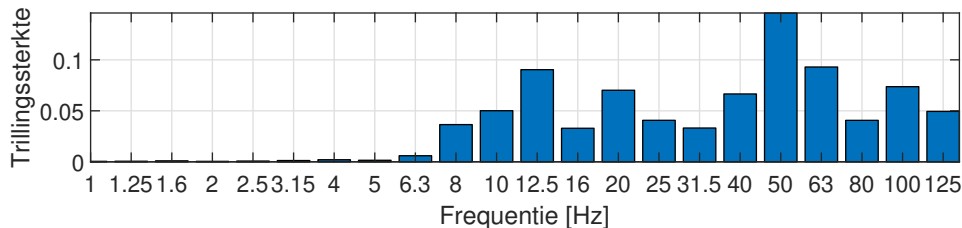
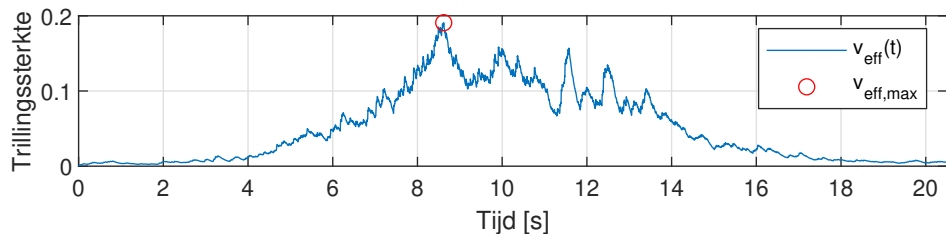
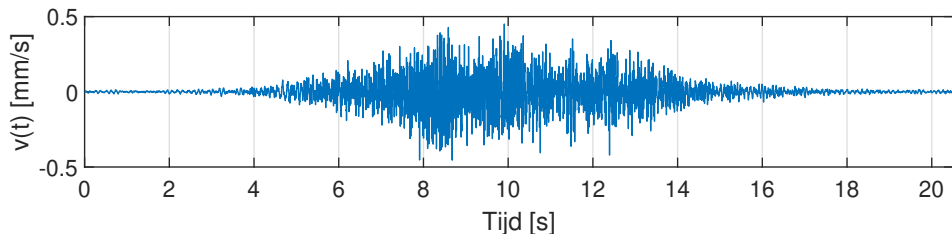
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-21 00:13



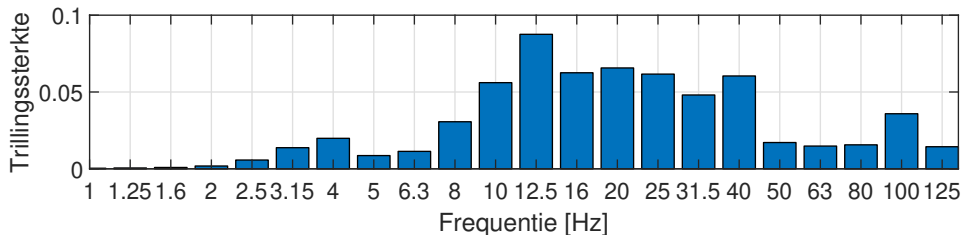
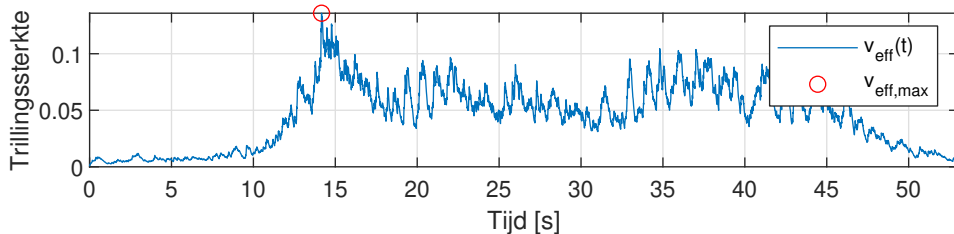
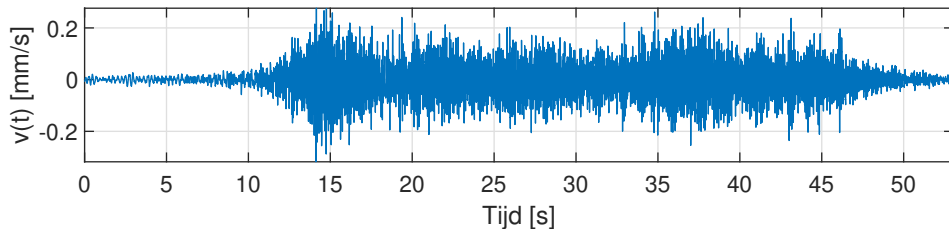
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-15 16:50



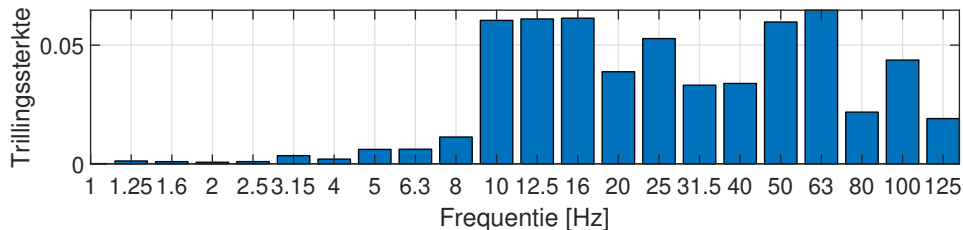
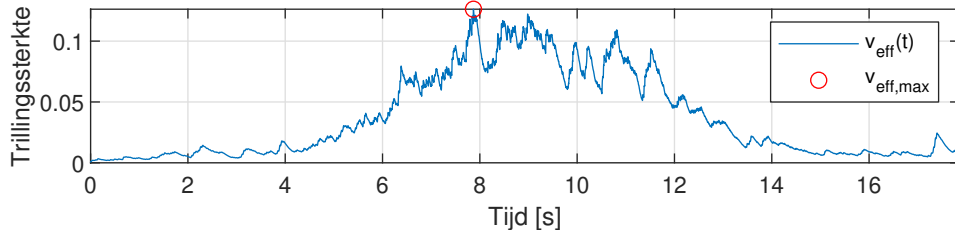
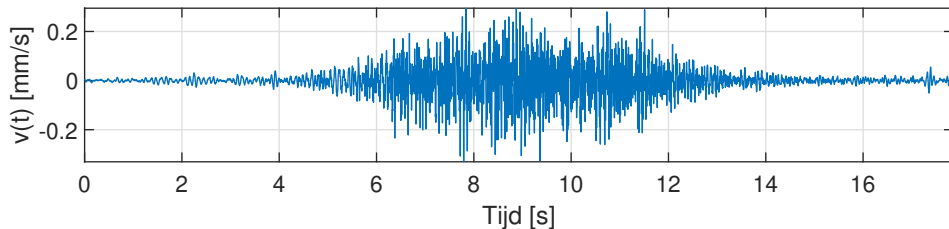
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-21 18:30



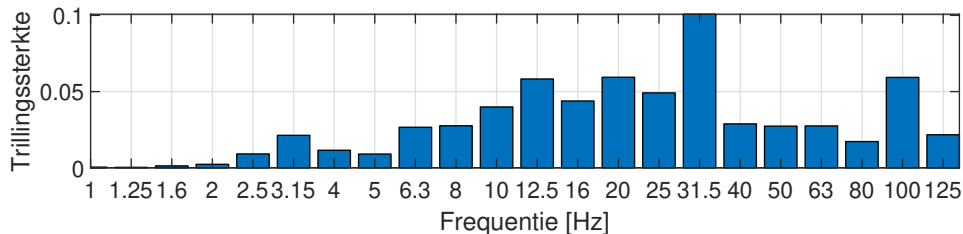
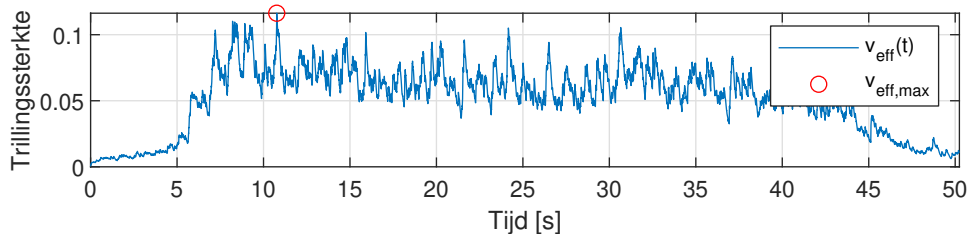
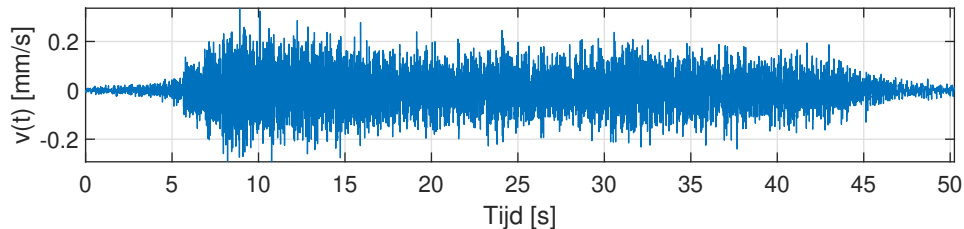
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-18 04:25



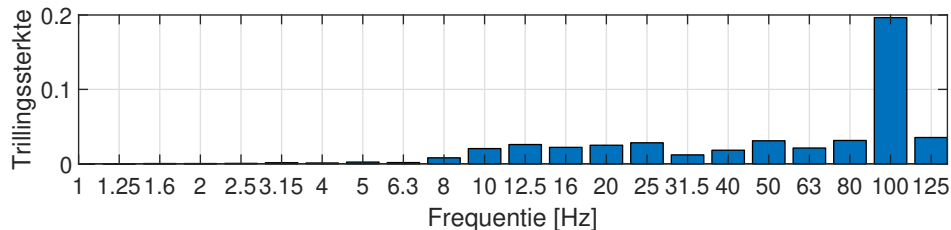
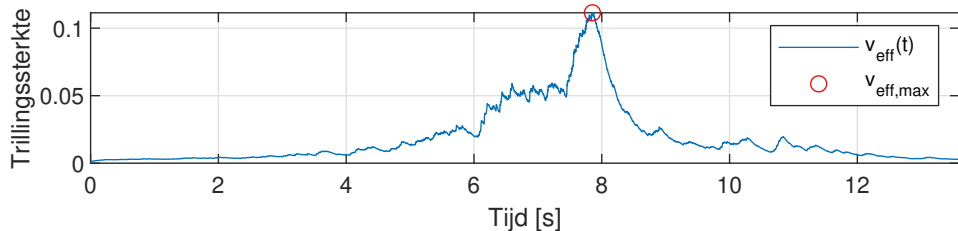
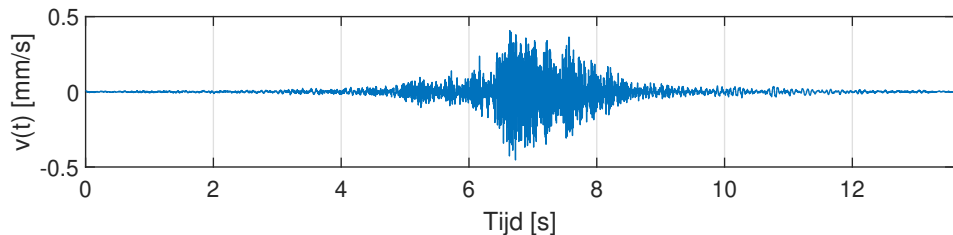
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-17 11:02



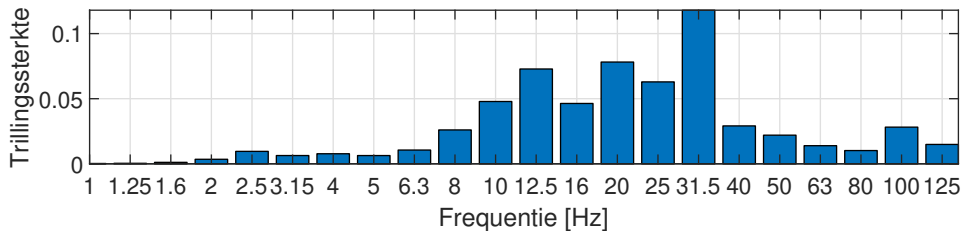
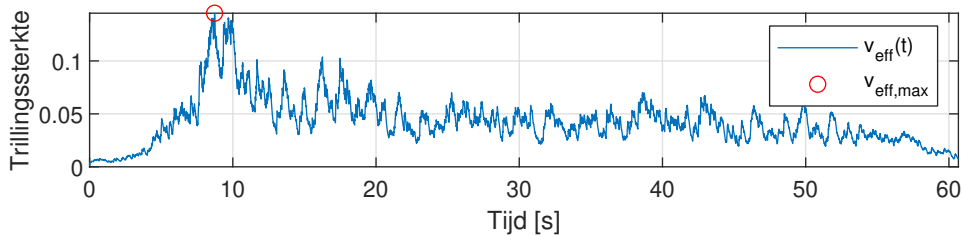
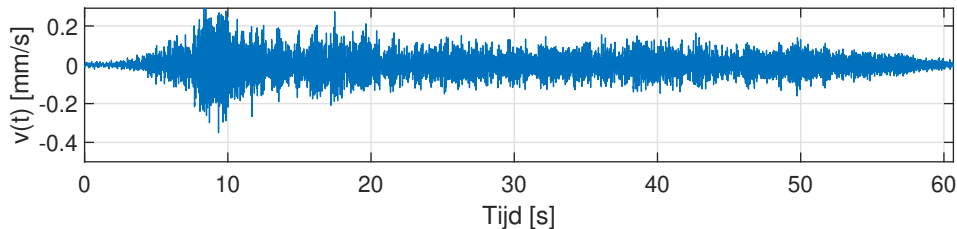
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-18 00:13



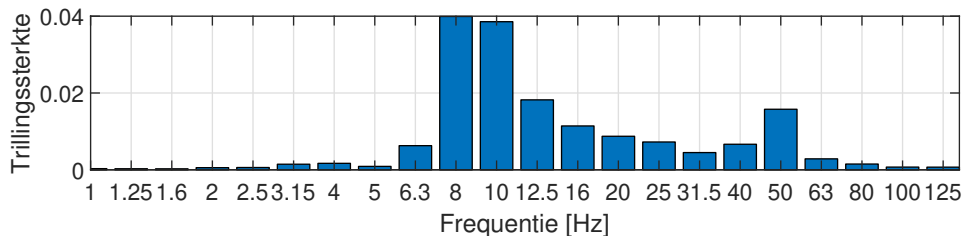
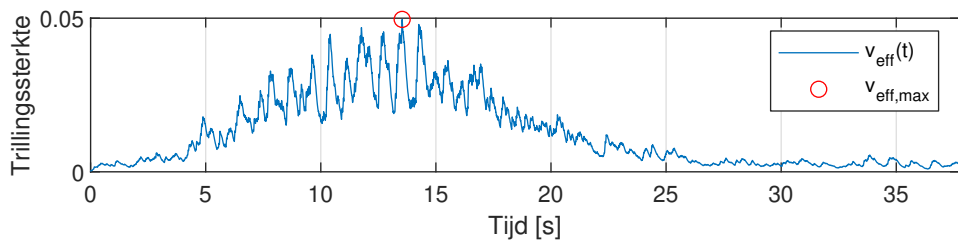
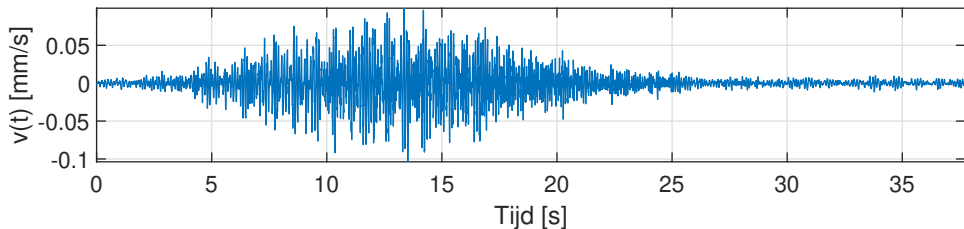
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-15 18:20



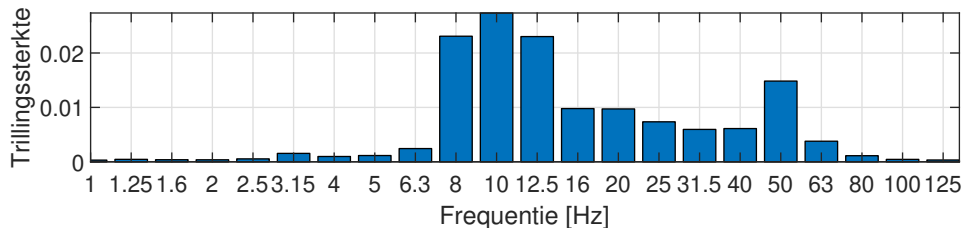
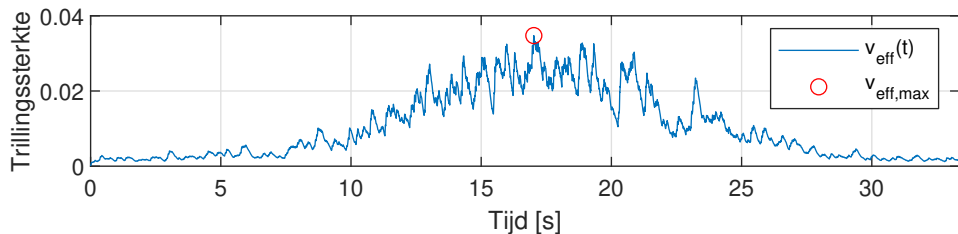
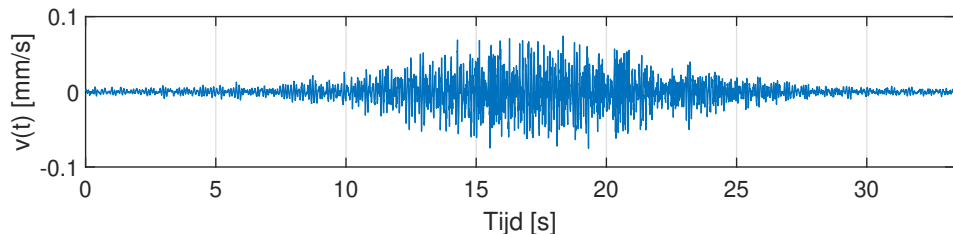
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2021-12-19 13:44



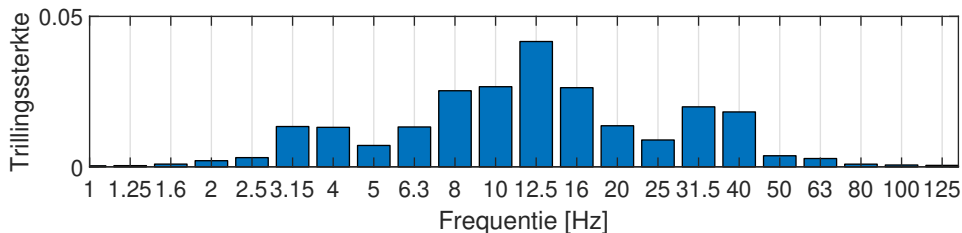
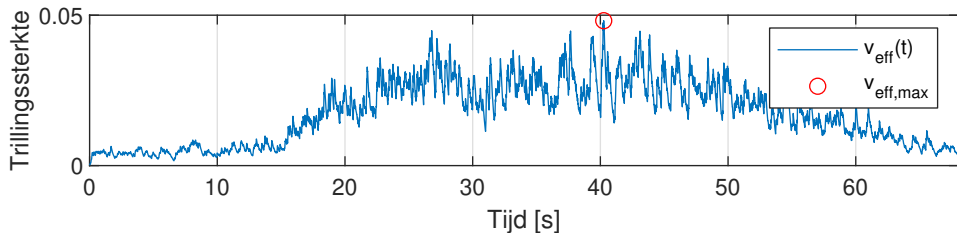
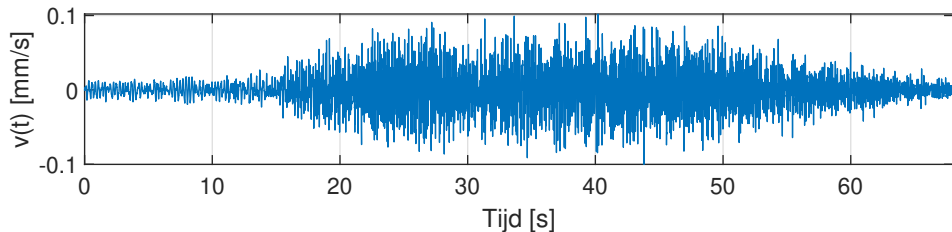
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-20 19:59



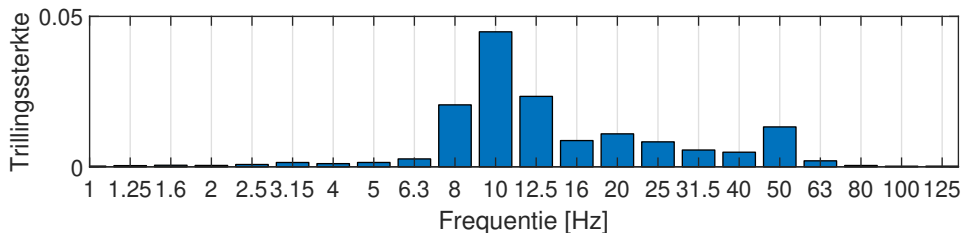
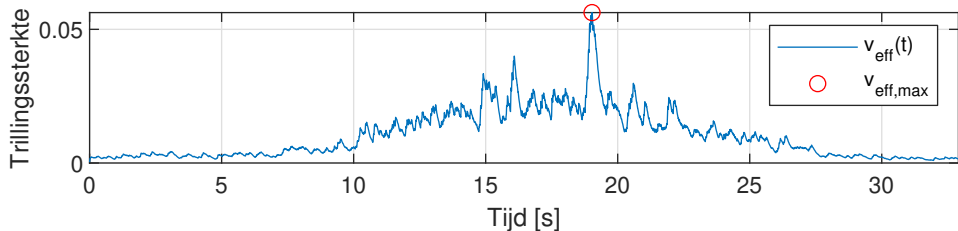
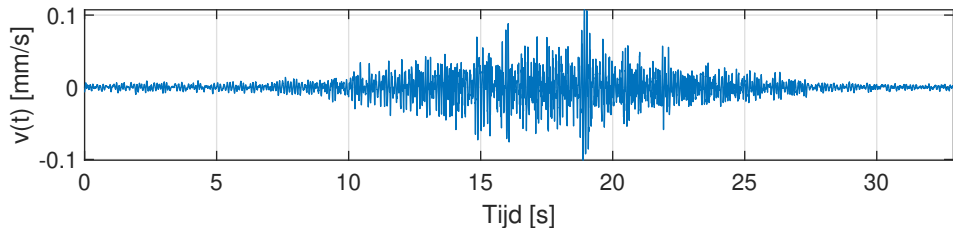
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-19 17:31



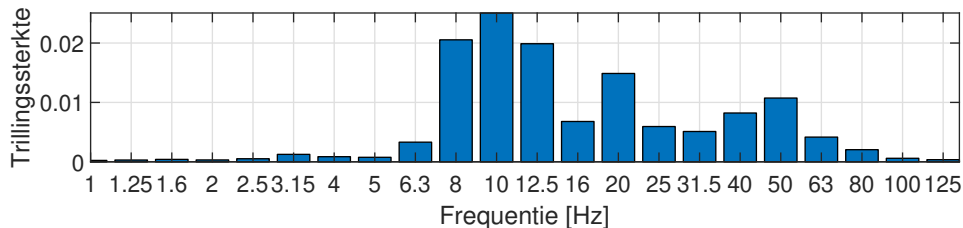
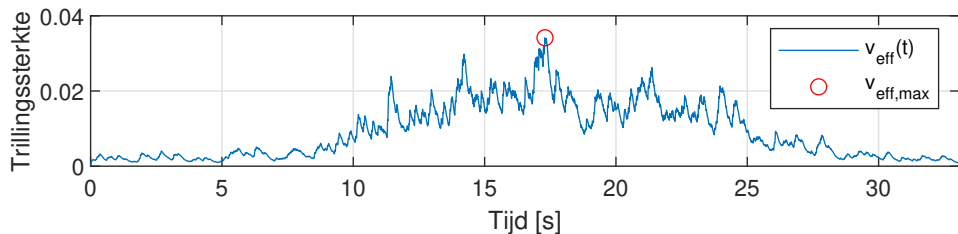
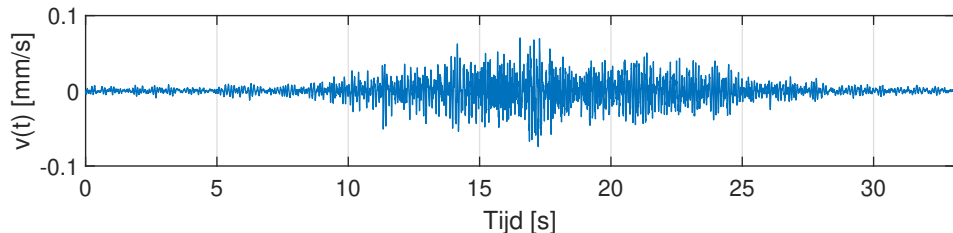
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-18 04:25



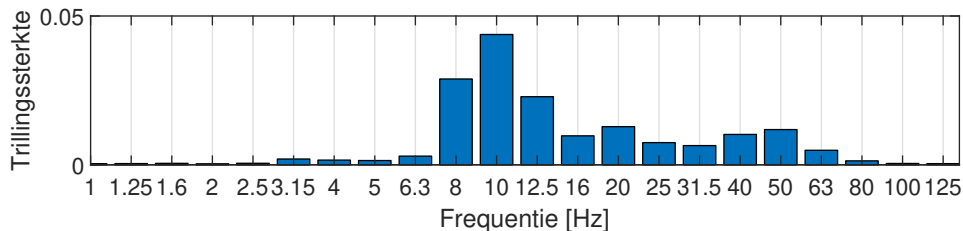
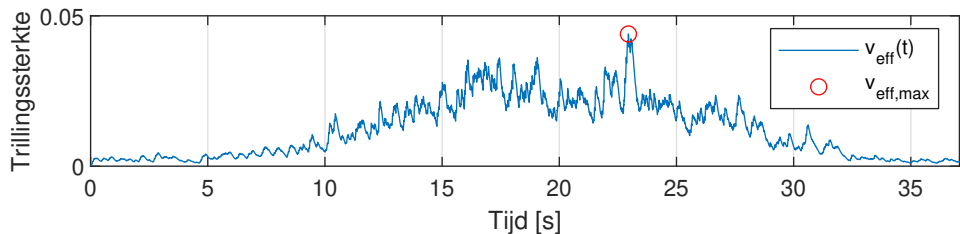
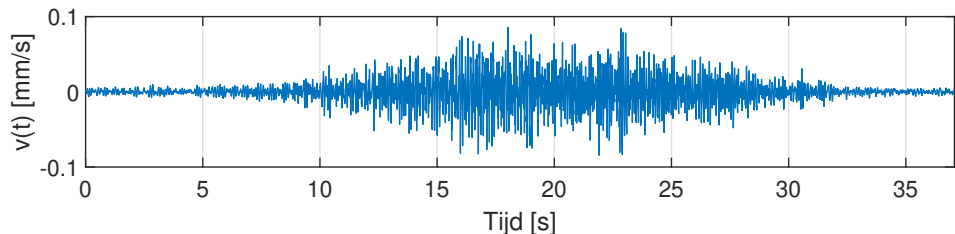
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-18 12:01



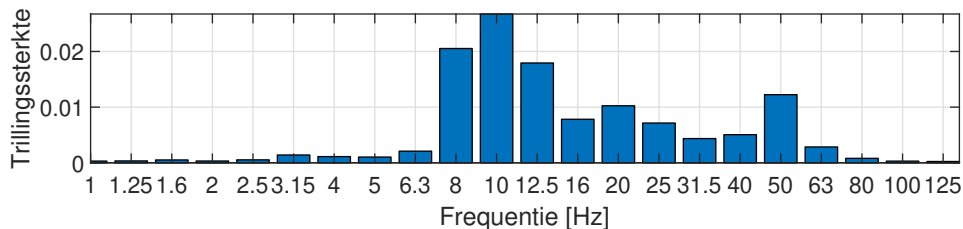
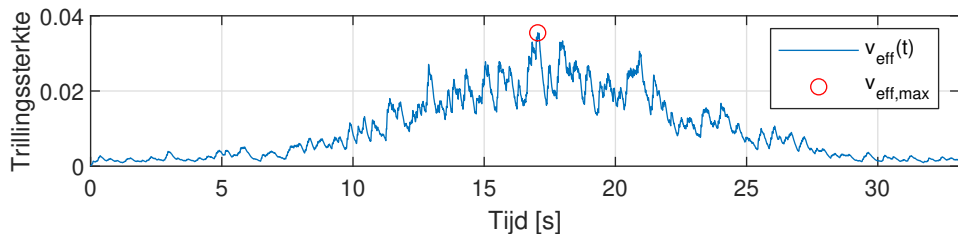
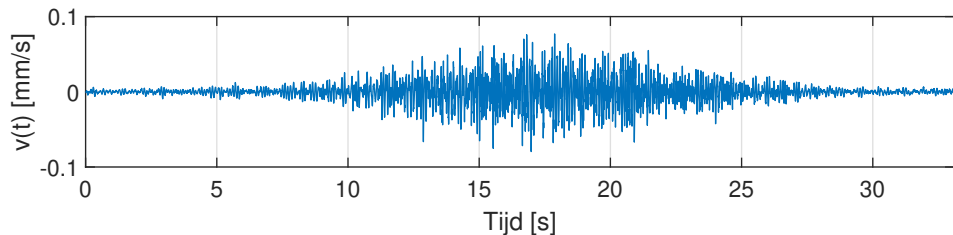
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-19 18:01



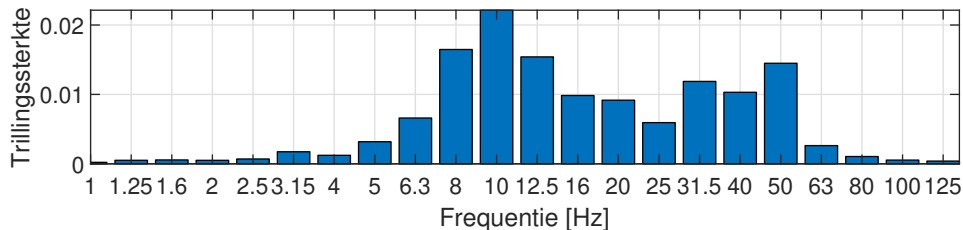
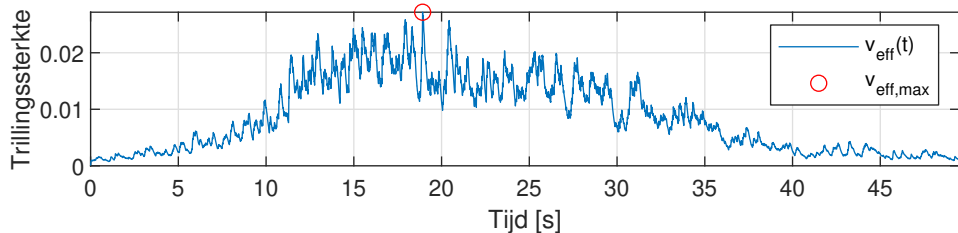
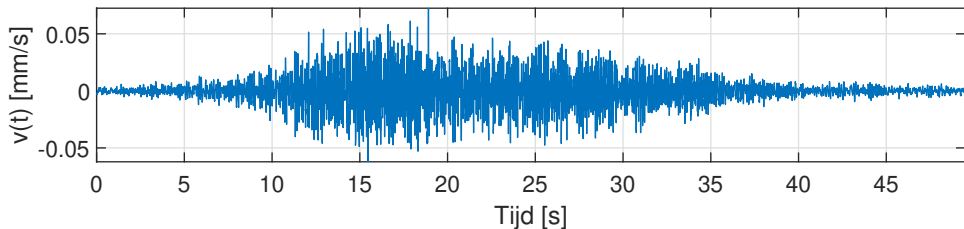
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-20 06:31



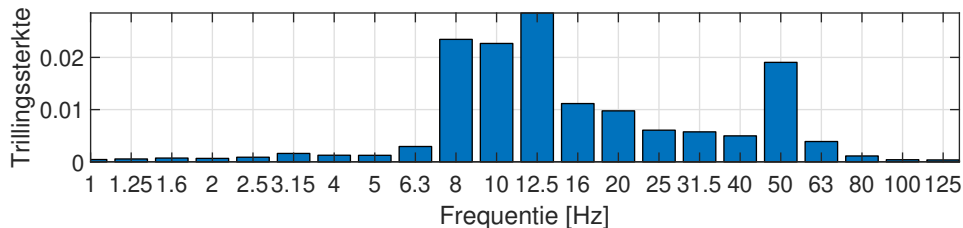
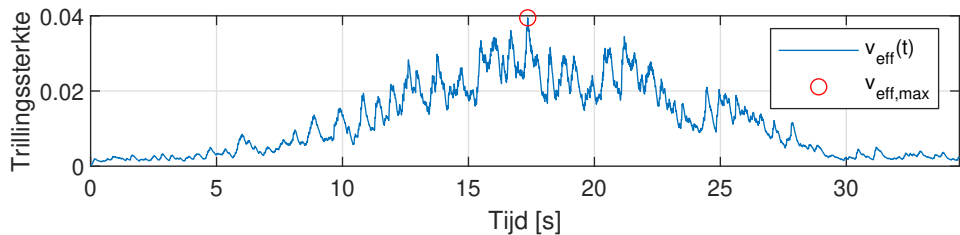
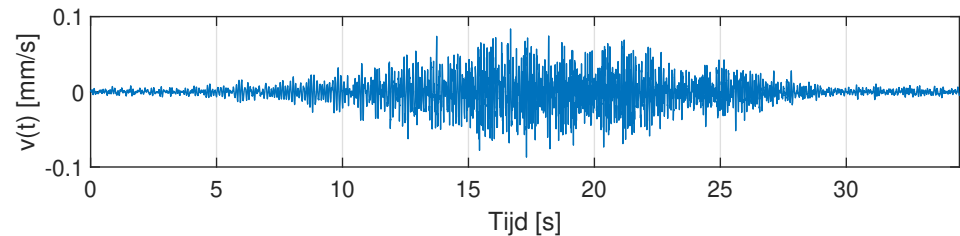
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-18 18:00



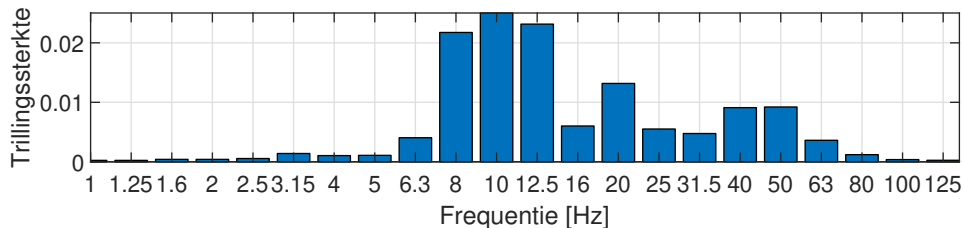
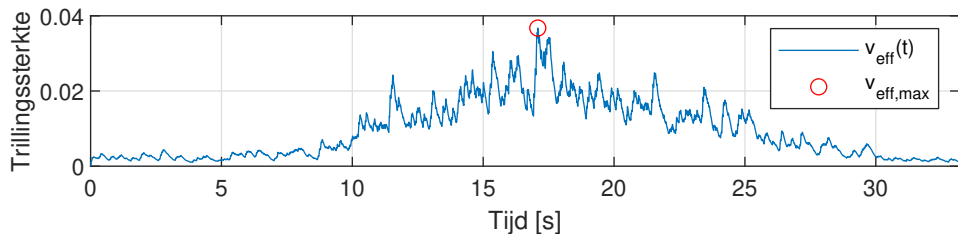
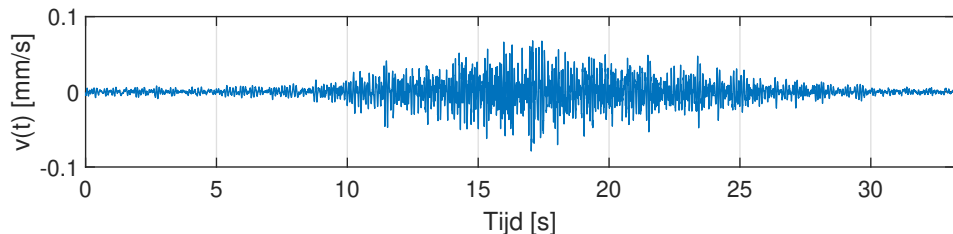
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-18 11:30



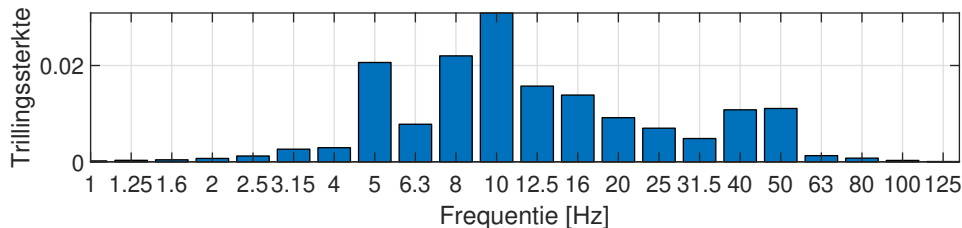
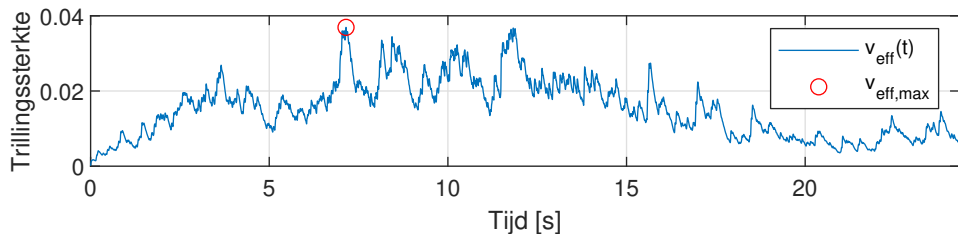
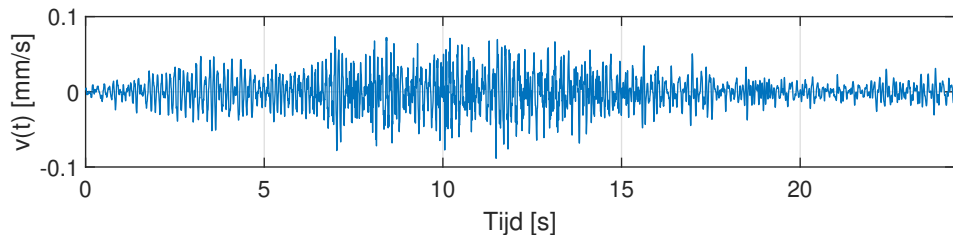
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-21 14:00



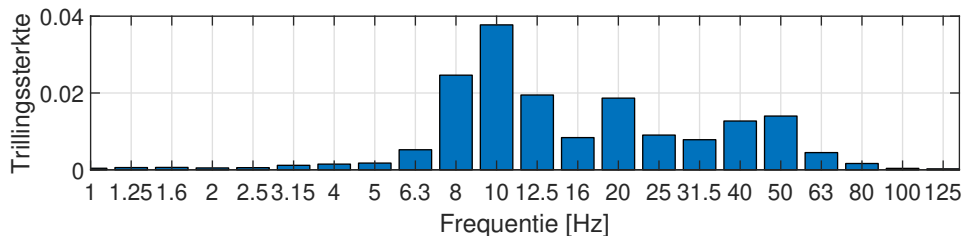
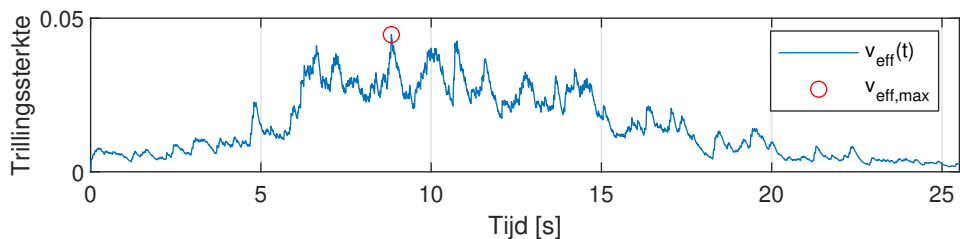
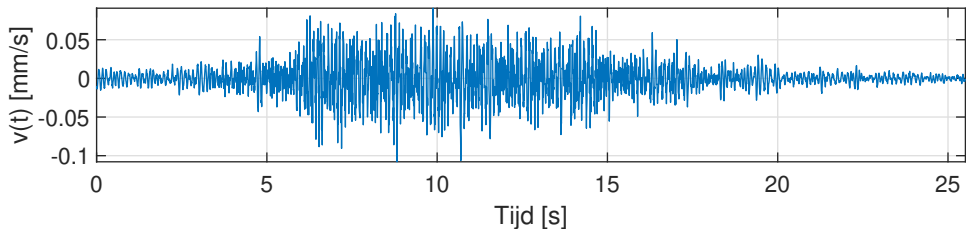
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2021-12-18 17:01



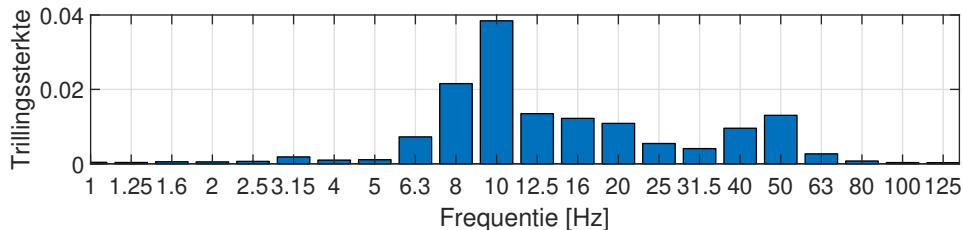
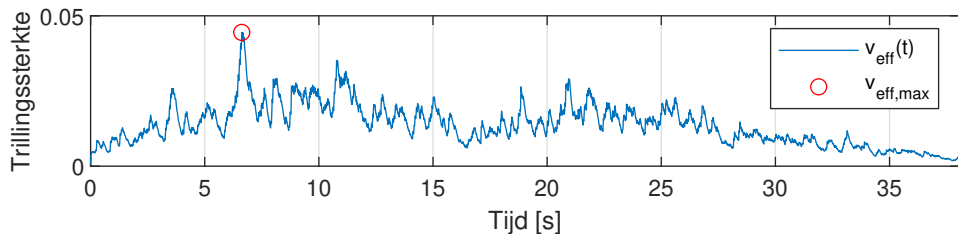
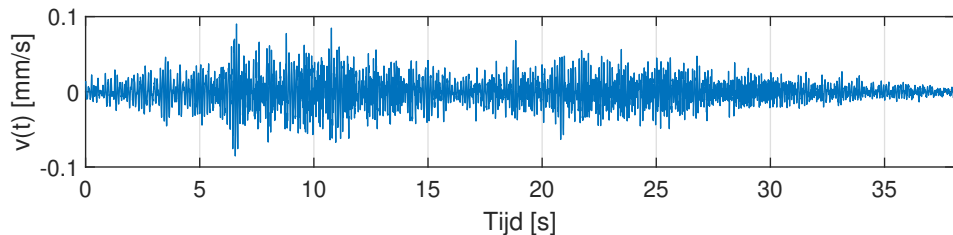
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-16 14:58



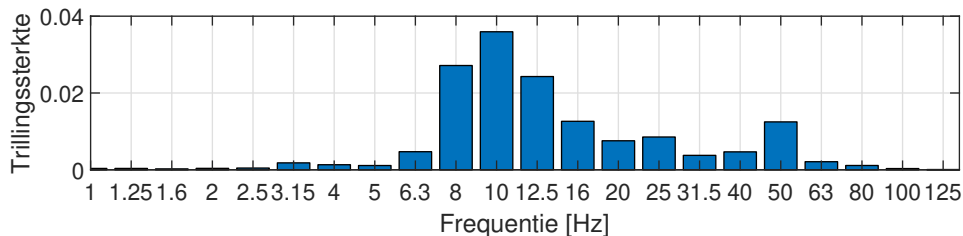
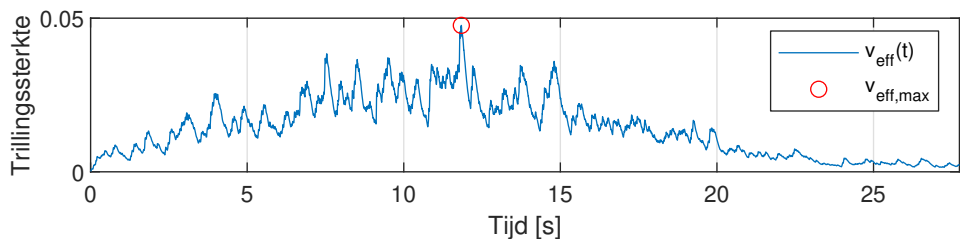
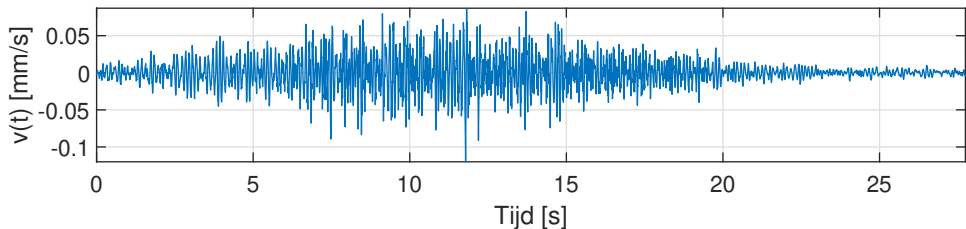
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-21 18:30



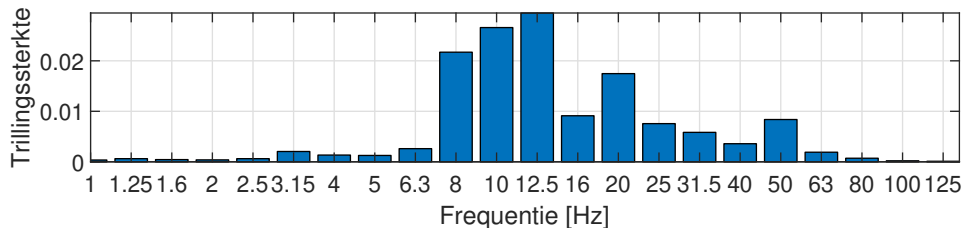
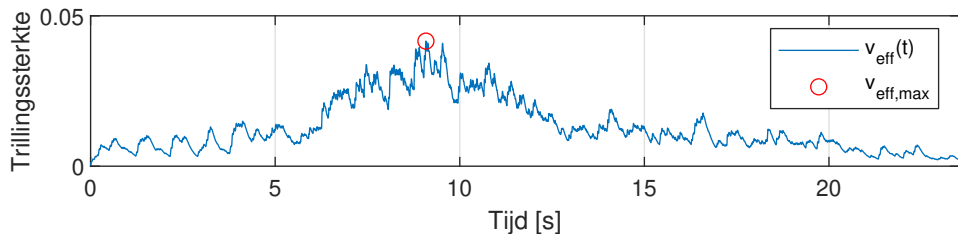
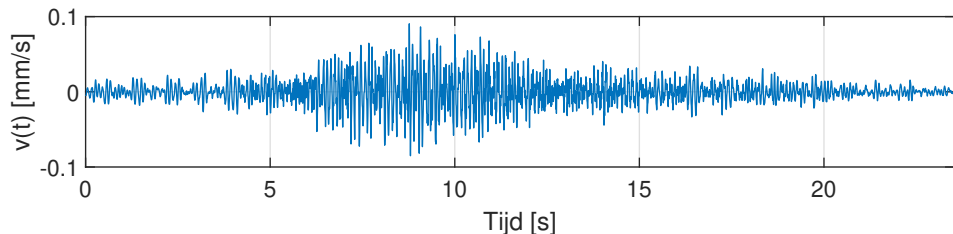
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-17 18:30



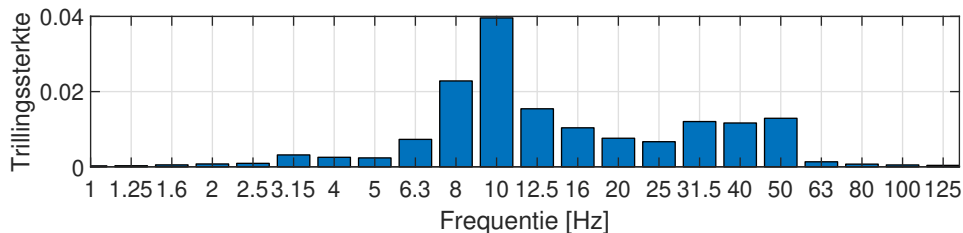
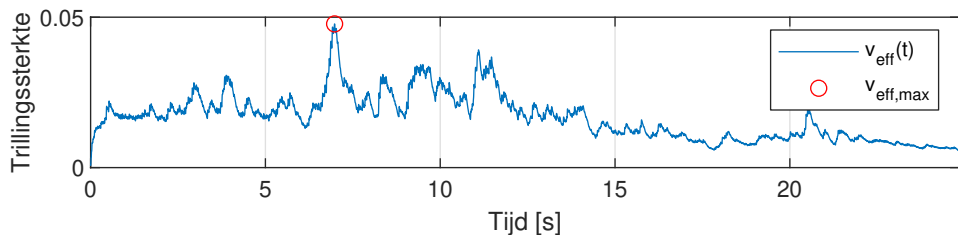
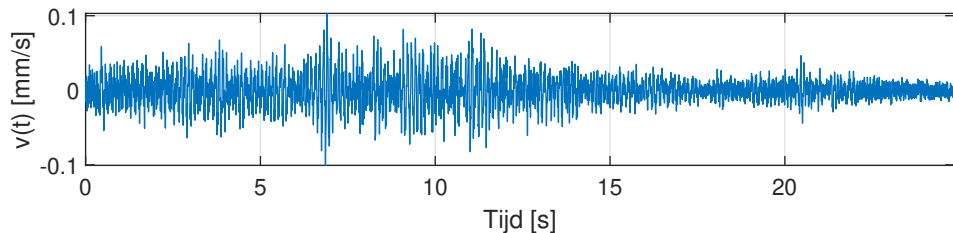
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-20 19:59



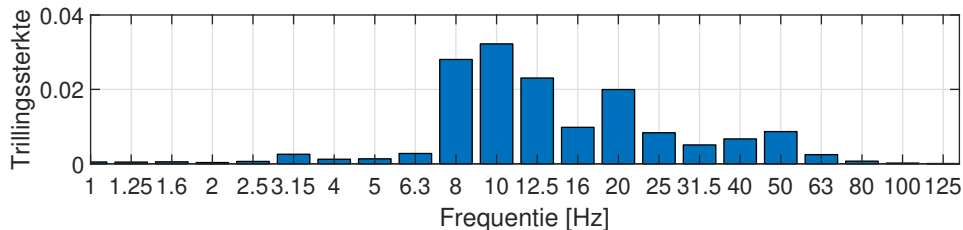
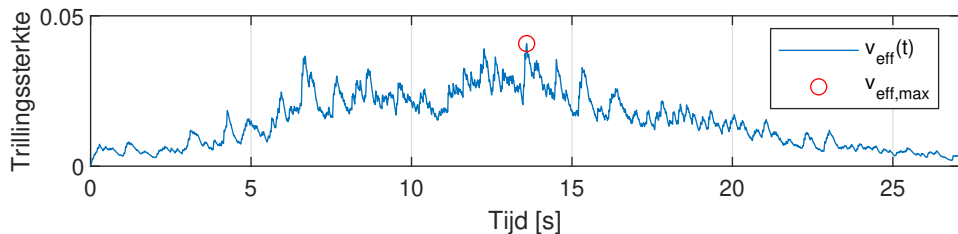
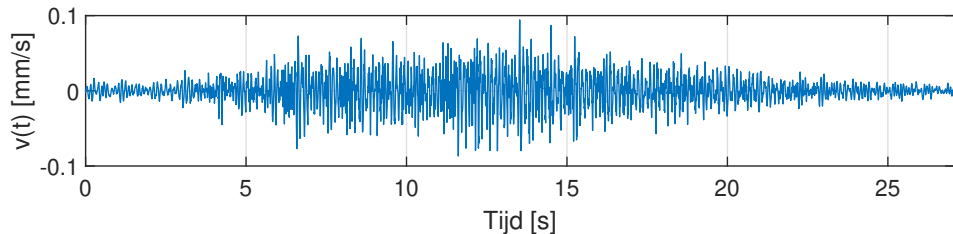
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-18 14:30



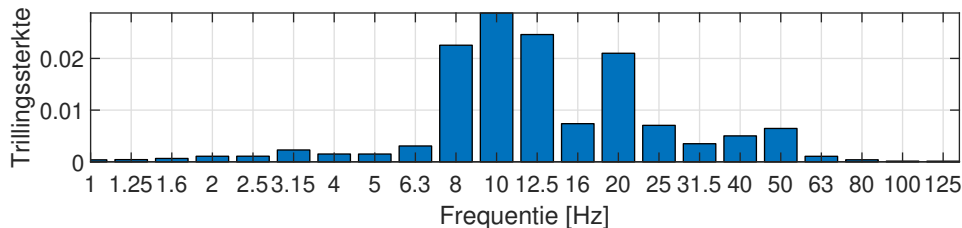
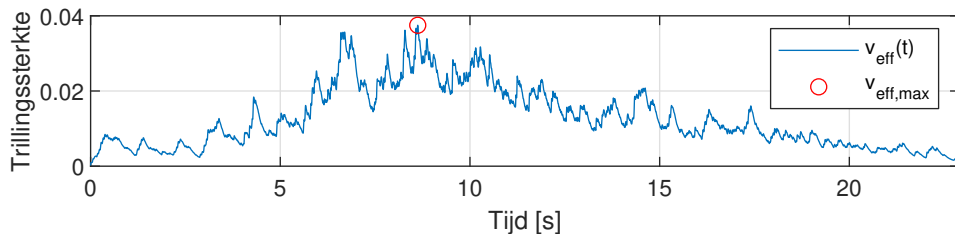
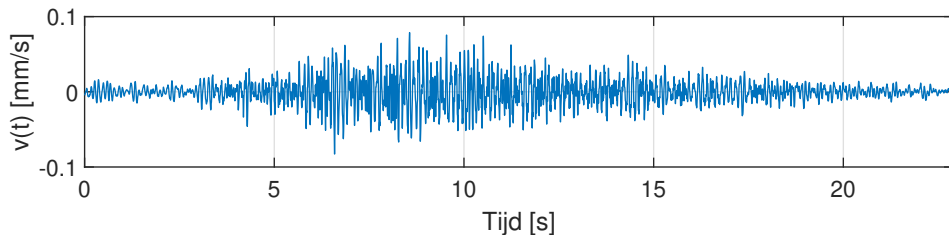
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-17 10:58



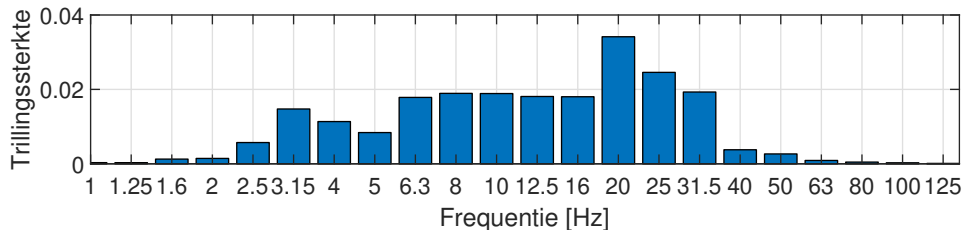
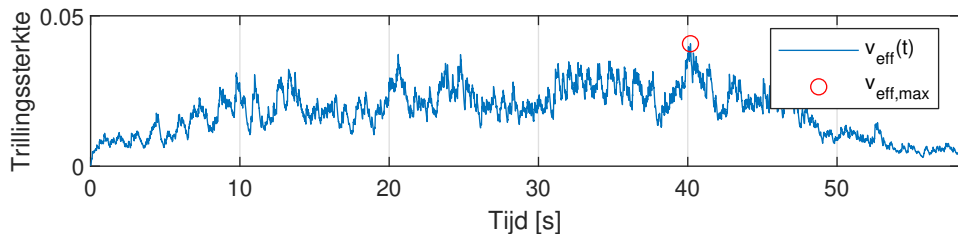
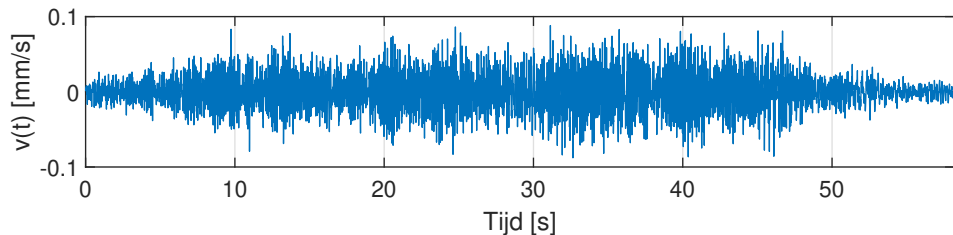
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-20 06:31



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-16 15:00



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-21 00:13



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 5 om 2021-12-18 07:59

