

Bezoekadres:
Stationsweg 2
8011 CZ Zwolle
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 Edward Poppelaan 14 te Etten Leur; prognose trillingshinder spoor

Datum **29 maart 2023**
Referentie **09750-57708-01**

Referentie 09750-57708-01
Rapporttitel Trillingsonderzoek Edward Poppelaan 14 te Etten Leur;
prognose trillingshinder spoor

Datum 29 maart 2023

Opdrachtgever Smaak Vastgoed Ontwikkeling
Herautstraat 15
4871 LN ETTEN-LEUR
Contactpersoon De heer M. Kint

Behandeld door De heer ir. G.H.J. Busscher
De heer ing. H.E.O. Williams
Cauberg Huygen B.V.
Bezoekadres:
Stationsweg 2
8011 CZ Zwolle
Postadres:
Hoofdweg 76
3067 GH Rotterdam
Telefoon 088-5152505

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Samenvatting	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Opzet onderzoek	6
2.2	Bestemmingsplan	6
2.3	SRB-B Beoordelingskader	7
2.4	Beschrijving situatie	8
3	Trillingsmetingen	10
3.1	Algemeen	10
3.2	Meetposities	10
3.3	Meetparameters	11
3.4	Treinen	11
4	Meetresultaten	12
4.1	Bemande meting	12
4.2	Onbemande weekmeting	12
5	Prognose trillingssterkte	14
5.1	Werkwijze	14
5.2	Invoergegevens	14
5.2.1	Gemeten spectrale trillingssterkte	14
5.2.2	Correctie afstandsverschillen	14
5.2.3	Overdracht op fundering	14
5.2.4	Versterking in vloerveld	15
5.3	Resultaat prognose	16
5.4	Beoordeling $V_{\max}$	17
5.5	Beoordeling V_{per}	18
5.6	Beschouwing	18
5.6.1	Conservatief model	18
5.6.2	Aantal overschrijdingen per week	19
5.6.3	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	20
5.6.4	Mogelijke maatregelen	20
6	Conclusie en aanbeveling	21

Bijlagen

Bijlage I	Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ tijdens de onbemande meting
Bijlage II	Tijdsignaal, trillingssterkte en spectrum van top 10 passages per meetpunt

1 Inleiding

1.1 Inleiding

In opdracht van Smaak Vastgoed Ontwikkeling is door Cauberg Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling van nieuwbouw aan de Edward Poppelaan 14 te Etten-Leur. De geplande woningen in het project liggen met een afstand van 30 tot 90 meter op relatief korte afstand van het spoor in Etten-Leur. Trillingen van het treinverkeer kunnen daarom tot hinder leiden voor toekomstige bewoners. Figuur 1.1 geeft een overzicht van het woningbouwplan.



Figuur 1.1: Situatie van het woningbouwplan

Het doel van het onderzoek is te bepalen of de trillingen als gevolg van het treinverkeer kunnen leiden tot hinder voor personen in de nieuw te bouwen woningen. Om dat vast te kunnen stellen zijn ter plekke trillingsmetingen op maaiveld uitgevoerd en is een prognose van de in de woningen te verwachten 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). De SBR-B geeft streefwaarden voor de trillingssterkte in gebouwen ter voorkoming van hinder en is in Nederland algemeen geaccepteerd ter beoordeling van de mate van trillingshinder.

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

1.2 Samenvatting

Op basis van metingen ter plekke en een empirische prognose zijn de te verwachten trillingen in de nieuwbouw berekend. Deze zijn beoordeeld aan de hand van SBR-B en aan gebruikelijke regels in bestemmingsplannen. De conclusies uit het onderzoek luiden samenvattend als volgt:

1. De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer is te verwachten als in het ontwerp van de appartementen en de patiowoningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. De hoogste te hanteren streefwaarden worden met een factor 1,9 overschreden.
2. Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingsbelasting, kan de overschrijding van de hoogste te hanteren streefwaarde beperkt worden tot maximaal een factor 1,4 voor het appartementenblok dicht bij het spoor.
Voor de patiowoningen (verder van het spoor) zijn de te verwachten trillingsniveaus in dat geval acceptabel mits alle mogelijke trillingsreducerende maatregelen zijn getroffen.
Indicatief moet de vloer-eigenfrequentie daarbij verhoogd worden naar circa 20 Hz. Om dat te realiseren is het nodig een substantieel kleinere overspanning en/of een dikkere vloer te kiezen dan normaal gesproken nodig.
3. Verwacht wordt dat met aanvullende maatregelen (anders dan een hogere vloer-eigenfrequentie) ook in het appartementsgebouw kan worden voldaan aan de streefwaarden voor bestaande situaties. Mogelijke maatregelen kunnen daarbij bestaan uit:
 - a. Verzwaring van het fundament en/ of de gebouwconstructie.
 - b. De fundering ontkoppelen van de bodem (en alleen via de palen gekoppeld).
 - c. Toepassing van een trillingsisolierend scherm in de bodem tussen gebouw en spoor.
 - d. Toepassing van trillingsisolatie onder het gebouw.Verwacht wordt dat kans klein is dat met haalbare maatregelen aan de SBR-B streefwaarden voor nieuwe situaties kan worden voldaan. Dat kan geaccepteerd worden maar alleen als mogelijke trillingsreducerende maatregelen worden getroffen.
4. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ruimschoots aan de SBR-B A₃ streefwaarden. Reden daarvoor is dat voelbare trillingen alleen worden veroorzaakt door goederentreinen en niet door de veel vaker passerende reizigerstreinen.

Aanbevolen wordt om een gedetailleerdere prognose van de te verwachten trillingen op te stellen op basis van een Eindige Elementen Methode (EEM) rekenmodel van het gebouw (en de bodem tussen gebouw en spoor). Op basis daarvan kan een nauwkeuriger prognose worden opgesteld en kan worden bepaald welke maatregelen het meest effectief zijn om de trillingsniveaus te reduceren. Een dergelijk vervolgonderzoek past bij gebruikelijke planregels (zoals in het bestemmingsplan voor Stationsplein 21-25 in Ettenleur). Daarmee wordt trillingshinder zoveel als mogelijk beperkt maar wordt tegelijk voorkomen dat niet-doelmatige en dure maatregelen worden getroffen.

2 Uitgangspunten

2.1 Opzet onderzoek

Voor de opzet van het onderzoek is gekozen voor een combinatie van bemande en onbemande metingen. De bemande metingen zijn uitgevoerd op 8 maart 2023 en zijn gebruikt om de kenmerken van de trillingen van de treinpassages te bepalen. Deze kenmerken zijn gebruikt om onderscheid te maken tussen treintrillingen en stoortrillingen tijdens de onbemande metingen. De onbemande metingen zijn uitgevoerd van 8 maart t/m 16 maart voor een periode van 8 dagen.

Op maaiveld is gemeten op de hoekpunten van de geplande bebouwing. Op basis van de meetresultaten op maaiveld is de trillingssterkte in de toekomstige woningen berekend. De berekende maximale trillingssterkte $V_{\max}$ en de berekende gemiddelde trillingssterkte V_{per} worden getoetst aan de streefwaarden uit SBR-B.

De gekozen opzet is in lijn met de aanbevelingen in de “Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen” van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat uit 2019.

2.2 Bestemmingsplan

Op het plangebied rust op dit moment de enkelbestemming ‘Maatschappelijk’ conform het op 1 oktober 2012 vastgestelde bestemmingsplan ‘Spoorzone Noord’ van de gemeente Etten-Leur. Figuur 2.1 toont de bestemmingskaart voor de planlocatie op basis van het ontwerpbestemmingsplan.



Figuur 2.1: Ontwerpbestemmingplanlocatie (bron: ruimtelijkeplannen.nl)

Om nieuwbouw voor woningen mogelijk te maken, is een ruimtelijk onderbouwing nodig ten behoeve van een wijziging van het bestemmingsplan. Ter beoordeling van mogelijk kans op trillingshinder is het gebruikelijk uit te gaan van eerder genoemde SBR-B.

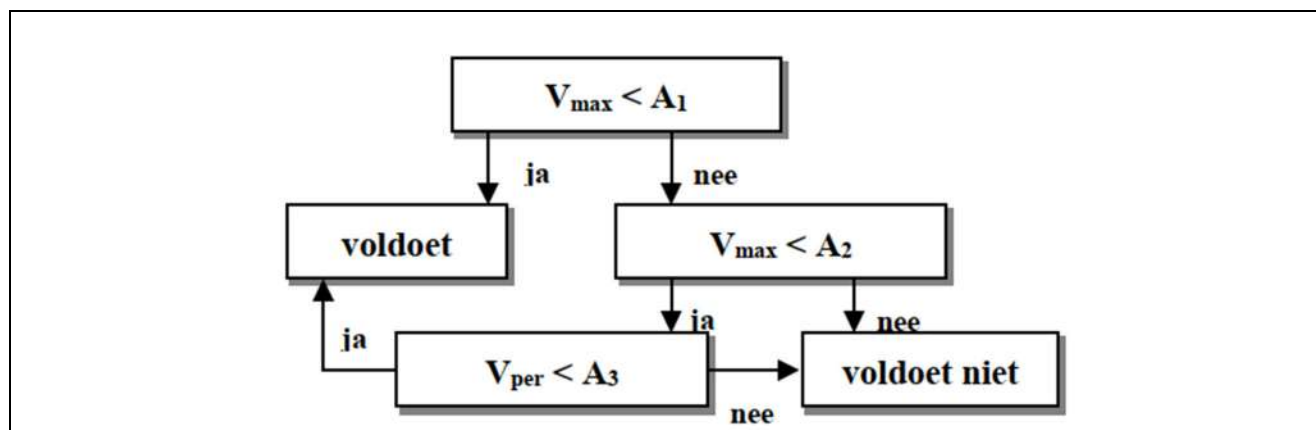
Een voorbeeld van gebruikelijke planregels ter voorkoming van trillingshinder door spoorwegverkeer is regel 4.2.5 uit bestemmingsplan 'Stationsplein 21-25' van de gemeente Etten Leur. Deze luidt als volgt:

4.2.5 Voorwaardelijke verplichting trillingshinder

- a. Het bouwen van de woningen zoals bedoeld in lid 4.1 is uitsluitend toegestaan wanneer uit een dynamische berekening van de trillingssterkte blijkt dat de streefwaarden voor 'Wonen nieuwe situatie', zoals bedoeld in Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch, niet worden overschreden;
- b. In afwijking van het bepaalde onder a, is het bouwen van de woningen zoals bedoeld in lid 4.1 ook toegestaan op voorwaarde dat alle doelmatige en kosteneffectieve maatregelen om de trillingssterkte te verminderen worden getroffen en uit een dynamische berekening blijkt dat de streefwaarden voor 'Wonen in bestaande situatie', zoals bedoeld in Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch, niet worden overschreden.

2.3 SRB-B Beoordelingskader

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



Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- De $V_{\max}$ kleiner is dan de A_1 , óf;
- Als de $V_{\max}$ kleiner is dan A_2 én V_{per} kleiner is dan A_3 .

De toetsingswaarden voor A_1 , A_2 en A_3 zijn afhankelijk van de functie van een bouwwerk, het type trilling, de situatie en het tijdstip waarop de trillingen voorkomen. De functie van de toekomstige gebouwen 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. Omdat SBR-B onder voorwaarden hogere trillingsniveaus toelaat, zijn ook de streefwaarden voor bestaande situaties opgenomen. Dit zijn trillingsniveaus waarvan op basis van SBR-B verondersteld mag worden dat vanwege gewenning mensen er na verloop van tijd geen hinder meer van zullen ondervinden. Het is gebruikelijk in bestemmingsplannen de streefwaarden voor nieuwe situaties als na te streven waarden te hanteren en de streefwaarden voor bestaande situaties als bovengrens.

Tabel 2.1: SBR-B Streefwaarden ver voorkoming van trillingshinder bij gebouwfunctie wonen

Situatie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Nieuwe situaties	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Bestaande situaties	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1

In tabel 2.1 is te zien dat in de nachtperiode de strengste streefwaarden van toepassing zijn.

2.4 Beschrijving situatie

Aan de noordzijde van het plan zijn twee rijen met in totaal 10 patio-woningen gepland die loodrecht op het spoor liggen en zich minimaal op ongeveer 44 meter afstand bevinden. Aan zuidzijde, op 30 meter van het spoor is parallel aan het spoor een 2-laags blok met 10 appartementen voorzien. De locatie ligt vlak bij station Etten Leur, dat zorgt ervoor dat alle reizigerstreinen langzaam rijden en hier stoppen en optrekken. Goederentreinen stoppen niet en rijden door het station. Figuur 2.2 toont een luchtfoto met de beoogde situatie ingevoegd.



Figuur 2.2: Geplande situatie weergegeven op een luchtfoto

Op het noordelijke deel is nog een bestaand gebouw aanwezig en op het zuidelijk deel stond voorheen een autogarage. De autogarage is inmiddels gesloopt en dit deel is nu braakliggend, zie figuren 2.3 en 2.4.



Figuur 2.3: Zuidelijk gedeelte waarop de voormalige autogarage stond. (Camera naar het zuiden gericht)



Figuur 2.4: Zuidelijk gedeelte waarop de voormalige autogarage stond. (Camera naar noorden gericht)

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 8 maart 2023 tot en met 16 maart 2022. Bij de bemande en onbemande metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- 4x Syscom Red Box trillingsmonitor MR3000TR.
- 4x 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 woningfunderingen geplaatst. Op de hoeken van het geplande appartementsblok parallel aan het spoor op 30 meter afstand zijn twee meetpunten geplaatst. Een derde meetpunt bevindt zich op de hoek van de geplande eerste patiowoning op een afstand van 44 meter van het spoor. Het vierde meetpunt bevindt zich op 75 meter afstand van het spoor, in het midden van de beoogde rij patiowoningen. In figuur 3.1 is een overzicht te zien van de meetpunten, inclusief de afstanden tot het spoor.



Figuur 3.1: Overzicht van de positionering 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 op de bodem is gedrukt. De sensor en de trillingsmeters zijn afgedekt met een plastic deksel. Figuur 3.2 geeft een weergave van de opstelling geplaatst bij meetpunt A.



Figuur 3.2: Foto van de opstelling bij meetpunt 1

Op meetpunt C is alleen de eerste drie dagen gemeten. Een hevige regenbui of grondwater heeft dit meetpunt onder water gezet waardoor op de overige dagen geen bruikbare data is gemeten. Op de andere meetpunten is wel gedurende de hele periode gemeten.

3.3 Meetparameters

Conform de voorschriften in de SBR richtlijn is elke 30 seconde de trillingssterkte $V_{\text{eff,max,30,i}}$ 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 overschrijdt, een registratie van de trillingssnelheid in de tijd uitgevoerd (tijdsignaal). Deze tijdsignalen zijn gebruikt voor de prognose.

3.4 Treinen

Tijdens de bemande trillingsmetingen is vastgesteld dat er intercity's (type DDZ en ICM) over het traject rijden. Daarnaast passeren er regelmatig goederentreinen met diverse ladingen, zoals auto's, containers, ketels en kolenwagons. De goederentreinen rijden met volle snelheid langs de meetlocatie. De intercity's stoppen bij het treinstation voordat ze vertrekken.

4 Meetresultaten

4.1 Bemande meting

Op 8 maart 2023 is de bemande meting uitgevoerd. Daarbij is tussen 15:07 en 16:07 het type trein genoteerd samen met de rijrichting, rijgedrag en de trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$ gemeten op maaiveld. Rijrichting is richting Breda of richting Roosendaal. De letter X, Y of Z geeft de dominante trillingsrichting aan. Het resultaat van de bemande metingen is samengevat in tabel 4.1. Als de trillingssterkte voor een passage niet is weergegeven komt dit omdat de trillingssnelheid tijdens de passage niet hoger was dan de drempelwaarde van 0,05 mm/s. De hoogste waarden per meetpunt zijn groen gemarkeerd.

Tabel 4.1: Meetresultaat $v_{\text{eff,max}}$ op maaiveld tijdens bemande metingen op 8 maart 2023

Tijd	Treintype	Rijrichting	Rijgedrag	V_{max} [-] en dominante trillingsrichting per meetpunt					
				A		B		C	
15:07	DDZ	Breda	Vertrekkend	0,26	X	0,28	X	--	--
15:20	Goederen	Breda	Doorrijdend	0,33	X	0,34	X	0,22	X
15:21	ICM	Roosendaal	Stoppend	0,05	Y	0,06	Y	--	--
15:23	ICM	Roosendaal	Vertrekkend	--		0,06	Y	0,06	X
15:37	DDZ	Breda	Stoppend	0,12	Y	0,09	Y	0,06	Y
15:39	DDZ	Breda	Vertrekkend	0,05	Y	0,08	X	0,05	Y
15:53	ICM	Roosendaal	Stoppend	--		--		--	--
15:55	ICM	Roosendaal	Vertrekkend	--		--		0,06	Y
16:05	ICM	Breda	Stoppend	--		0,08	X	0,07	X
16:07	ICM	Breda	Vertrekkend	0,05	X	0,07	X	--	--

Meetpunt B ondervindt de hoogste trillingssterkte met $V_{\text{max}} = 0,34$ gevolgd door meetpunt A met $V_{\text{max}} = 0,33$. Opvallend is dat bij meetpunt D alleen de goederentrein van 15:20 wordt gemeten. Dat betekent dat alle reizigerstreinen op dat meetpunt een trillingssnelheid van minder dan 0,05 mm/s veroorzaakten. In dat geval is de trillingssterkte in de regel lager dan circa 0,03.

4.2 Onbemande weekmeting

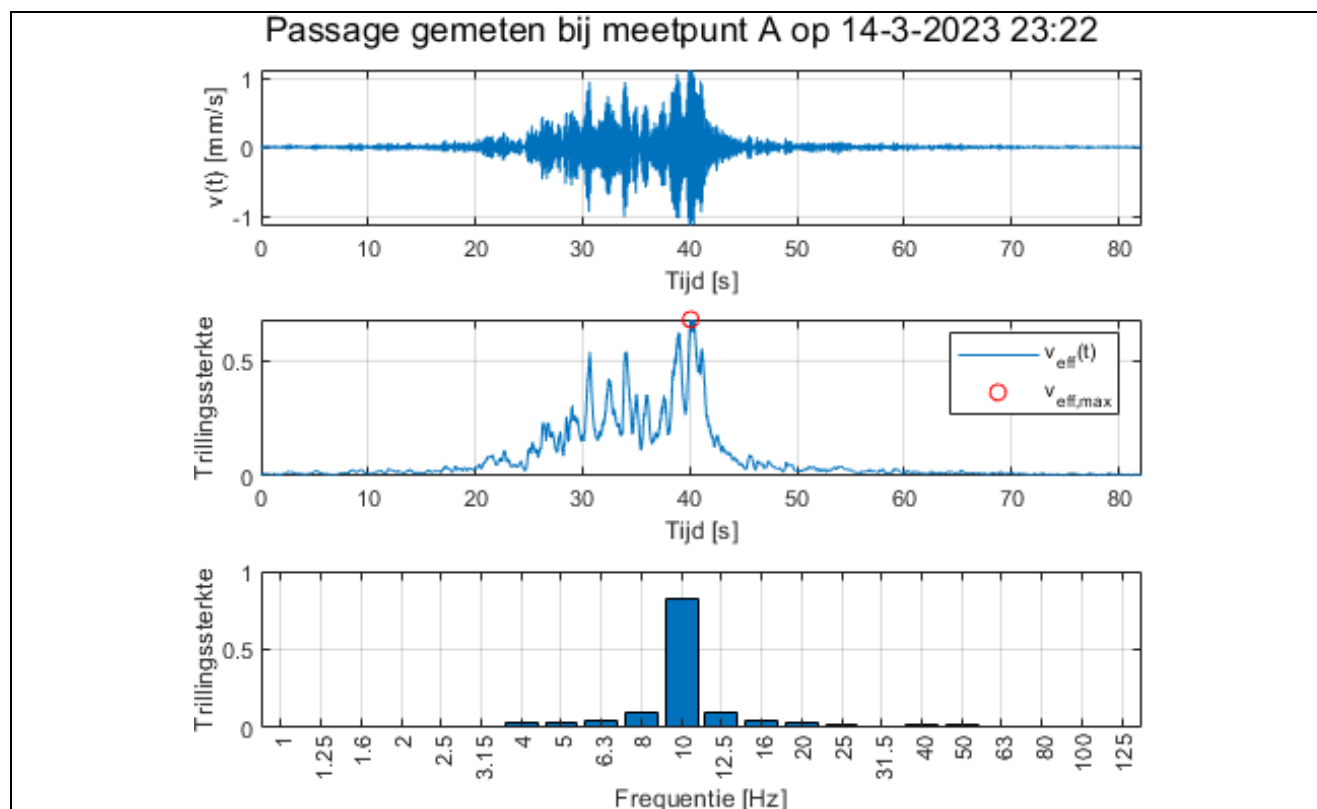
Na de bemande meting is de onbemande meting gestart voor de gehele meetperiode. Voor meetpunten A tot en met D zijn de top tien treinpassages geselecteerd met de hoogste trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 4.2, waarin de datum en tijd van de treinpassage zijn opgenomen, samen met de $v_{\text{eff,max}}$ en de dominante trillingsrichting. De hoogste waarden zijn groen gemarkeerd. In bijlage I is het verloop van de trillingssterkte over de gehele meetperiode grafisch weergegeven. Daarbij geldt dat meter MT32 op meetpunt A heeft gestaan, meter MT34 op meetpunt B, meter MT36 op meetpunt C en meter ZT47 op meetpunt D.

Tabel 4.2: Meetresultaat op maaiveld tijdens onbemande metingen van 8 t/m 16 maart 2023

Meetpunt A		Meetpunt B		Meetpunt C *)		Meetpunt D	
Datum – tijd	$V_{\max}$ [-]	Datum – tijd	$V_{\max}$ [-]	Datum – tijd	$V_{\max}$ [-]	Datum – tijd	$V_{\max}$ [-]
10-3-2023 06:16	0,46 X	10-3-2023 06:16	0,33 X	8-3-2023 22:06	0,16 Y	10-3-2023 14:32	0,12 Z
11-3-2023 01:09	0,62 Y	10-3-2023 14:32	0,36 X	9-3-2023 15:05	0,18 X	10-3-2023 23:47	0,15 X
11-3-2023 07:35	0,34 X	11-3-2023 01:09	0,38 X	9-3-2023 22:06	0,14 Y	11-3-2023 01:09	0,13 Z
12-3-2023 17:35	0,35 Y	11-3-2023 07:35	0,43 X	9-3-2023 23:47	0,21 X	11-3-2023 07:35	0,14 Z
13-3-2023 12:54	0,35 Y	12-3-2023 16:26	0,39 X	10-3-2023 05:23	0,15 X	12-3-2023 16:16	0,18 Y
13-3-2023 14:56	0,41 Y	12-3-2023 18:04	0,30 X	10-3-2023 05:42	0,14 X	12-3-2023 16:26	0,11 Z
13-3-2023 19:25	0,44 Y	12-3-2023 23:33	0,33 X	10-3-2023 06:16	0,20 X	12-3-2023 17:35	0,12 X
14-3-2023 19:52	0,37 X	13-3-2023 19:24	0,33 X	10-3-2023 11:28	0,19 X	12-3-2023 23:33	0,12 X
14-3-2023 20:21	0,35 Y	14-3-2023 14:21	0,29 X	10-3-2023 13:57	0,15 Z	13-3-2023 19:25	0,14 Z
14-3-2023 23:22	0,68 X	14-3-2023 23:22	0,47 X	10-3-2023 14:32	0,23 X	14-3-2023 13:26	0,11 X

*) meetpunt C over de periode t/m 10-3-2023 16:00

Uit de onbemande meting blijkt dat de hoogst gemeten trillingssterkte $V_{\max}$ 0,68 bedraagt in de trillingsrichting dwars op het spoor (X). Deze trillingssterkte is gemeten tijdens een passage op 14 maart 2023 om 23:22 bij meetpunt A. Deze treinpassage heeft ook de hoogst gemeten trillingssterkte op meetpunt B veroorzaakt. 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). Te zien is dat de 10 Hz tertsband dominant is voor deze passage. In bijlage II zijn dezelfde grafieken te zien voor de andere in tabel 4.2 genoemde treinpassages.



Figuur 4.1: Passage bij meetpunt A die de hoogst gemeten trillingssterkte veroorzaakte

5 Prognose trillingssterkte

5.1 Werkwijze

Voor de berekening van de trillingssterkte in de toekomstige woningen is gebruik gemaakt van een empirisch rekenmodel gebaseerd op literatuur, jarenlange meetervaring en theoretische beschouwingen. In de basis worden de gemeten trillingen op maaiveld omgerekend naar te verwachten trillingen in de nieuwbouw op basis van de volgende stappen:

1. Correctie voor verschil in afstand spoor – meetpunt en spoor – nieuwbouw.
2. Berekening trillingssterkte op fundament o.b.v. karakteristieke overdracht van maaiveld op fundering.
3. Berekening van trillingssterkte op vloerveld o.b.v. te verwachten versterking afhankelijk van eerste eigenfrequentie van de vloer.

De berekeningen worden daarbij spectraal (in tertsbanden) uitgevoerd. Dat betekent dat per tertsband de gemeten trillingssterkte wordt omgerekend naar te verwachten trillingen op de vloervelden in de nieuwbouw. De overall $V_{\max}$ trillingssterkte wordt vervolgens berekend door de verschillende frequentiebanden energetisch bij elkaar op te tellen.

5.2 Invoergegevens

5.2.1 Gemeten spectrale trillingssterkte

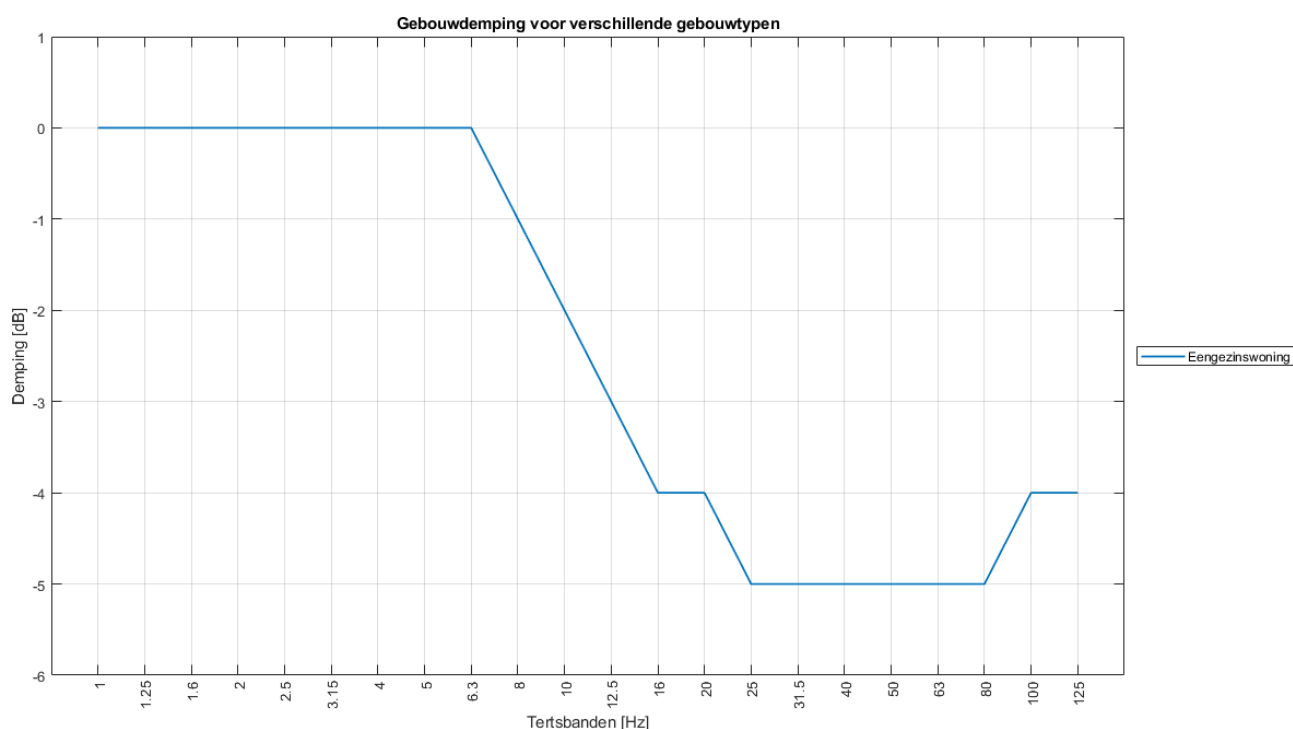
Voor alle treinpassage waarvoor tijdsignaal is geregistreerd, is het kenmerkende spectrum bepaald dat bestaat uit het peak-hold tertsbandspectrum van het tijdsignaal, spectraal gewogen conform SBR-B en geschaald naar de bijbehorende maximale trillingssterkte $V_{\max}$. Uit deze spectra blijkt dat de maatgevende frequenties voor de verschillende meetposities in het frequentiegebied tussen 8 en maximaal 16 Hz ligt.

5.2.2 Correctie afstandsverschillen

De positie van de meetpunten is gekozen zodat deze ter plaatse van de kortste afstand tussen spoor en toekomstige gebouwen ligt. Daarom is geen afstandscorrectie nodig.

5.2.3 Overdracht op fundering

Voor de overdracht van de trillingen vanuit maaiveld naar de fundering van de woning, is uitgegaan van een op basis van literatuurgegevens kenmerkende overdracht voor een eengezinswoning. Navolgende figuur 5.1 geeft het gehanteerde spectrum weer.



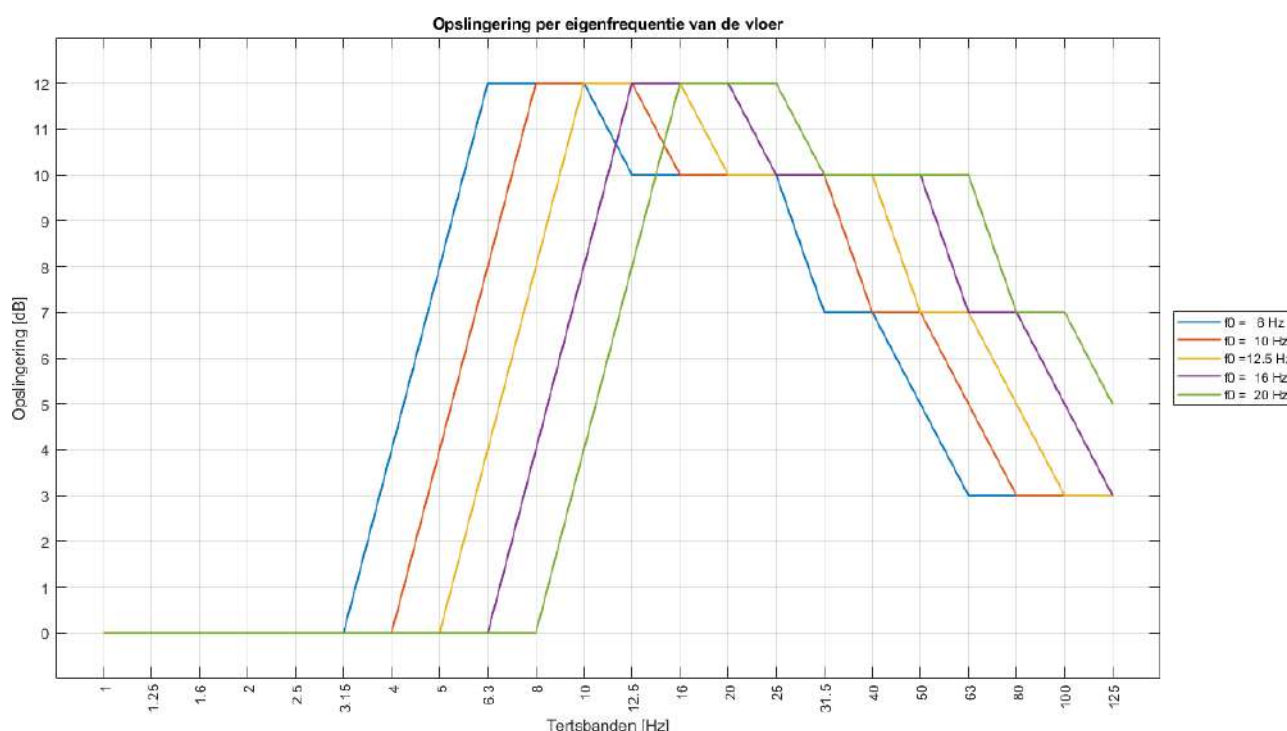
Figuur 5.1: Gebouwdemping toegepast in het prognosemodel voor een eengezinswoning

Een waarde van 0 wil zeggen dat er geen versterking of verzwakking optreedt. Een negatieve waarde betekent een reductie van de trillingen. Voor de laagste frequenties vanaf de 1 tot 6,3 Hz tertsbanden heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 5 dB, iets meer dan een factor 3,2.

5.2.4 Versterking in vloerveld

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

Op basis van deze eigenfrequenties is rekening gehouden met mogelijke resonantie van de vloer waardoor in verticale richting versterking van de trillingen optreedt. Figuur 5.2 toont de overdrachtsspectra. 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.



Figuur 5.2: Opslingeren trillingssterkte per eigenfrequentie van de vloer (8 t/m 20 Hz)

De versterking als gevolg van resonantie bedraagt maximaal 12 dB, ongeveer een factor 4.

5.3 Resultaat prognose

Het in het gebouw te verwachten trillingsspectrum is berekend door het kenmerkende spectrum van elke passage (paragraaf 5.2.1) te vermenigvuldigen met het overdrachtsspectrum voor de fundering (figuur 5.1) en met het overdrachtsspectrum voor de vloer (figuur 5.2). Vervolgens wordt de overall waarde berekend van het verkregen spectrum om de $V_{\max}$ te bepalen.

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: Best en worst case prognose $V_{\max}$ in verticale richting in toekomstig gebouw

	$V_{\max}$ best case eigenfrequentie f_0				$V_{\max}$ worst case eigenfrequentie f_0			
	f_0	Nacht	Dag	Avond	f_0	Nacht	Dag	Avond
Meetpunt A	20	0,24	0,27	0,23	8	0,48	0,41	0,47
Meetpunt B	20	0,36	0,48	0,43	8	0,77	0,66	0,38
Meetpunt C	20	0,23	0,33	0,27	12,5	0,32	0,37	0,29
Meetpunt D	20	0,21	0,22	0,16	8	0,51	0,37	0,34

Uit tabel 5.1 blijkt dat de best case eigenfrequentie voor alle meetpunten hetzelfde is (20 Hz), en de worst case, buiten meetpunt C, 8 Hz bedraagt. Dat komt doordat de dominante frequentie van de gemeten trillingen bij 8 tot 12,5 Hz ligt. Als de vloer-eigenfrequentie overeenkomt met de dominante aanstootfrequentie, zullen trillingen versterkt worden en zal de maximale trillingssterkte in het gebouw $V_{\max}$ dus 0,77 bedragen (meetpunt B). Als de eigenfrequentie van de vloer ordegrrootte 20 Hz bedraagt, komt deze niet overeen met de dominante aanstootfrequentie en blijft de maximale trillingssterkte beperkt tot $V_{\max}$ 0,48 (meetpunt B).

5.4 Beoordeling $V_{\max}$

De eerste beoordeling van de trillingssterkte $V_{\max}$ vindt plaats op basis van de SBR-B A_2 streefwaarde. In eerste instantie moet worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties, om de ernst van een overschrijding in te kunnen schatten is ook getoetst aan de streefwaarden voor bestaande situaties. De streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties bedraagt 0,2 in de nacht- en 0,4 in de dag- en avondperiode. De A_2 streefwaarde voor bestaande situaties is 2x hoger: 0,4 in de nacht- en 0,8 in de dag- en avondperiode.

In tabel 5.2 worden de prognoseresultaten weergegeven voor alle meetpunten bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloer. Groen betekent dat aan de streefwaarde voor nieuwe situaties wordt voldaan, geel dat aan de streefwaarde voor bestaande situatie wordt voldaan en rood dat niet aan de streefwaarden wordt voldaan.

Tabel 5.2: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest **ongunstige** eigenfrequentie van de vloer

	$V_{\max}$, worst case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_2 Streefwaarde nieuw / bestaand	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt A	0,54*	0,41	0,47
Meetpunt B	0,77	0,66	0,38
Meetpunt C	0,32	0,37	0,29
Meetpunt D	0,51	0,37	0,34

*Deze trillingssterkte is dominant in de horizontale richting, dwars op het spoor (X).

Uit tabel 5.2 blijkt dat voor alle meetpunten de voorspelde maximale trillingssterkte $V_{\max}$ niet voldoet aan de streefwaarde A_2 voor de nieuwe situatie in de maatgevende nachtperiode en alleen voor meetpunt C (met een meetduur van 3 dagen) aan de A_2 voor bestaande situaties.

In tabel 5.3 zijn de prognoseresultaten voor alle meetpunten weergegeven bij de meest gunstige eigenfrequentie van de vloer.

Tabel 5.3: Beoordeling $V_{\max}$ in geval van de meest **gunstige** eigenfrequentie (20Hz) van de vloer

	$V_{\max}$, best case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_2 Streefwaarde nieuw / bestaand	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt A	0,54*	0,27	0,23
Meetpunt B	0,36	0,48	0,43
Meetpunt C	0,23	0,33	0,27
Meetpunt D	0,21	0,22	0,16

*Deze trillingssterkte is dominant in de horizontale richting, dwars op het spoor (X).

In tabel 5.3 is te zien dat op geen van de meetlocaties wordt voldaan aan de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties in de maatgevende nachtperiode. Alleen voor meetlocatie A is ook sprake van overschrijding van de A_2 streefwaarde voor bestaande situaties. Opgemerkt wordt dat de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ bij meetpunt A in de nachtperiode niet afneemt bij een verandering van de eigenfrequentie van de vloer. Dit komt omdat de trilling in de horizontale richting dominant is en niet afhankelijk van de vloer-eigenfrequentie.

5.5 Beoordeling V_{per}

Onderstaande tabel 5.4 geeft een samenvatting van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voor de meest ongunstige vloer-eigenfrequentie en tabel 5.5 voor de meest gunstige eigenfrequentie. Bij de berekening van V_{per} zijn conform SBR-B alleen die passages meegenomen met een geprognosticeerde $v_{\text{eff,max}}$ van 0,1 of hoger.

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

	V_{per} , worst case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_3 streefwaarde nieuw / bestaand	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt A	0,01	0,01	0,03
Meetpunt B	0,02	0,02	0,02
Meetpunt C	0,01	0,02	0,01
Meetpunt D	0,03	0,02	0,03

Tabel 5.5: Beoordeling V_{per} in geval van de meest **gunstige** eigenfrequentie van de vloer

	V_{per} , best case eigenfrequentie		
	Nacht	Dag	Avond
A_3 streefwaarde nieuw / bestaand	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt A	0,01	0,01	0,01
Meetpunt B	0,02	0,01	0,02
Meetpunt C	0,005	0,01	0,005
Meetpunt D	0,01	0,01	0,02

Uit bovenstaande tabellen wordt geconcludeerd dat V_{per} voor alle locaties voldoet, zelfs aan de streefwaarden voor nieuwe situaties en onafhankelijk van de vloer-eigenfrequentie. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} is niet maatgevend voor trillingshinder. Opgemerkt wordt dat de V_{per} voor meetpunt D waarschijnlijk beïnvloed is door stoortrillingen en in werkelijke lager is voor de bijdragen van trillingen veroorzaakt door treinen.

5.6 Beschouwing

5.6.1 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 op een lagere trillingssterkte dan geprognosticeerd, groter is, dan de kans op een hogere trillingssterkte dan geprognosticeerd.

Als met dit aspect rekening wordt gehouden luidt de beoordeling als volgt:

Voor het appartementsblok dicht bij het spoor:

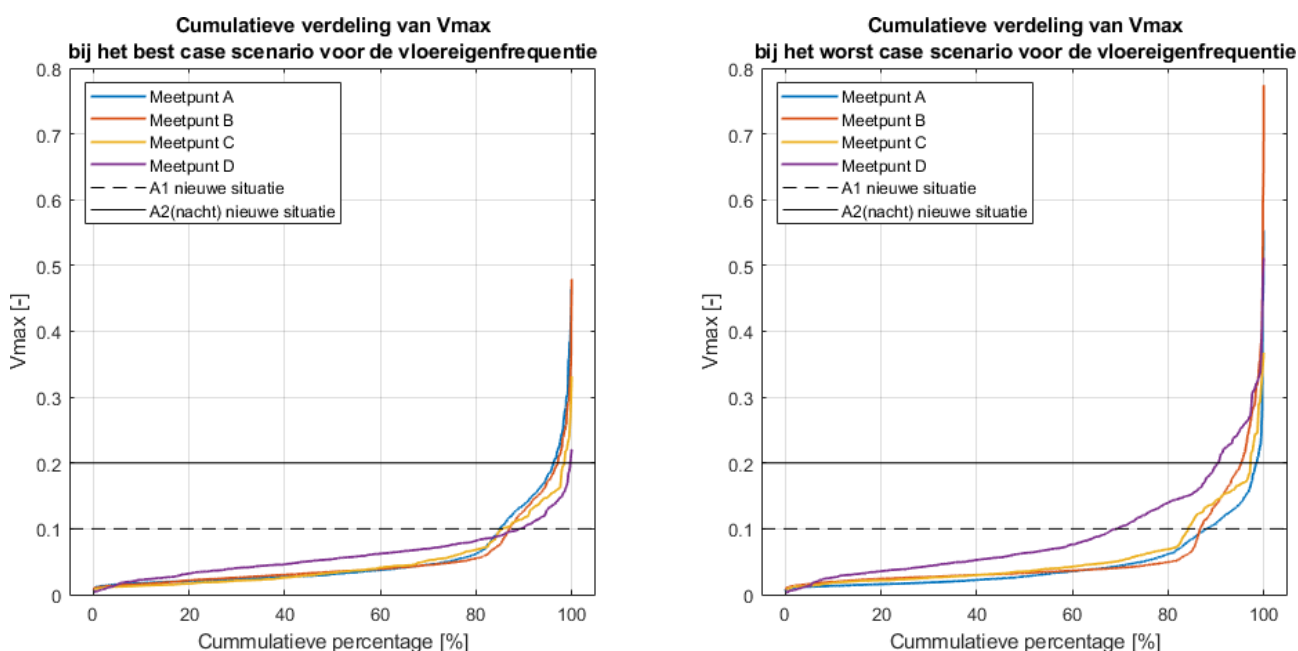
- Er wordt zeer waarschijnlijk niet voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Alleen als in het ontwerp wordt gezorgd voor een gunstige vloer-eigenfrequentie is er een zeker kans dat aan de streefwaarden voor bestaande situaties wordt voldaan. Dan moet wel blijken dat de horizontale trillingsniveaus bij het gekozen ontwerp beperkt blijven.

Voor de patiowoningen op 44 meter van het spoor (en verder):

- Alleen als in het ontwerp wordt gezorgd voor een gunstige vloer-eigenfrequentie is er een zekere kans dat aan de streefwaarden voor nieuwe situaties wordt voldaan. In dat geval wordt ruim aan de streefwaarden voor bestaande situaties voldaan.

5.6.2 Aantal overschrijdingen per week

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 acht dagen. Figuur 5.3 toont de verdeling van de geprognosticeerde $V_{\max}$ voor alle meetpunten over de meetperiode van 8 dagen op basis van de best case (dus met een gunstige eigenfrequentie van de vloer) en worst case. 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 5.3: Cumulatief grafiek van de $V_{\max}$ voor de best- en worst case scenario

In figuur 5.3 is te zien dat in het geval van het best case scenario voor de vloer-eigenfrequentie slechts een klein deel van de treinen die rijden een overschrijding zouden leveren voor de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode (0,2). Voor meetpunten A, B en C is dit minder dan 5% van de treinen. Dit is procentueel veel minder treinen dan wanneer er geen rekening wordt gehouden met de vloer-eigenfrequentie (zie figuur rechts).

Vervolgens is er gekeken hoeveel treinen daadwerkelijk voor een overschrijding in de nacht- of dag/avond-periode zou zorgen. Dit is bepaald met de geprognosticeerde $V_{\max}$ van iedere gereden trein tijdens de meetperiode. Tabel 5.6 laat de resultaten zien.

Tabel 5.6: Aantal overschrijdingen van de A_3 streefwaarde per week voor de best case vloer-eigenfrequentie

Meetpunt	Aantal overschrijding streefwaarden nieuwe situatie		Aantal overschrijding streefwaarden nieuwe situatie	
	Nacht	Dag en avond	Nacht	Dag en avond
Meetpunt A	4	0	0	0
Meetpunt B	16	3	3	0
Meetpunt C	2	0	0	0
Meetpunt D	1	0	0	0

Uit tabel 5.6 volgt dat het aantal overschrijdingen van de streefwaarden voor nieuwe situaties alleen voor locatie B wat hoger liggen.

5.6.3 Keuze eigenfrequentie van de vloeren

De keuze van de eigenfrequentie van de vloeren is van belang voor de uiteindelijke trillingssterkte in de toekomstige woningen. Uit de meet- en rekenresultaten blijkt dat een eigenfrequentie met orde grootte 8 tot 12,5 Hz ongunstig is omdat ook de aanstoting veel energie in deze frequenties bevat. Voor het bouwplan is de meest gunstige eigenfrequentie 20 Hz.

Een eigenfrequentie van 20 Hz is hoger dan normaal gesproken te verwachten in vloeren van nieuwbouwwoningen. Om een dergelijk hoge eigenfrequentie zouden de volgende (generieke) maatregelen moeten worden toegepast (vanuit het 'standaard' ontwerp):

- Toepassen van een kleine overspanning.
- Toepassen van een grotere vloerdikte.
- Toepassen van een lichtere vloer.

5.6.4 Mogelijke maatregelen

Er zijn mogelijkheden om de trillingssterkte verder te reduceren. Te denken valt aan het verzwaren van de fundering, het van de bodem vrijhouden van het fundament, het toepassen van een isolerend scherm in de bodem tussen spoor en gebouw of het trillinggeïsoleerd opstellen van het gebouw als geheel. De laatste twee zijn in veel gevallen (financieel) niet haalbaar maar met de eerste maatregel is mogelijk wel een verdere reductie van trillingen te bereiken.

6 Conclusie en aanbeveling

Het uitgevoerde trillingsonderzoek leidt samenvattend tot de volgende conclusies:

1. De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer is te verwachten als in het ontwerp van de appartementen en de patiowoningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ kan in dat geval oplopen tot 0,77 in de appartementen en 0,51 in de patiowoningen. Daarmee wordt de SBR-B A_2 streefwaarde voor nieuwe situaties met respectievelijk een factor 3,9 en 2,6 overschreden in de maatgevende nachtperiode. De hoogste te hanteren streefwaarden (voor bestaande situaties) wordt met respectievelijk een factor 1,9 en 1,3 overschreden.
2. Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingsbelasting, kan de maximaal te verwachten trillingssterkte teruggebracht worden naar 0,54 voor de appartementen en 0,23 voor de patiowoningen (in de maatgevende nachtperiode). Daarmee blijft de overschrijding van de SBR-B streefwaarden voor nieuwe situaties beperkt tot factor 2,7 voor de appartementen en 1,2 voor de patiowoningen.
Indicatief moet de vloer-eigenfrequentie daarbij verhoogd worden naar circa 20 Hz. Om dat te realiseren is het nodig een kleinere overspanning en/of een dikkere vloer te kiezen dan normaal gesproken nodig is. Met deze maatregelen kan in de patiowoningen ruimschoots worden voldaan aan de 2x hoger streefwaarden voor bestaande situaties maar in de appartementen is nog sprake van een overschrijding met factor 1,4.
3. Verwacht wordt dat met aanvullende maatregelen (anders dan in een hogere vloer-eigenfrequentie) ook in het appartementsgebouw kan worden voldaan aan de streefwaarden voor bestaande situaties. Mogelijke maatregelen kunnen daarbij bestaan uit:
 - a. Verzwaring van de fundering en/ of de gebouwconstructie.
 - b. De fundering ontkoppelen van de bodem (en alleen via de palen gekoppeld).
 - c. Toepassing van een trillingsisolierend scherm in de bodem tussen gebouw en spoor.
 - d. Toepassing van trillingsisolatie onder het gebouw.Verwacht wordt dat kans klein is dat met haalbare maatregelen aan de streefwaarden voor nieuwe situaties kan worden voldaan. Als geen verdere maatregelen beschikbaar zijn, kan dit conform SBR-B en gebruikelijke regels in bestemmingplannen geaccepteerd worden (mits voldaan wordt aan de streefwaarden voor bestaande situatie).
4. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ruimschoots aan de SBR-B A_3 streefwaarden. Reden daarvoor is dat voelbare trillingen alleen worden veroorzaakt door goederentreinen en niet door de veel vaker passerende reizigerstreinen.

Aanbevolen wordt om een gedetailleerdere prognose van de te verwachten trillingen op te stellen op basis van een Eindige Elementen Methode (EEM) rekenmodel van het gebouw (en de bodem tussen gebouw en spoor). Op basis daarvan kan een nauwkeuriger prognose worden opgesteld en kan de effectiviteit van maatregelen worden berekend.

In lijn met de SBR-B kan op basis van het verwachte trillingsreducerende effect, in combinatie met de praktische haalbaarheid, worden afgewogen welke maatregelen doelmatig en kosteneffectief zijn en welke niet. Daarmee wordt voorkomen dat niet-doelmatige en onnodig dure maatregelen worden getroffen.

Bovenstaande procedure is ook in lijn met gebruikelijke regels ter voorkoming van trillingshinder nabij het spoor. In het bestemmingsplan voor Stationsplein 21-25 in Etten Leur is in regel 4.2.5 een voorwaardelijke verplicht opgenomen om aan te tonen dat wordt voldaan aan de SBR-B streefwaarden voor nieuwe situatie en dat daarvan afgeweken mag worden mits met een dynamische berekening aangetoond is dat voldaan wordt aan de SBR-B streefwaarden voor bestaande situaties én alle doelmatige en kosteneffectieve maatregelen om de trillingen te reduceren zijn getroffen.

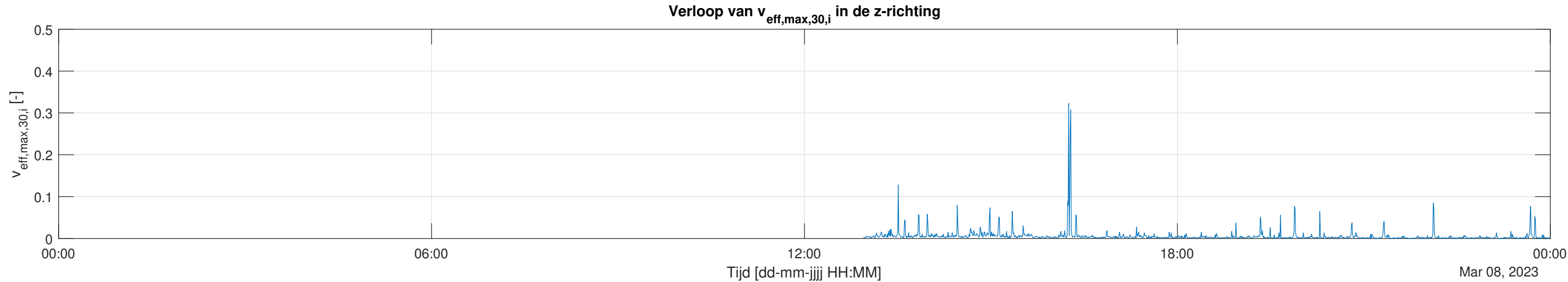
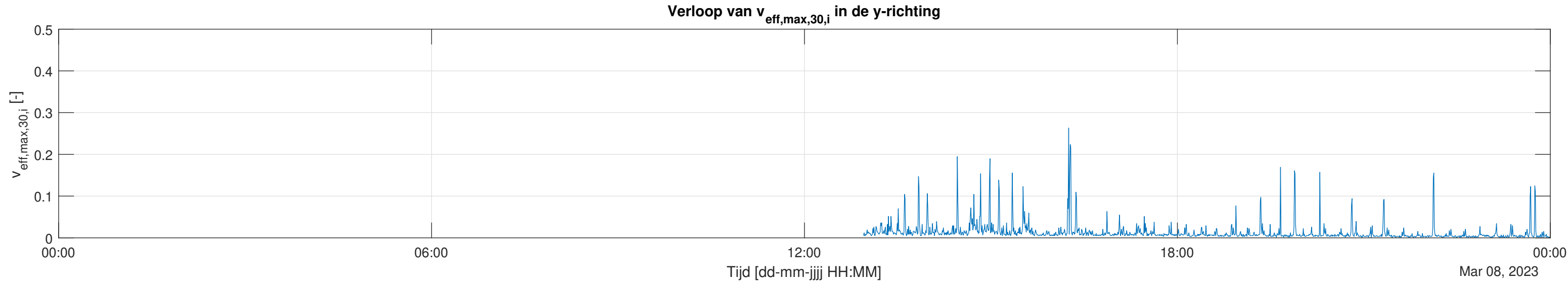
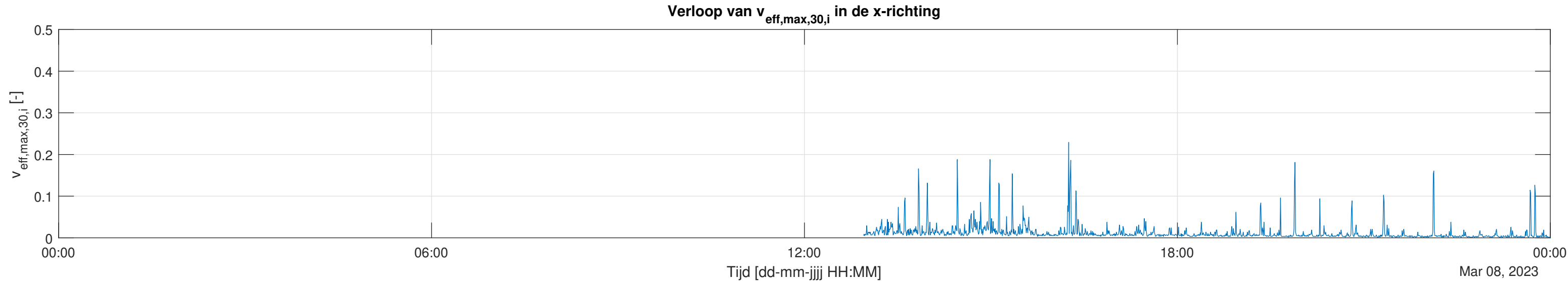
Cauberg Huygen B.V.



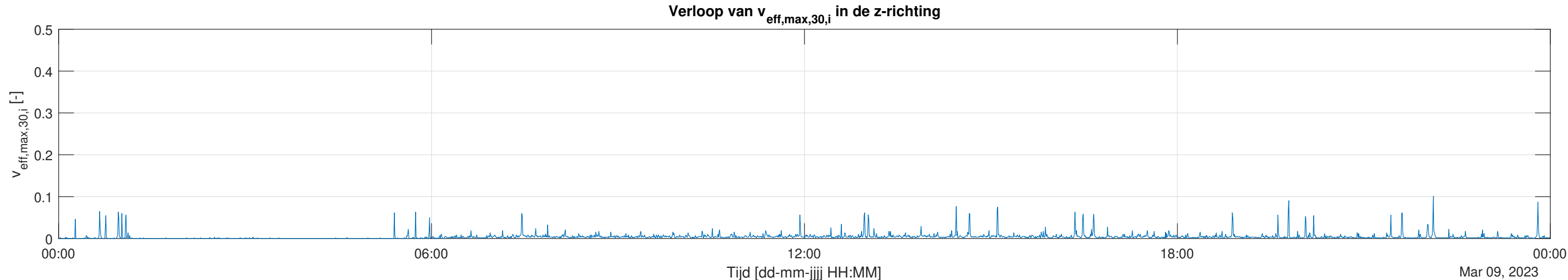
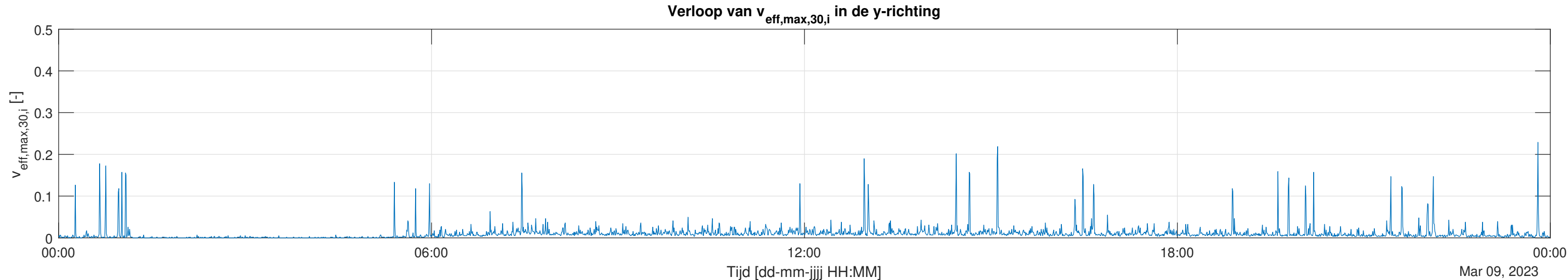
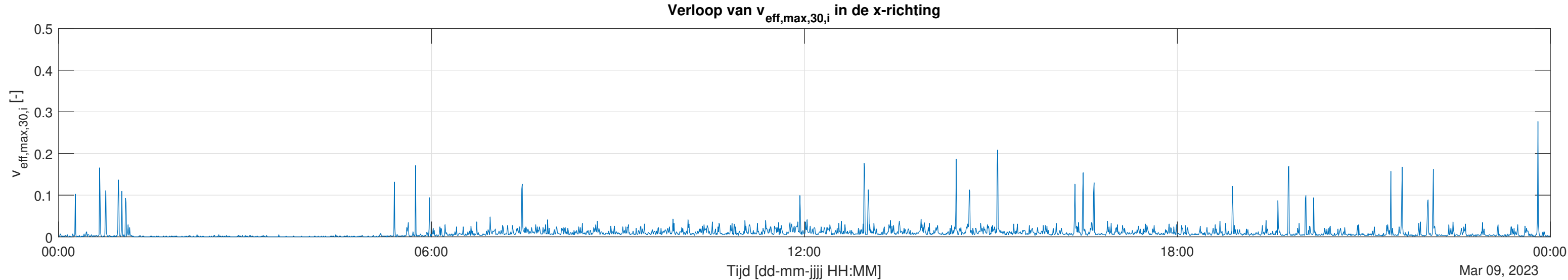
De heer ir. G.H.J. Busscher
Senior adviseur

Bijlage I Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ tijdens de onbemande meting

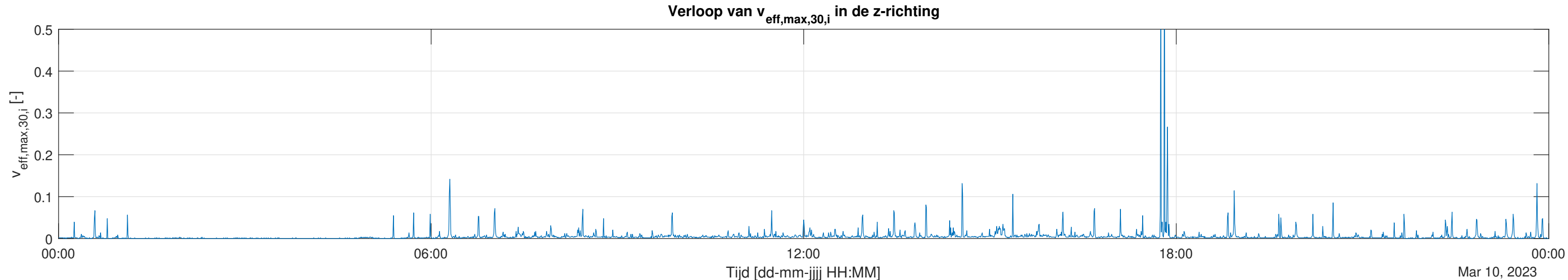
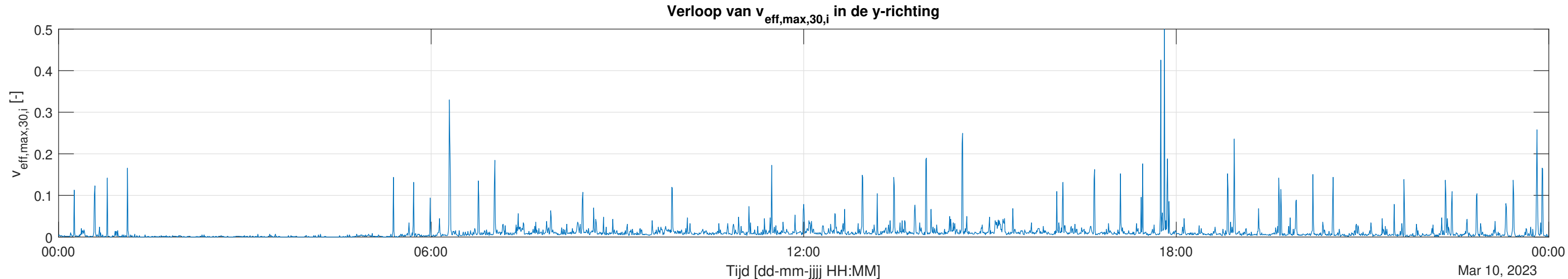
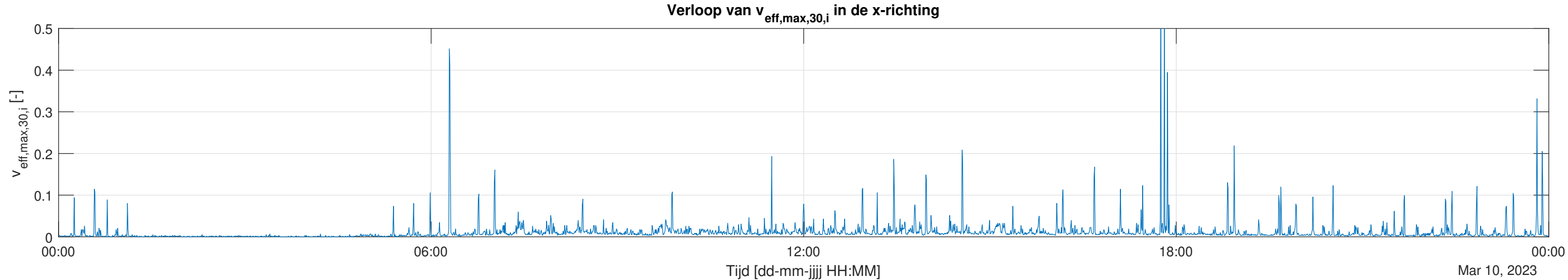
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 08-Mar-2023



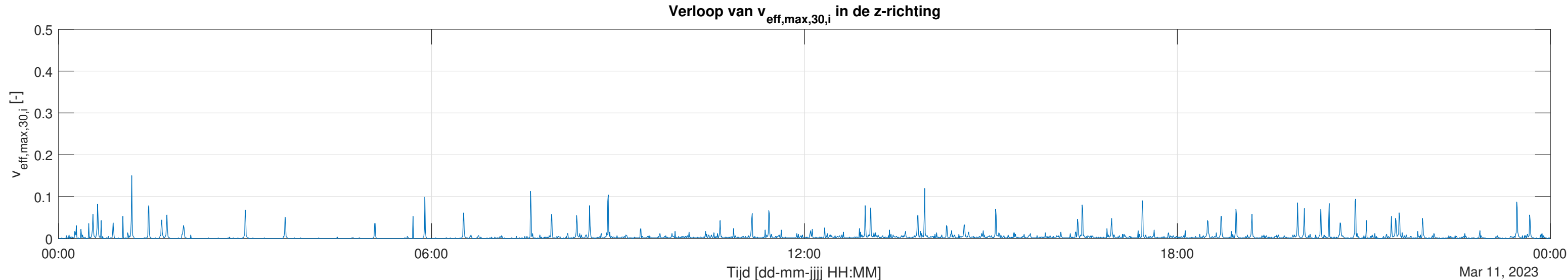
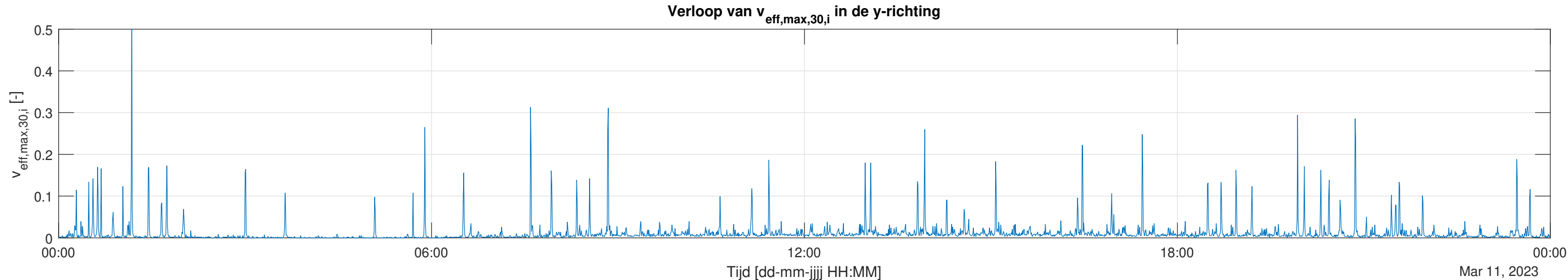
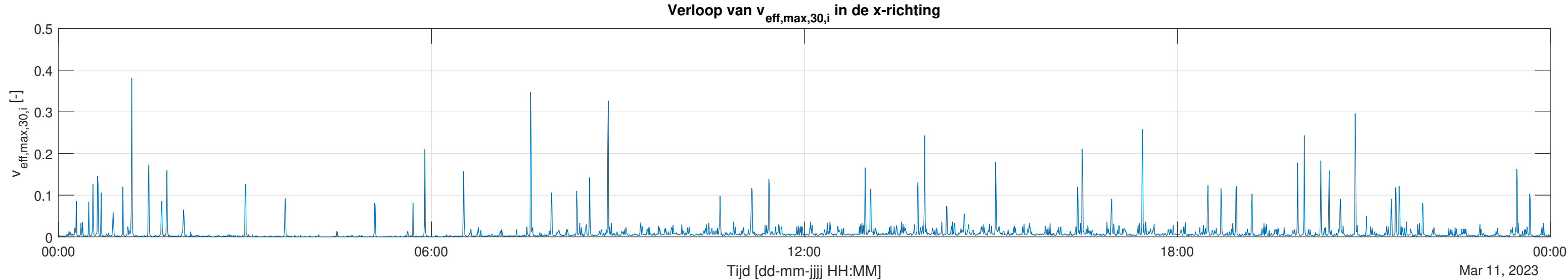
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 09-Mar-2023



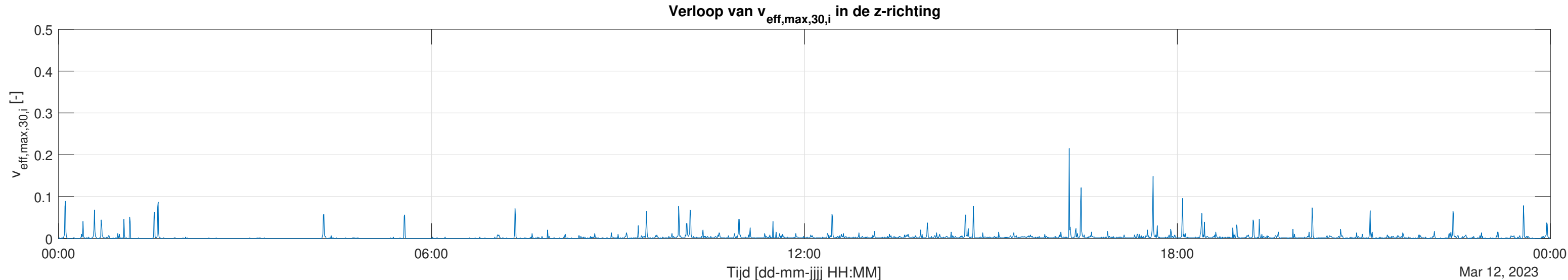
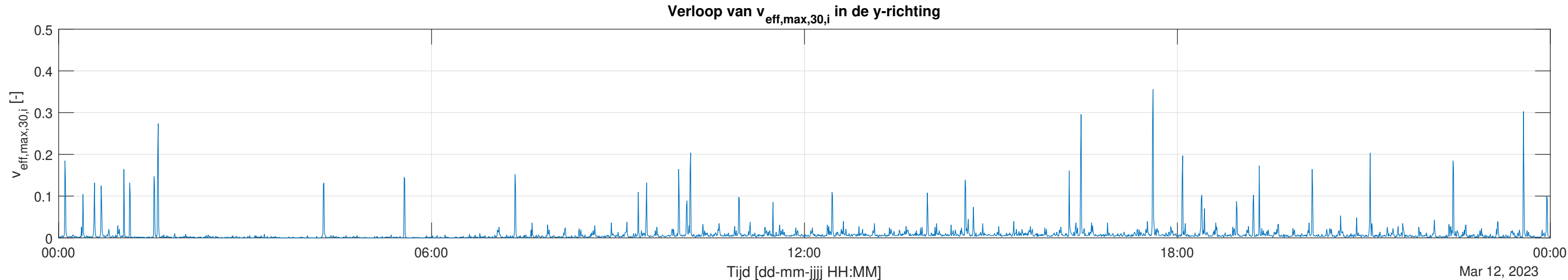
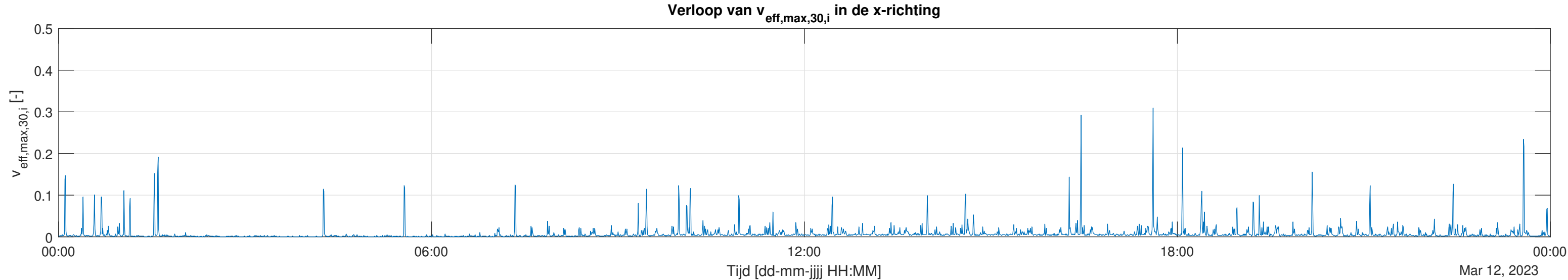
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 10-Mar-2023



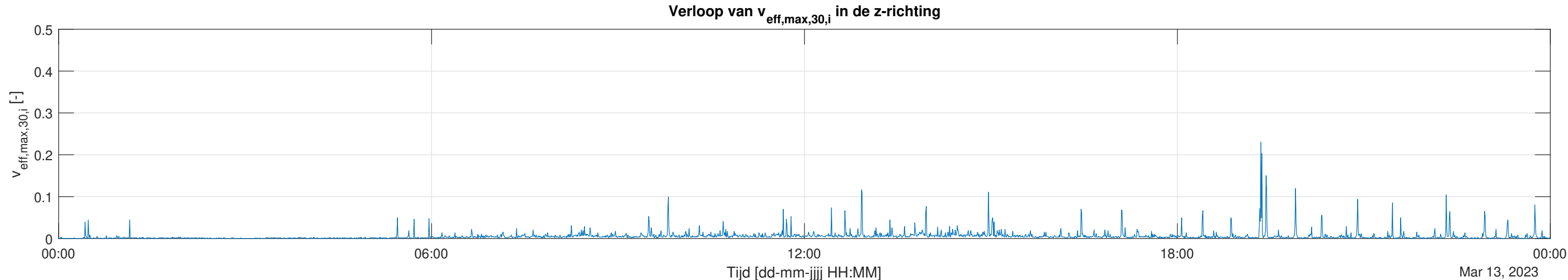
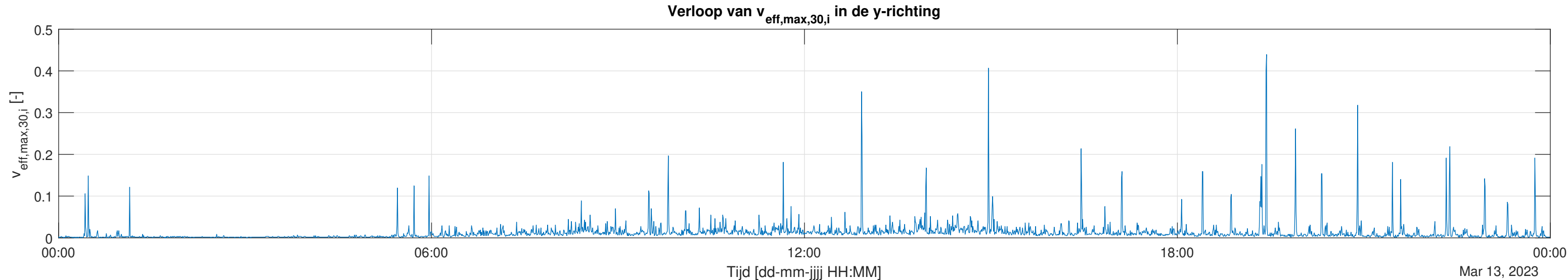
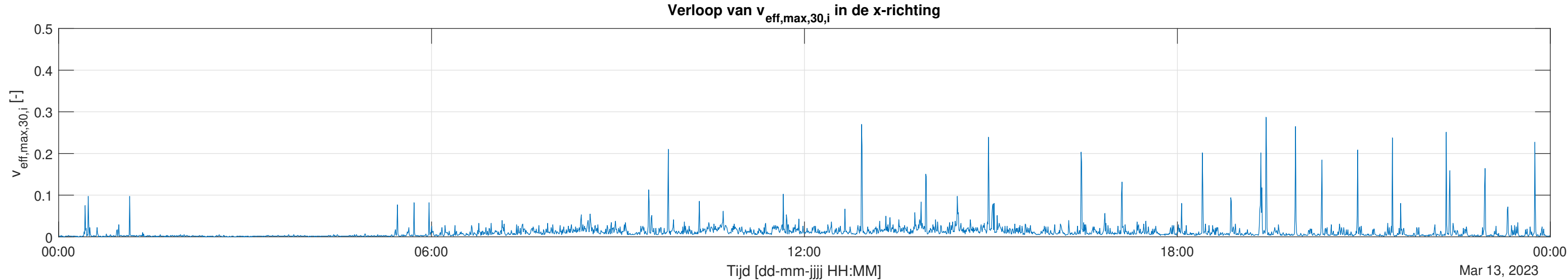
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 11-Mar-2023



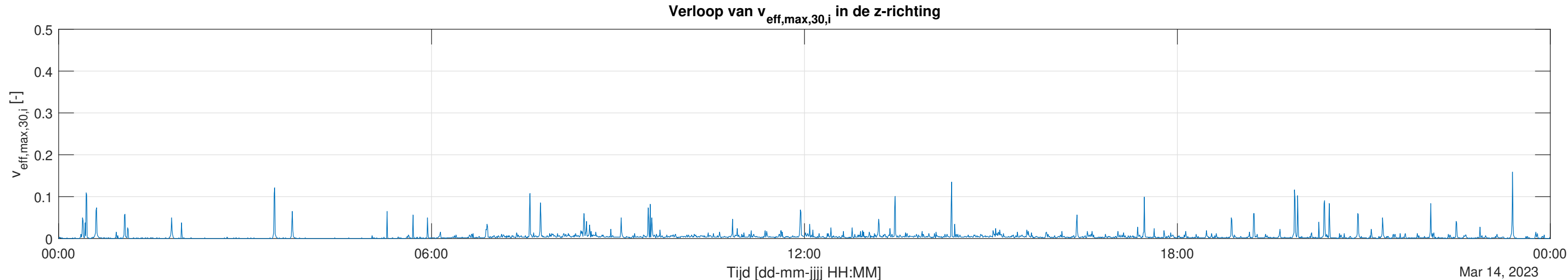
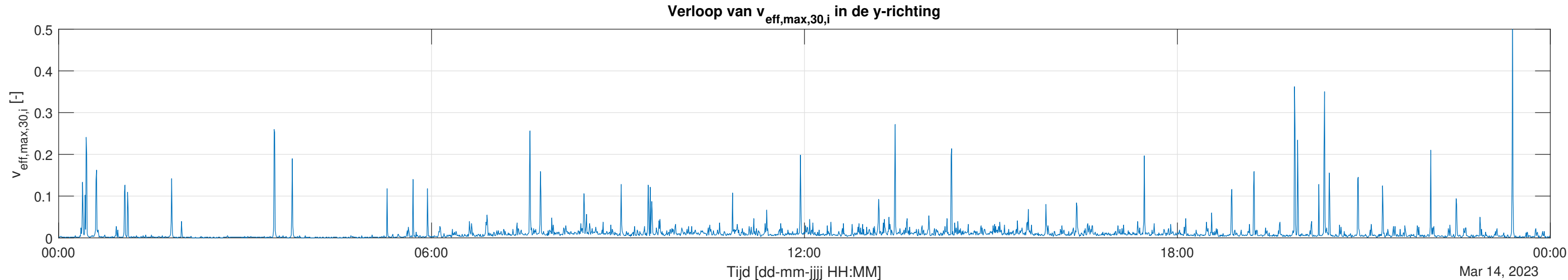
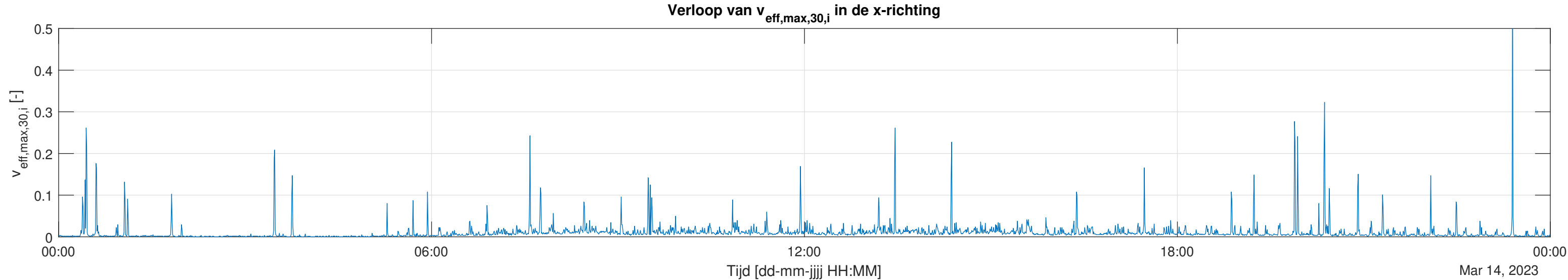
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 12-Mar-2023



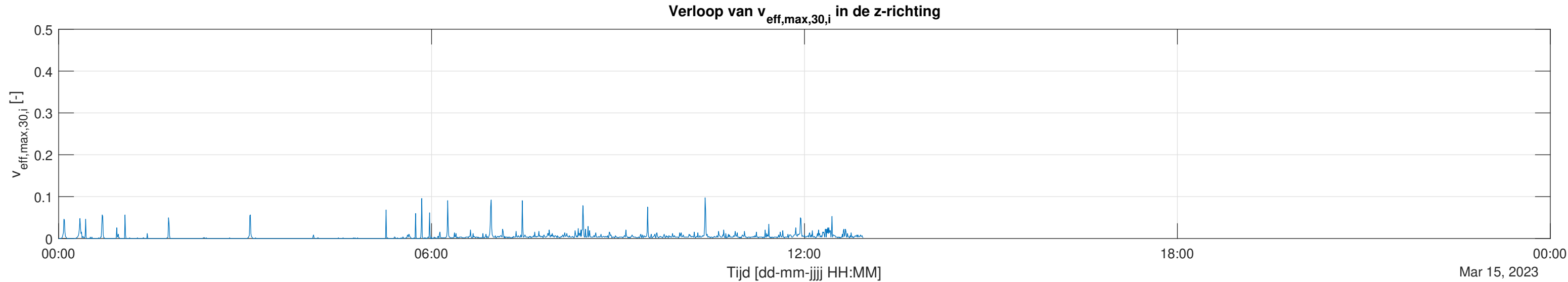
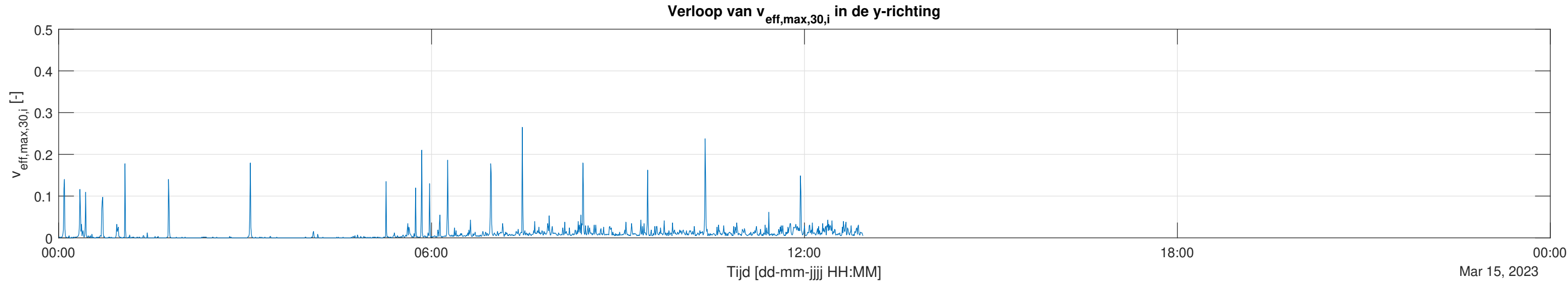
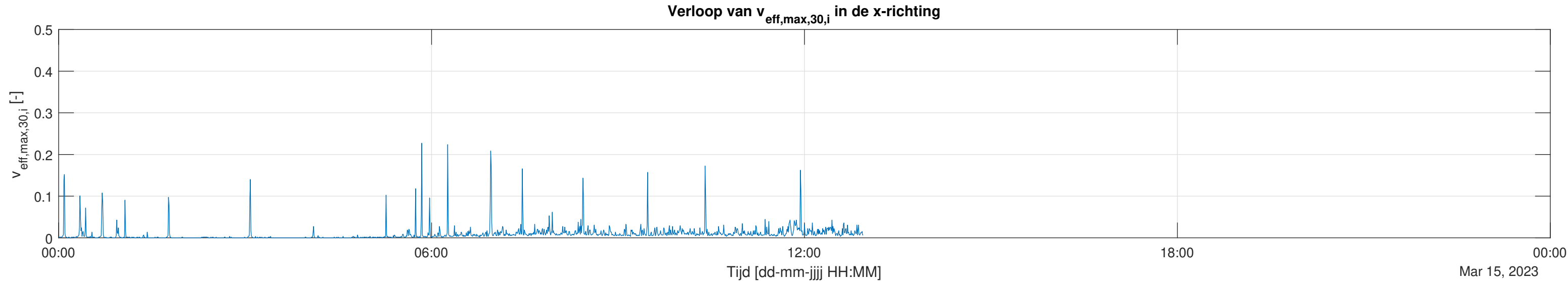
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 13-Mar-2023



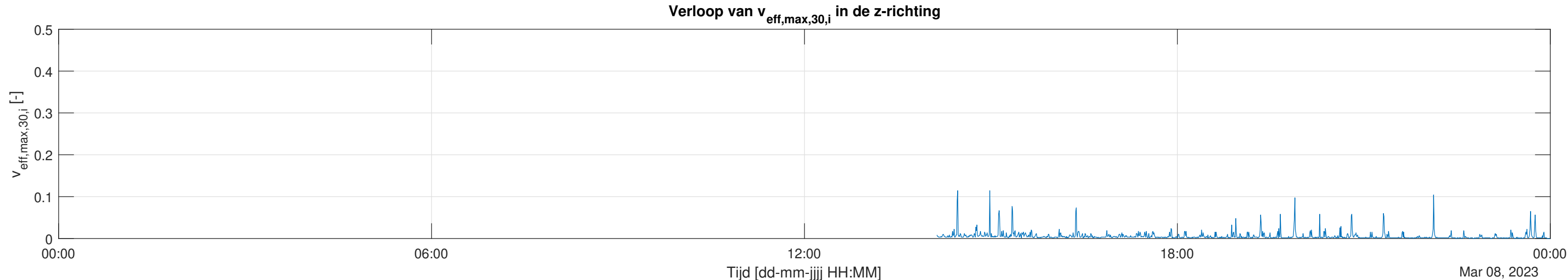
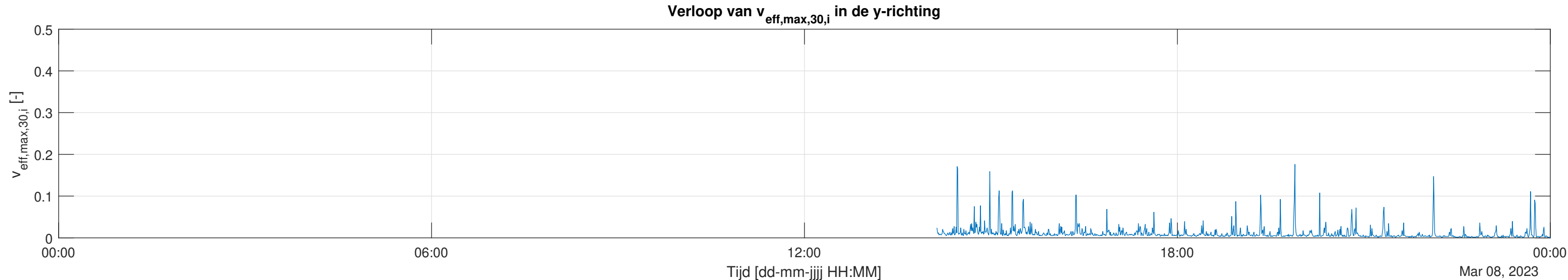
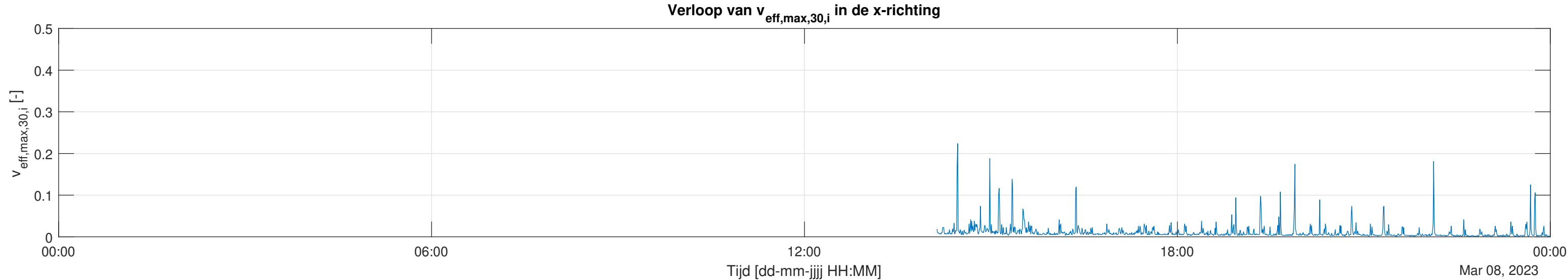
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 14-Mar-2023



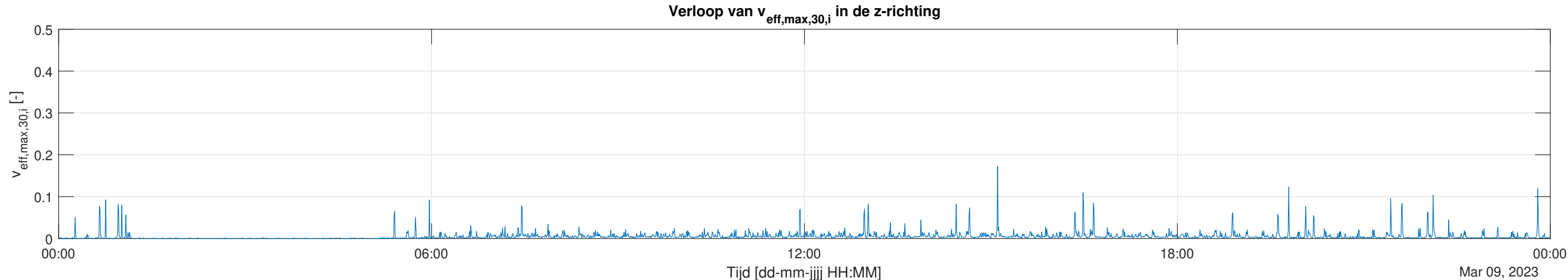
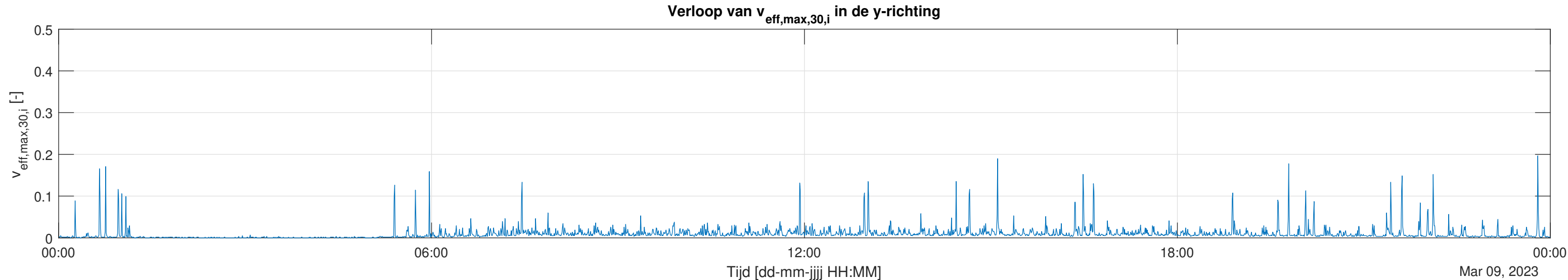
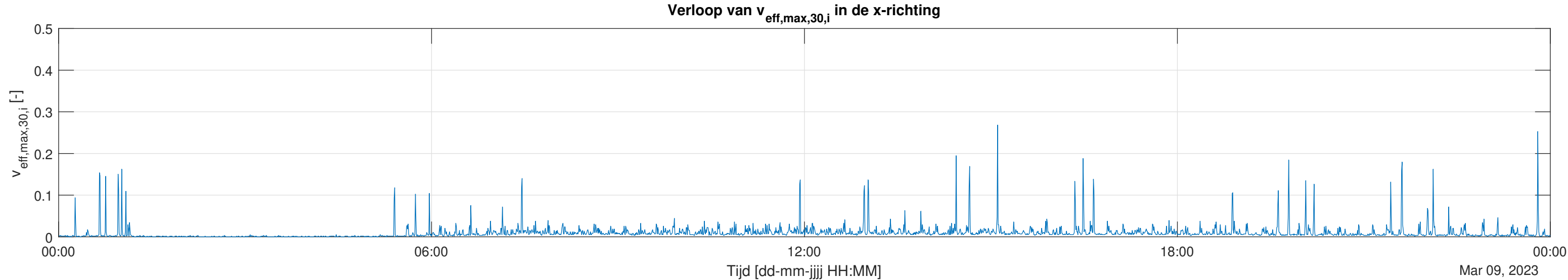
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT32 ettenleur mp1 op 15-Mar-2023



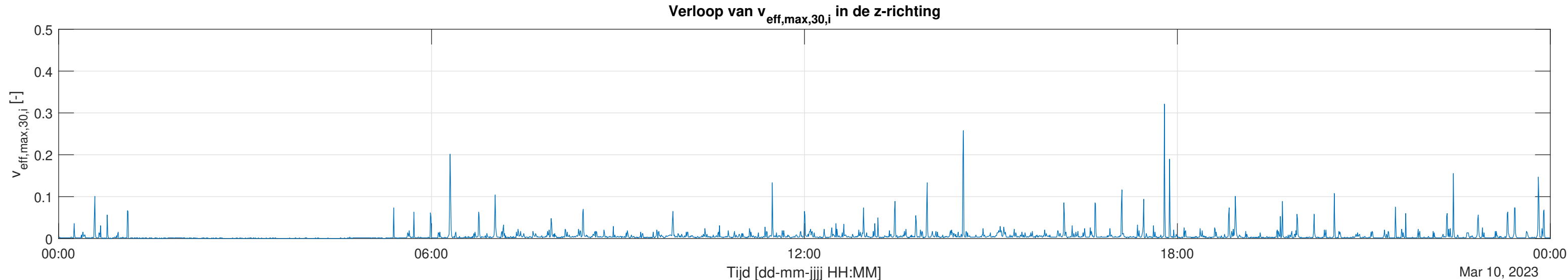
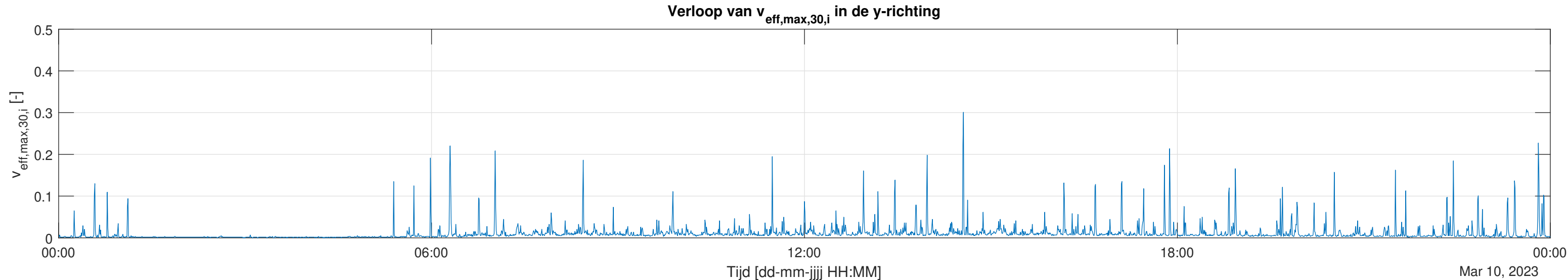
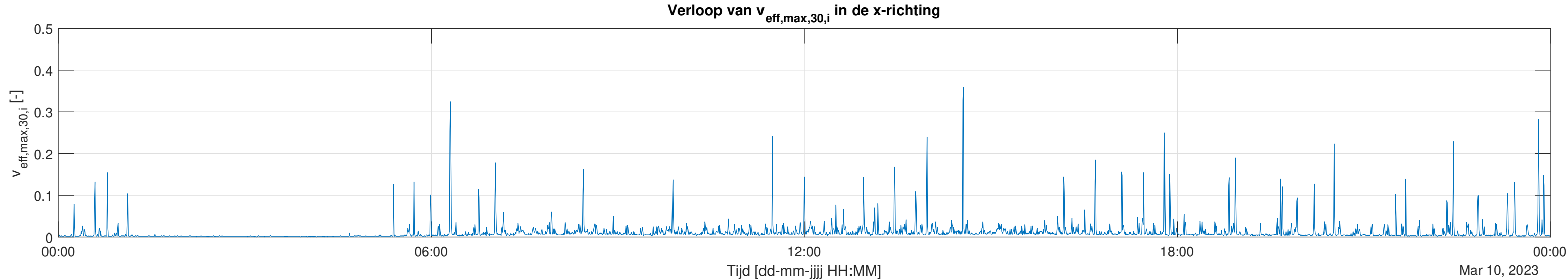
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 08-Mar-2023



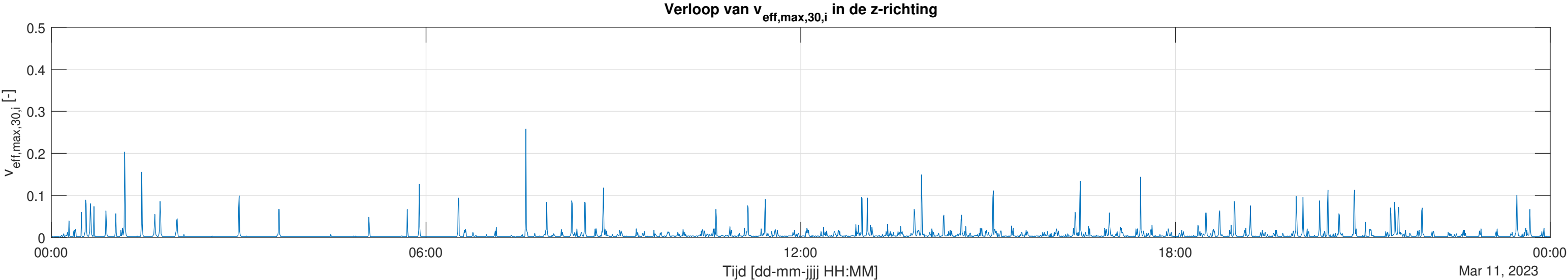
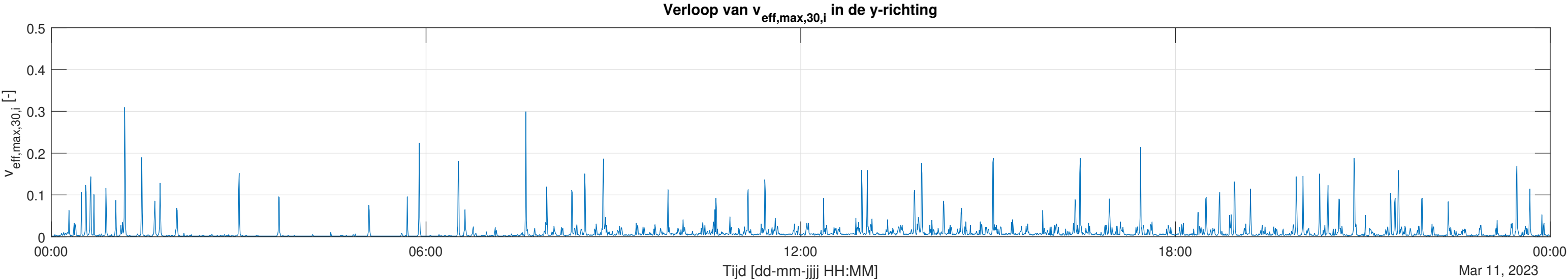
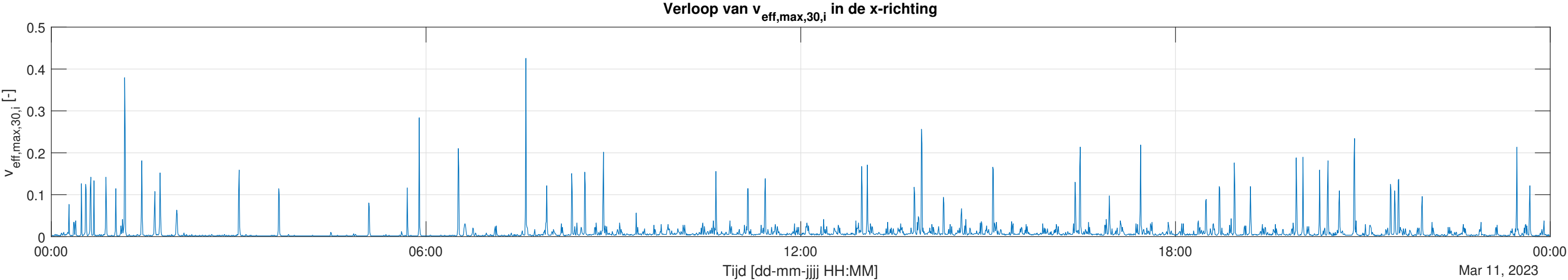
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 09-Mar-2023



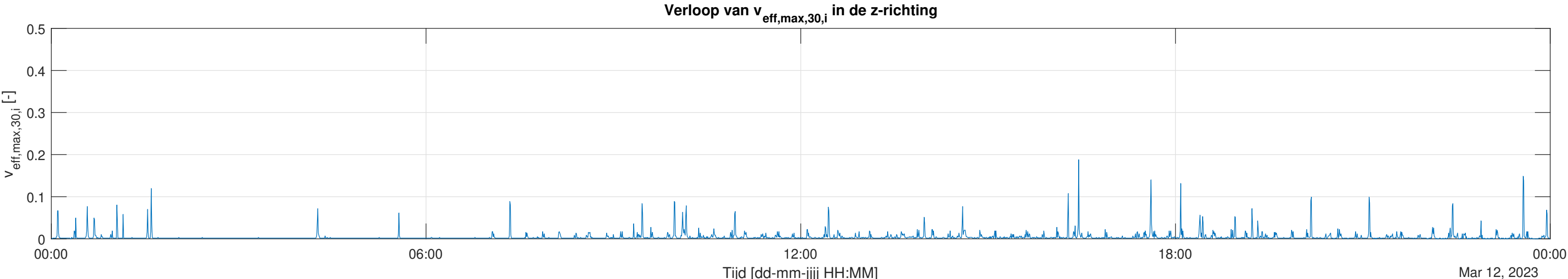
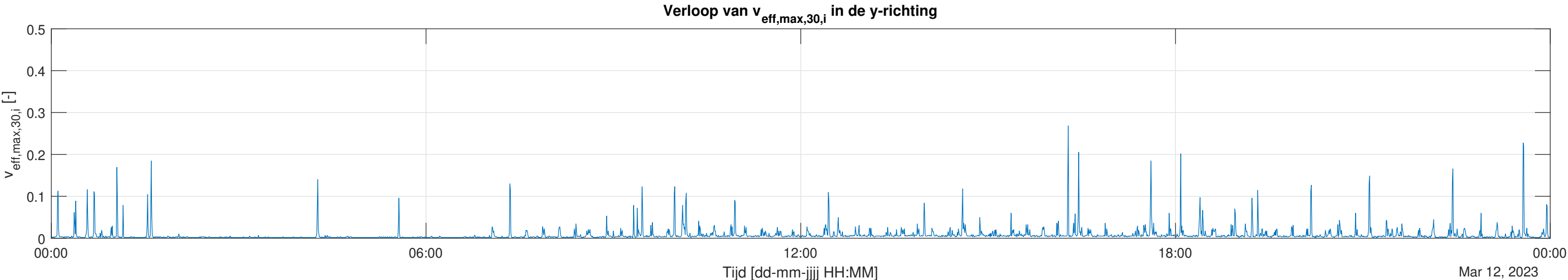
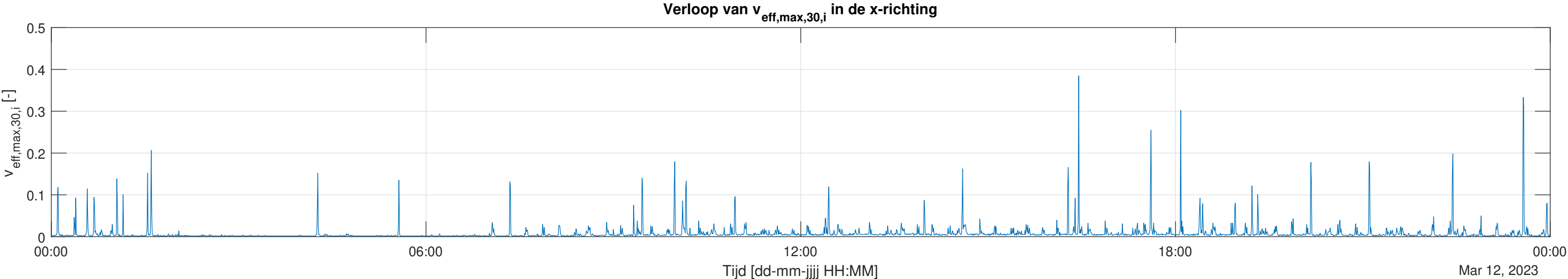
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 10-Mar-2023



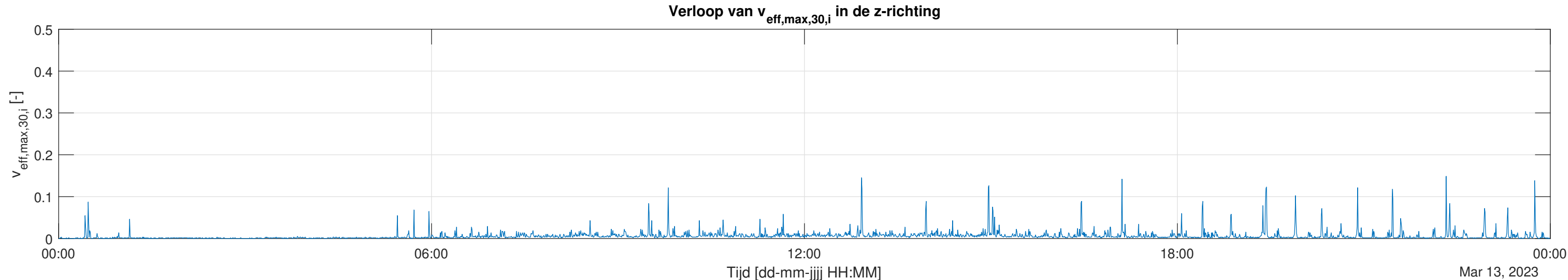
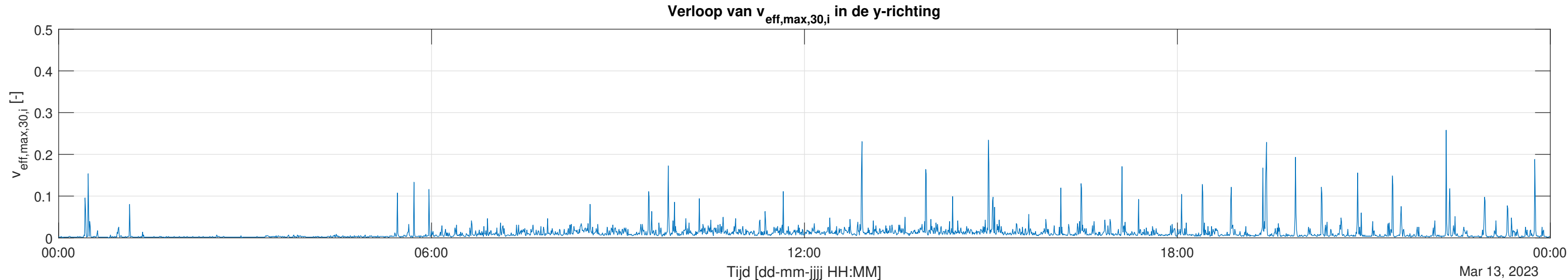
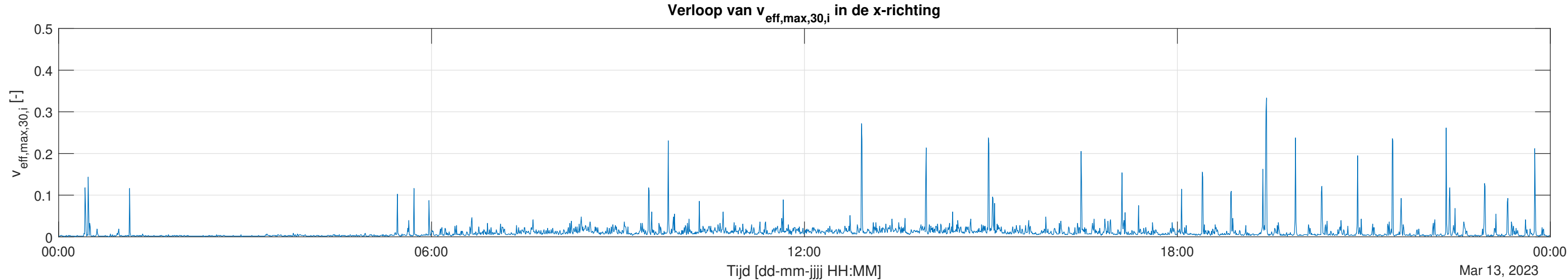
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 11-Mar-2023



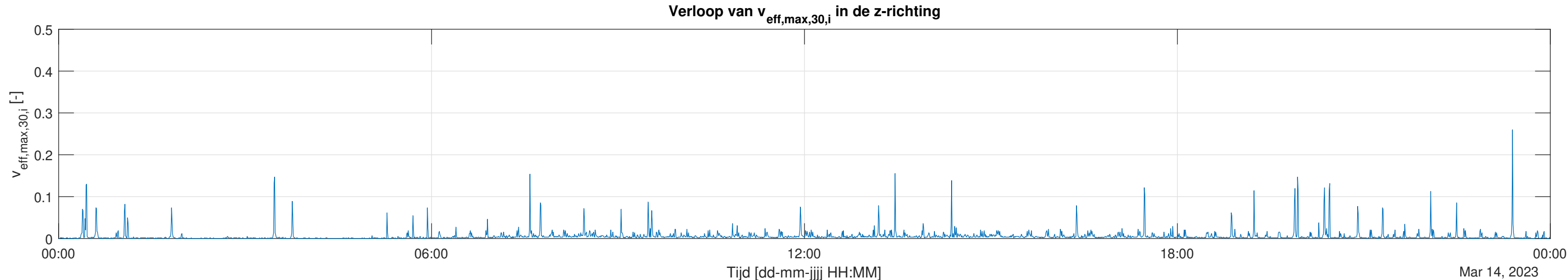
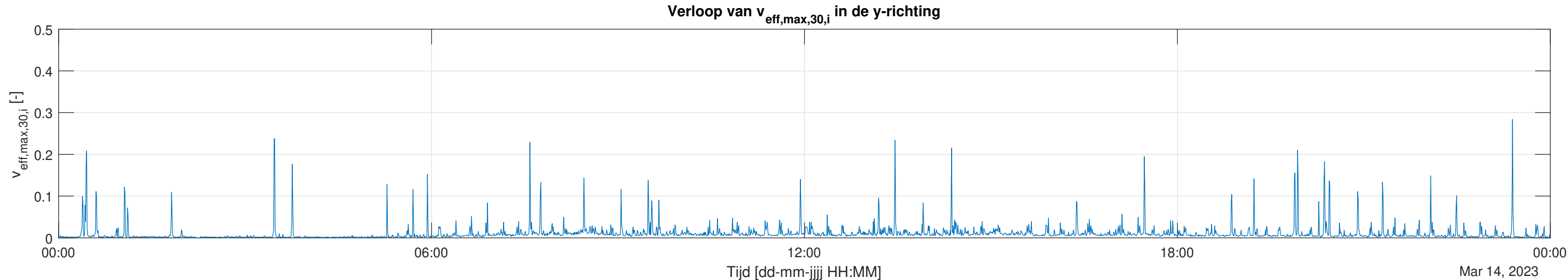
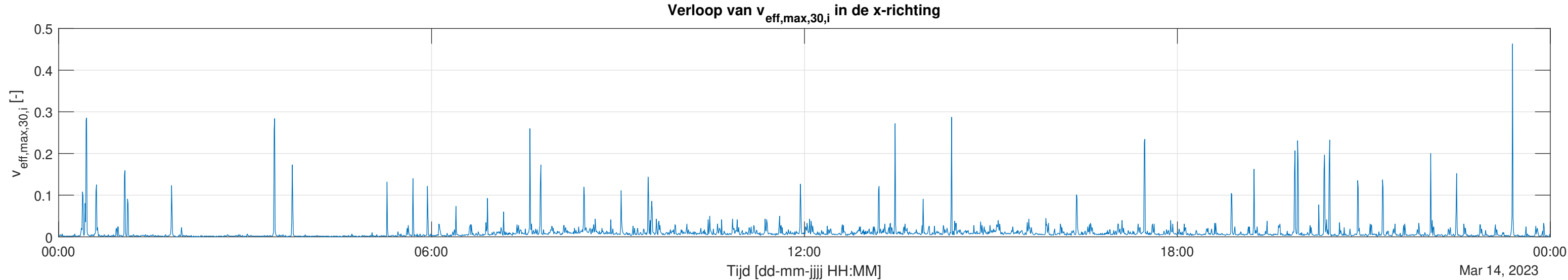
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 12-Mar-2023



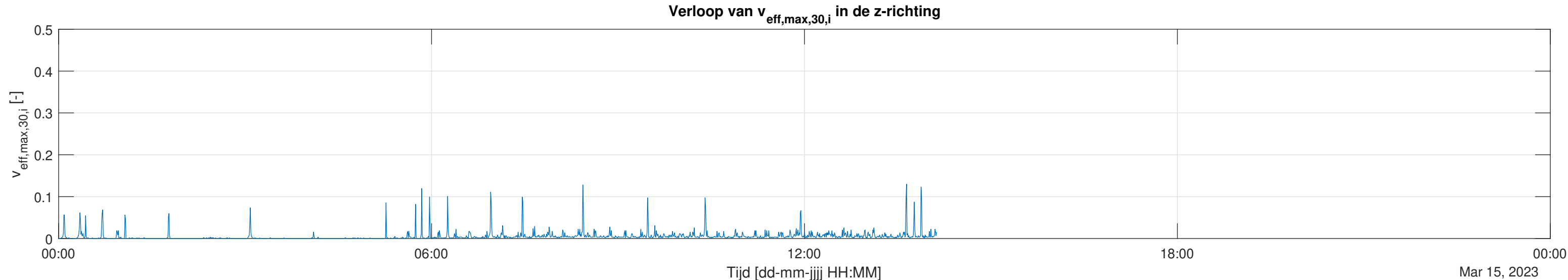
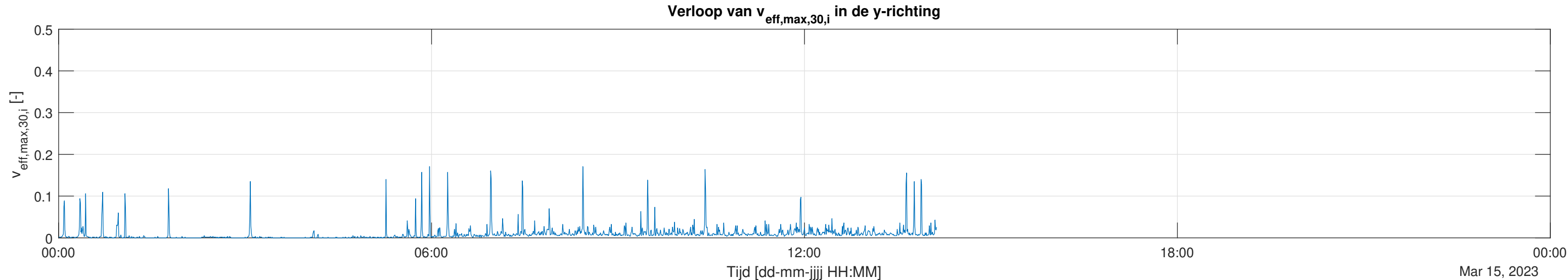
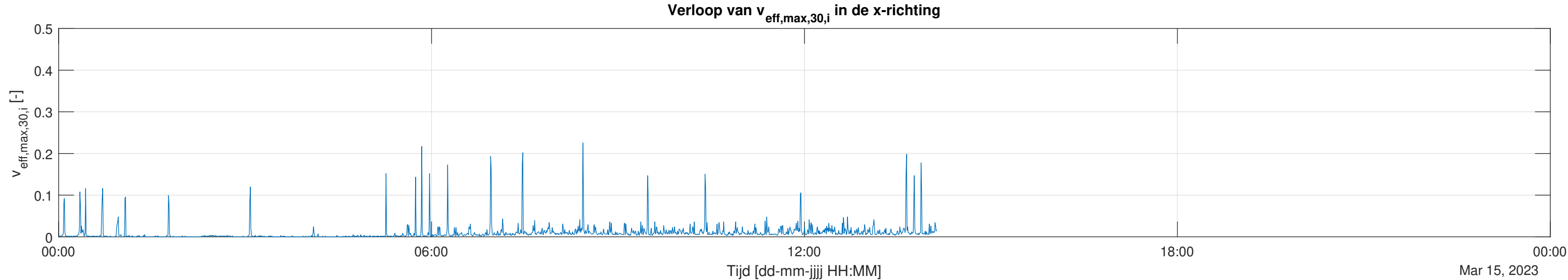
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 13-Mar-2023



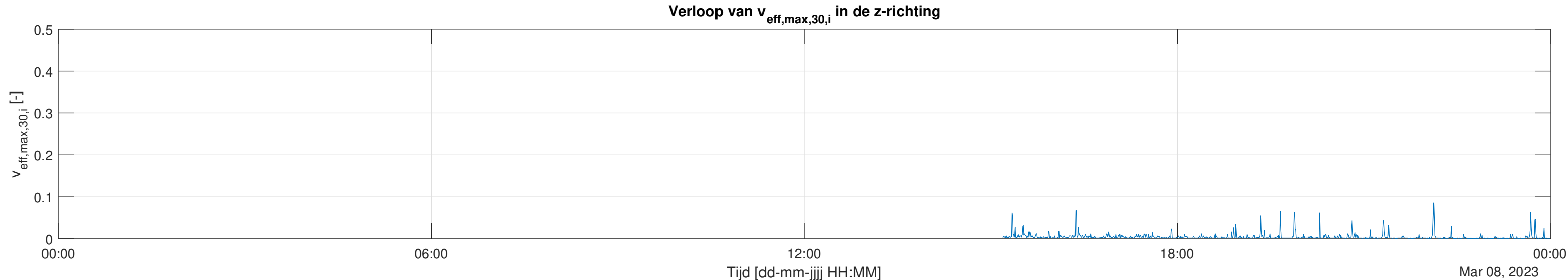
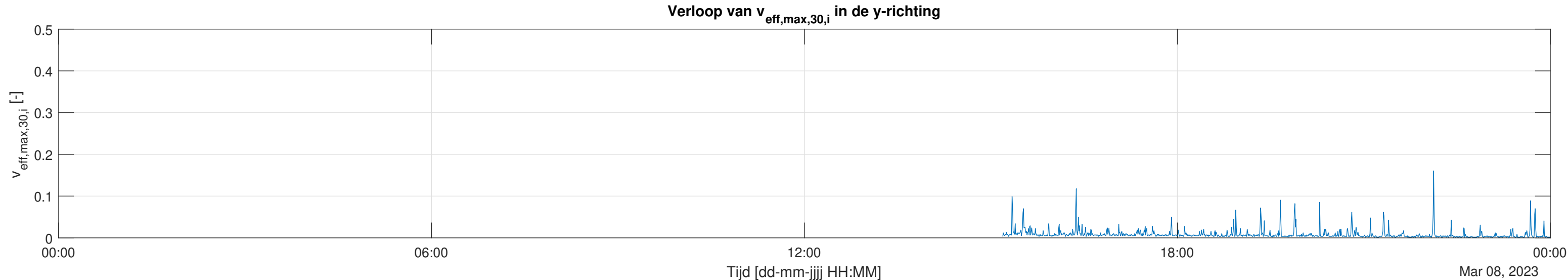
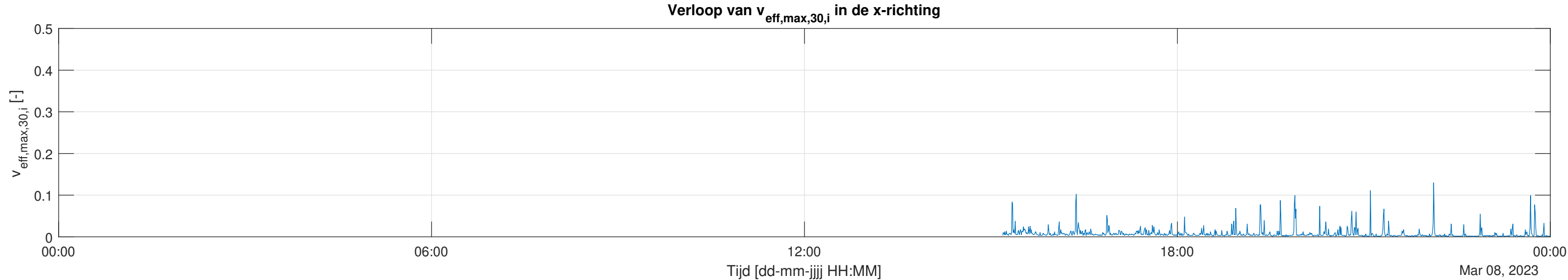
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 14-Mar-2023



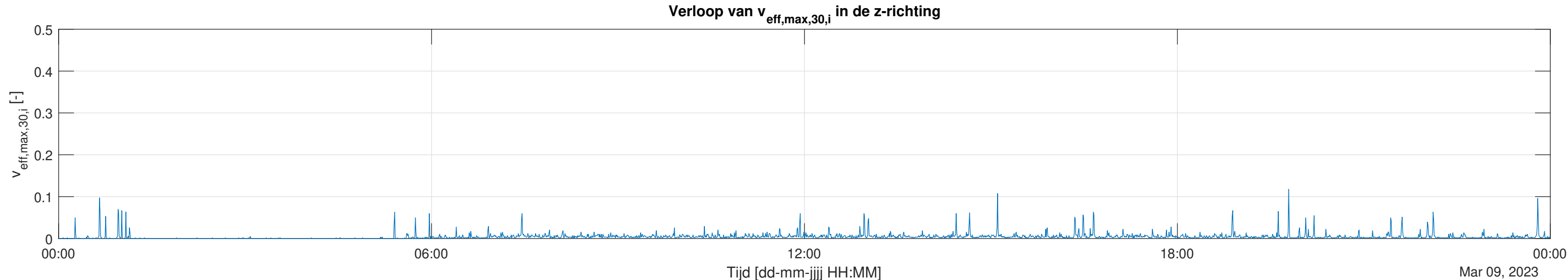
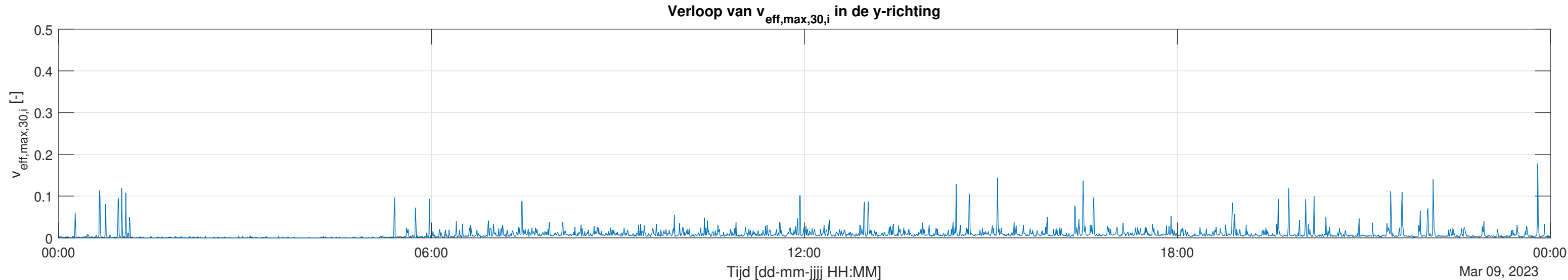
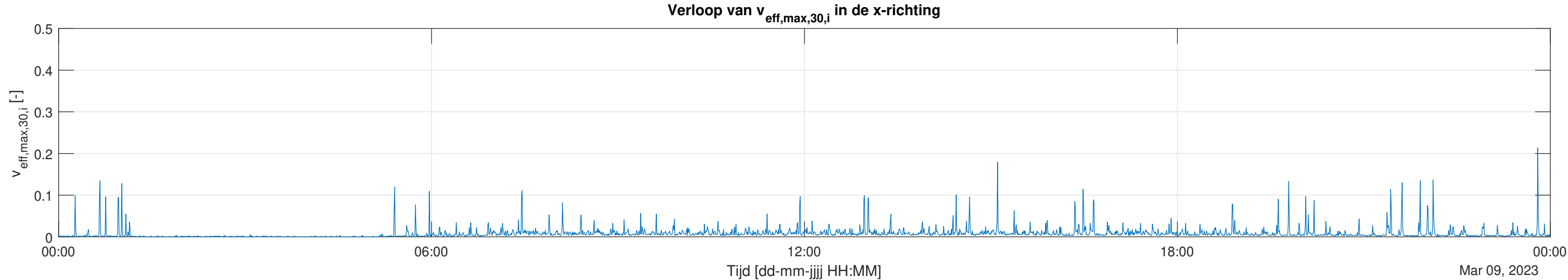
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT34 ettenleur mp2 op 15-Mar-2023



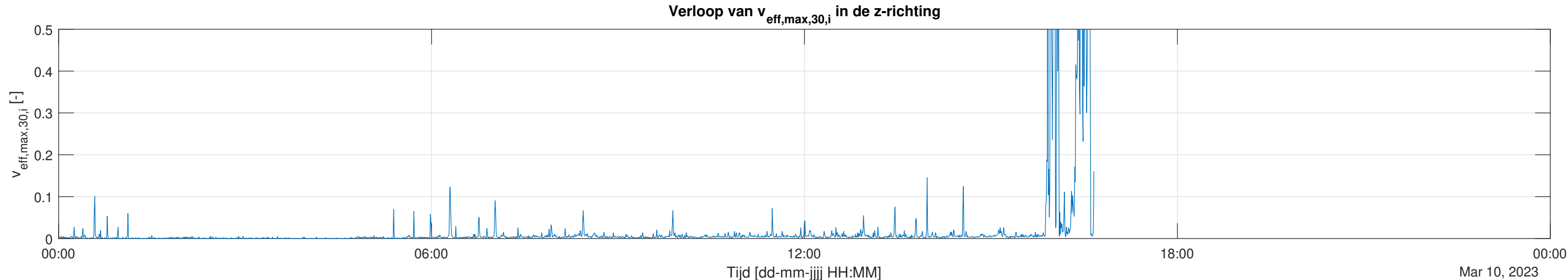
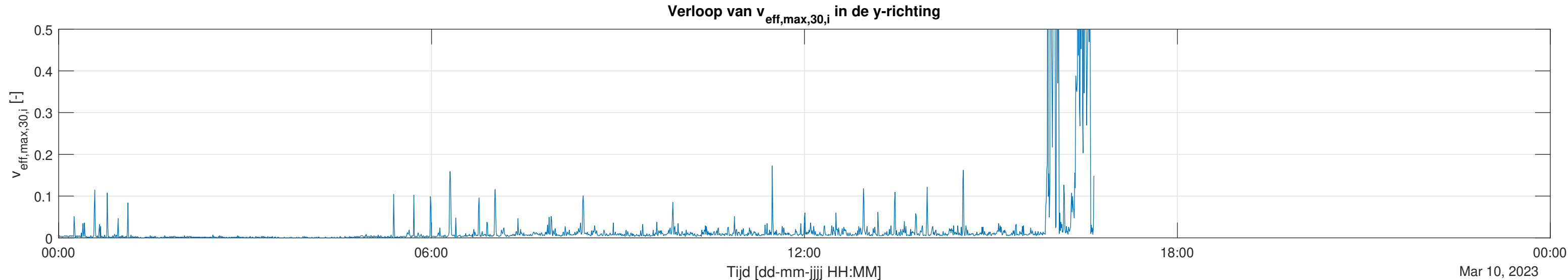
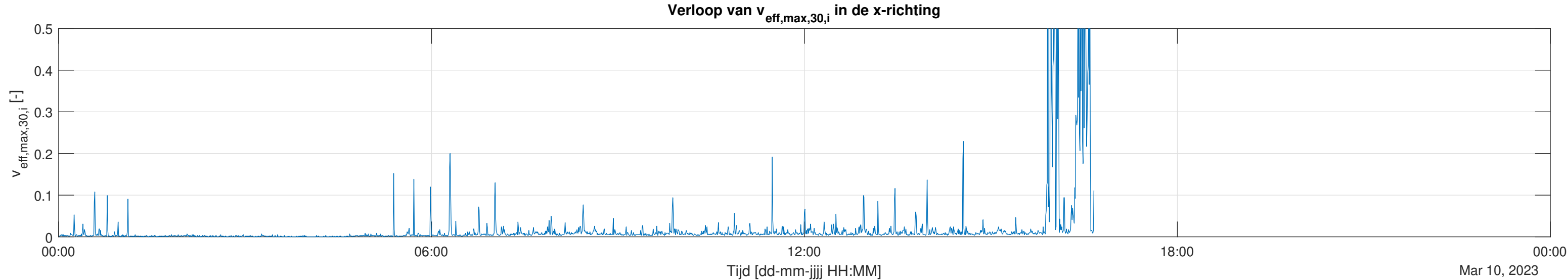
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT36 ettenleur mp3 op 08-Mar-2023



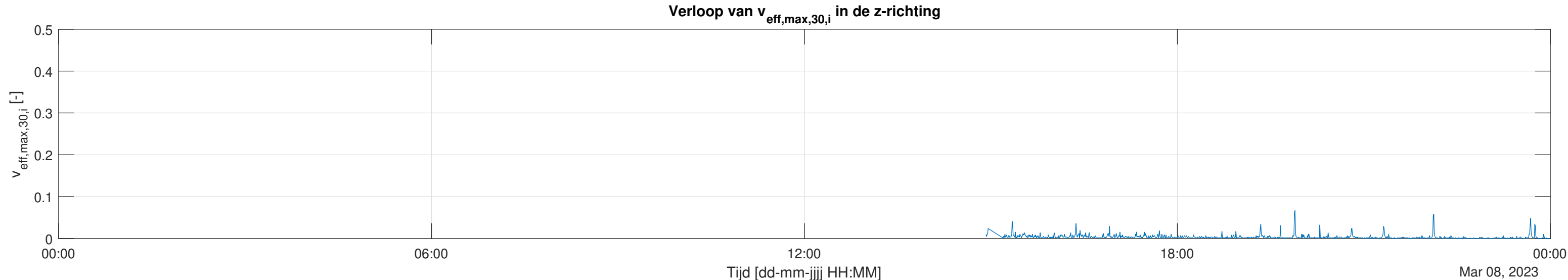
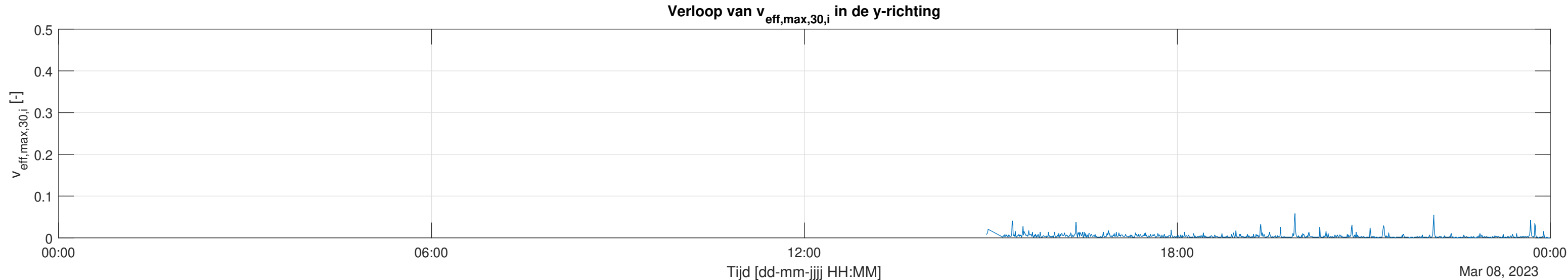
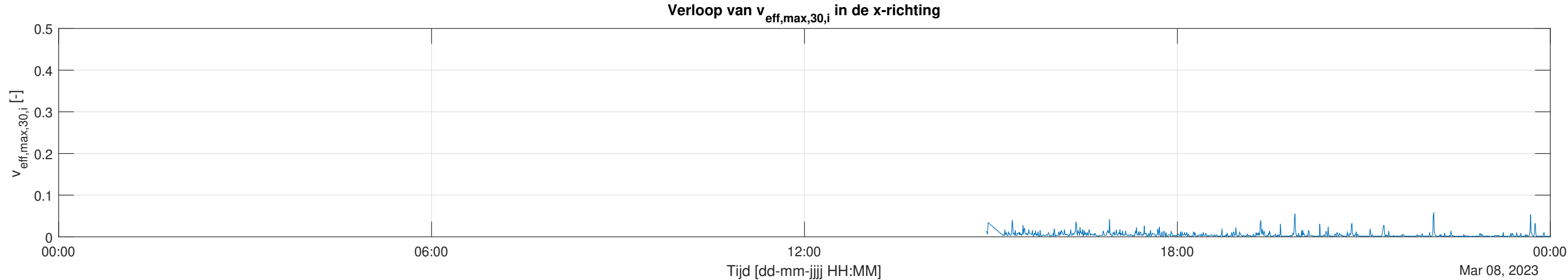
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT36 ettenleur mp3 op 09-Mar-2023



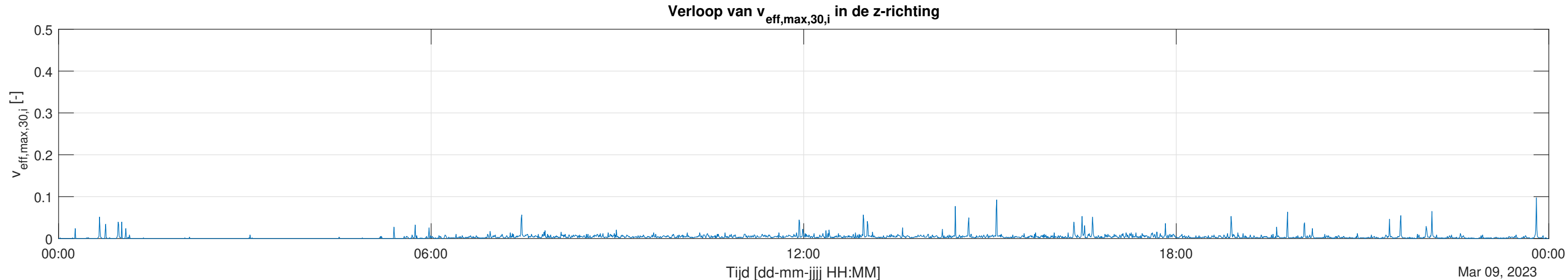
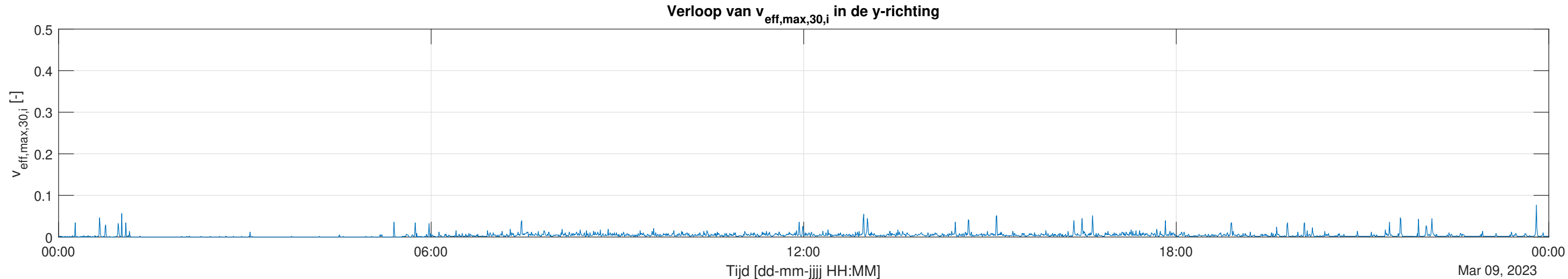
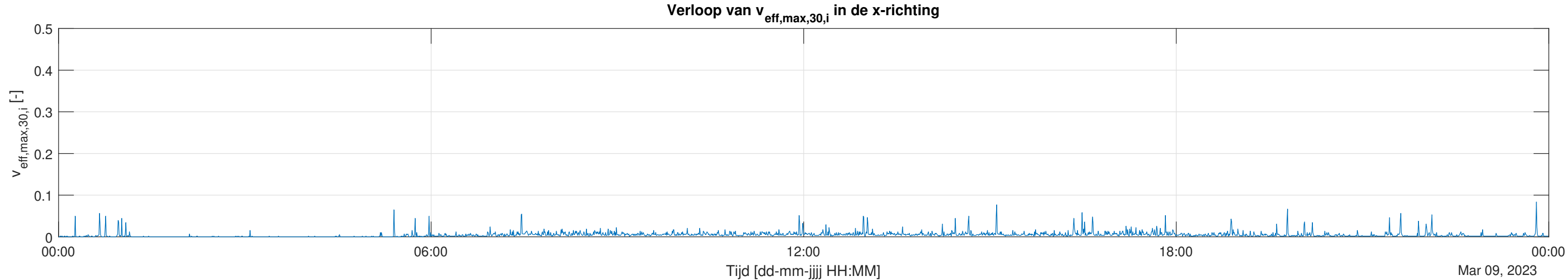
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background MT36 ettenleur mp3 op 10-Mar-2023



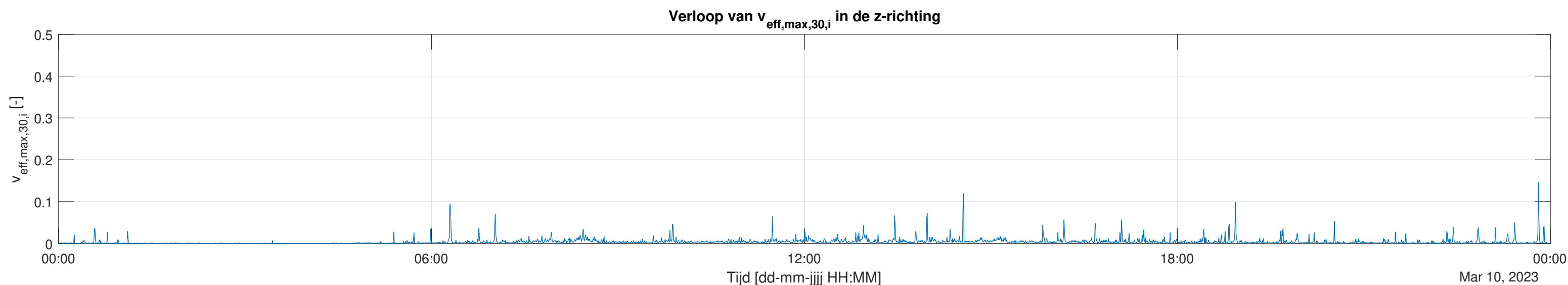
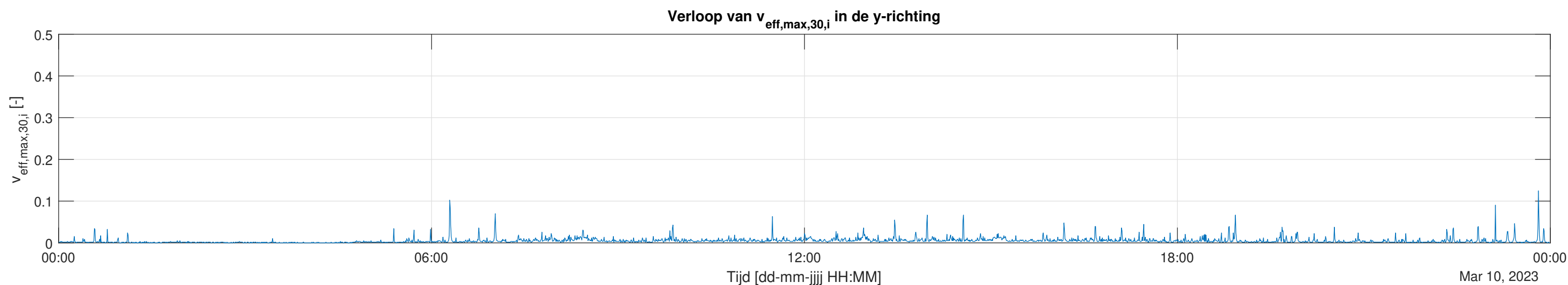
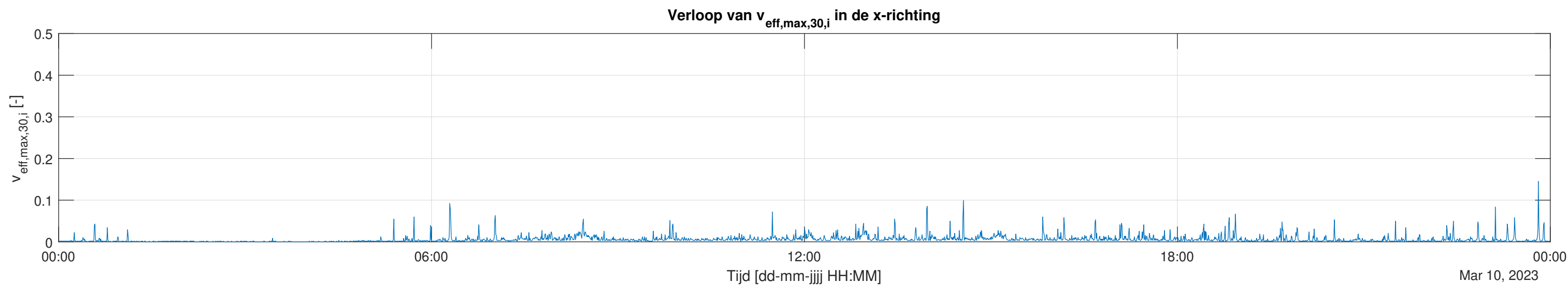
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 08-Mar-2023



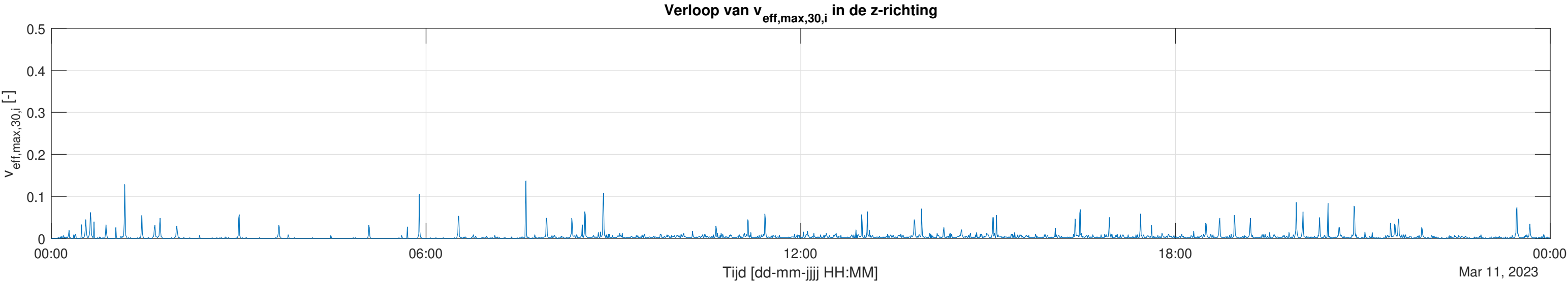
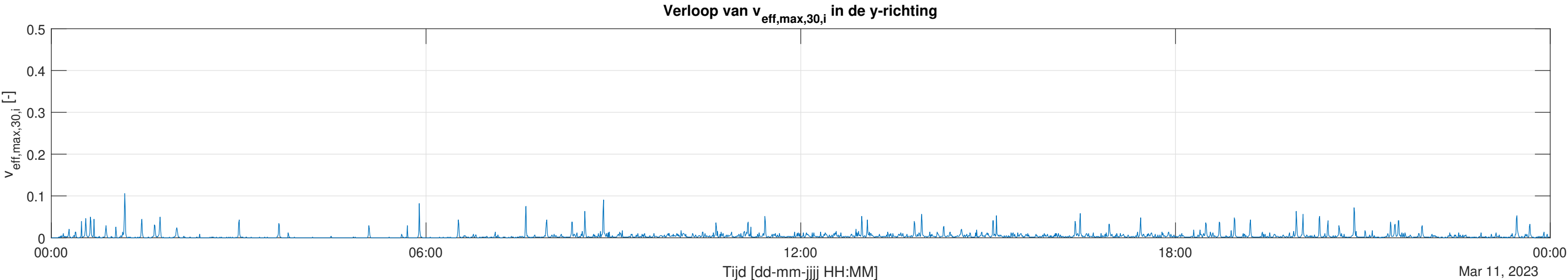
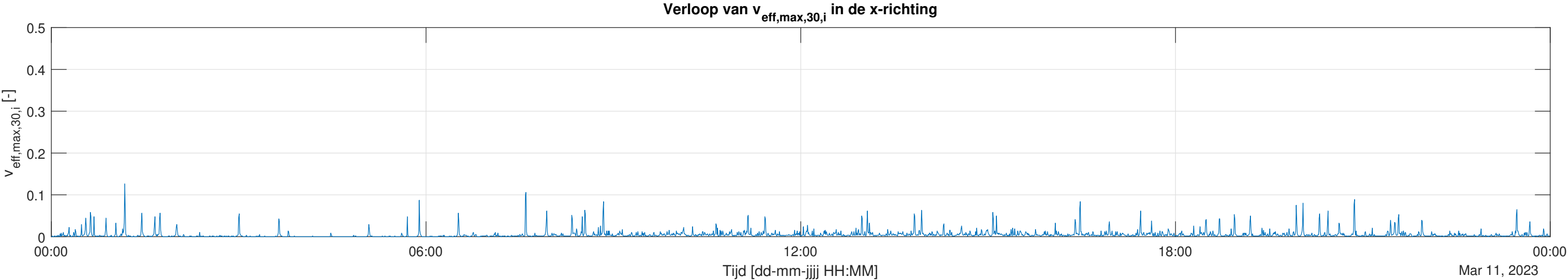
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 09-Mar-2023



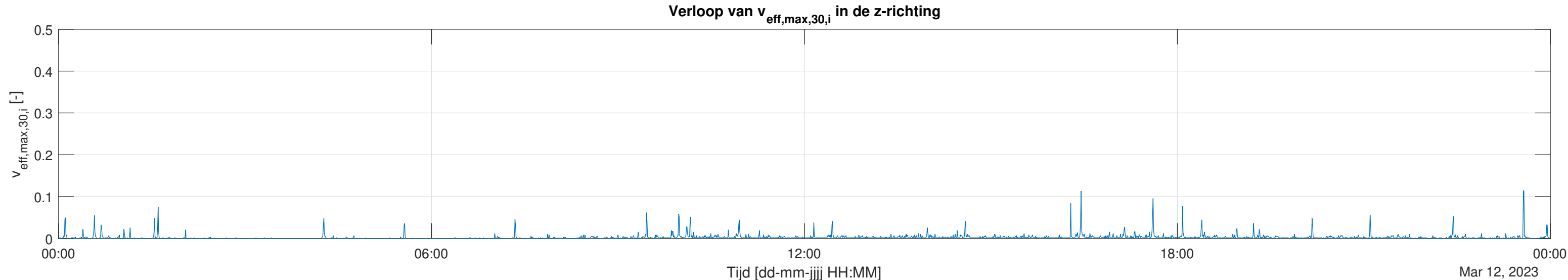
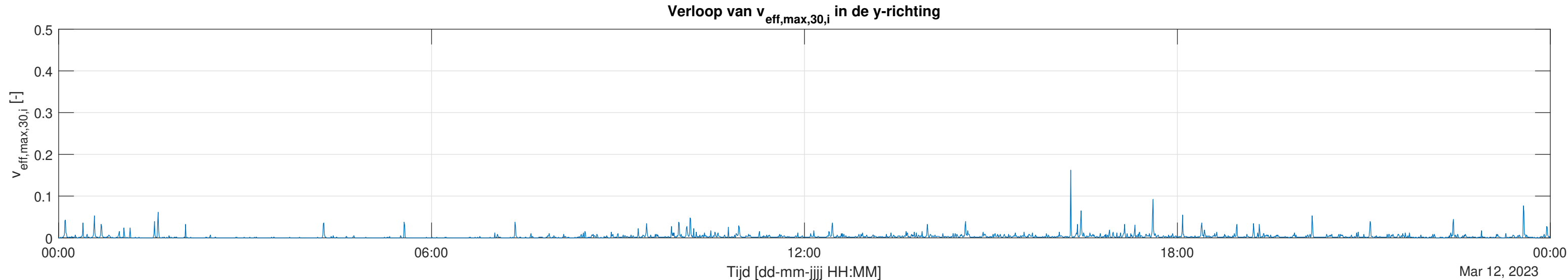
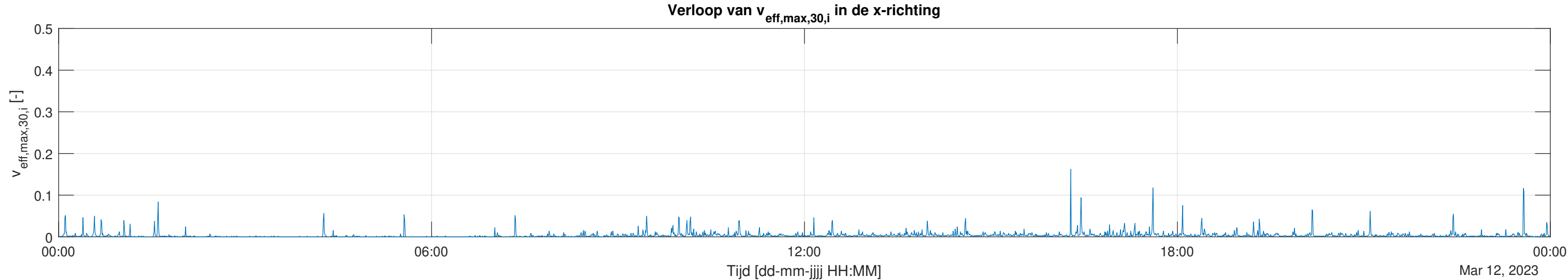
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 10-Mar-2023



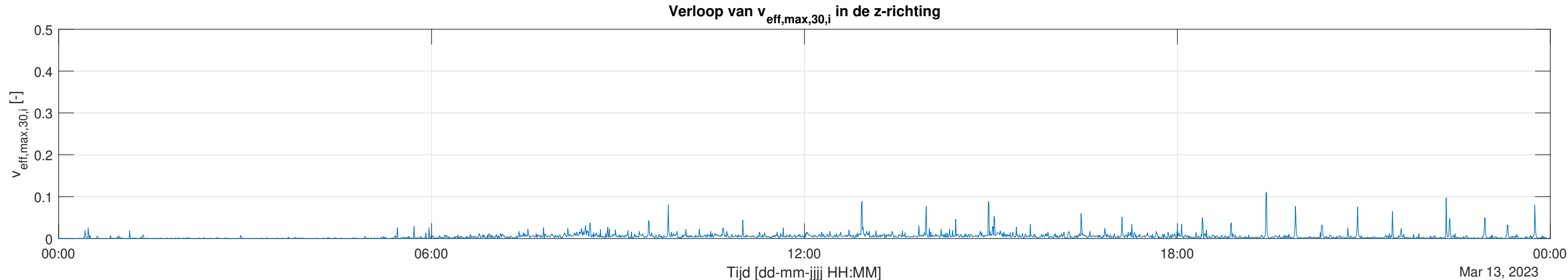
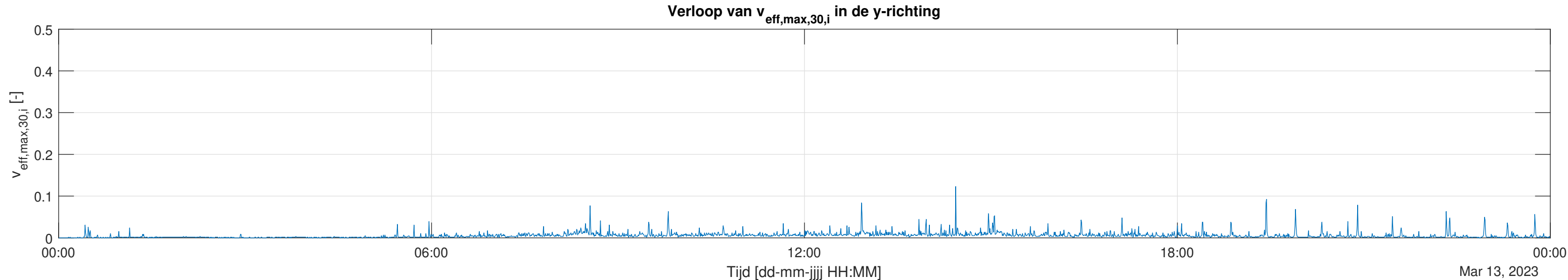
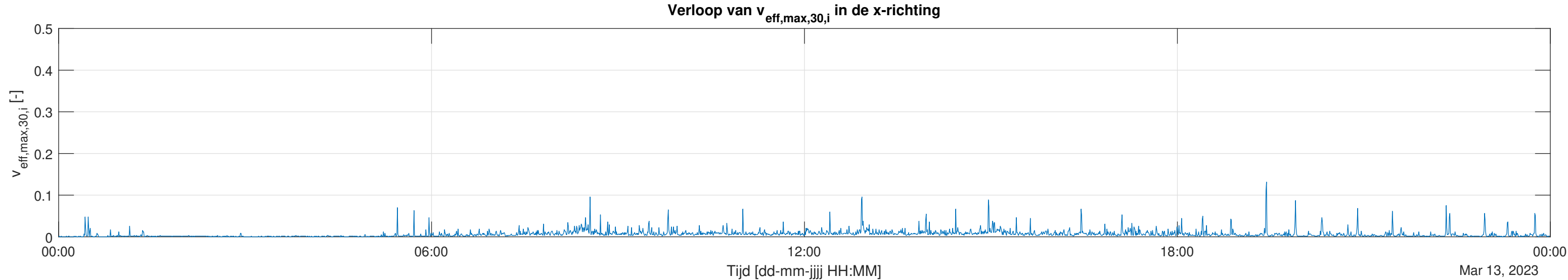
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 11-Mar-2023



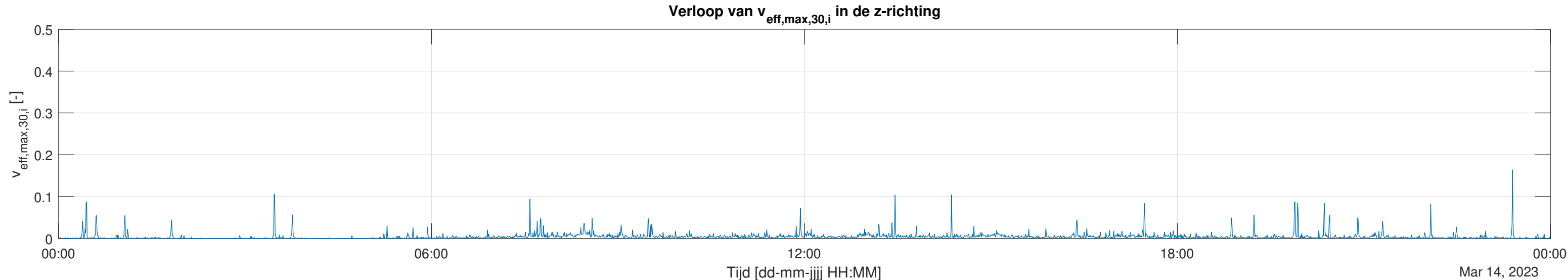
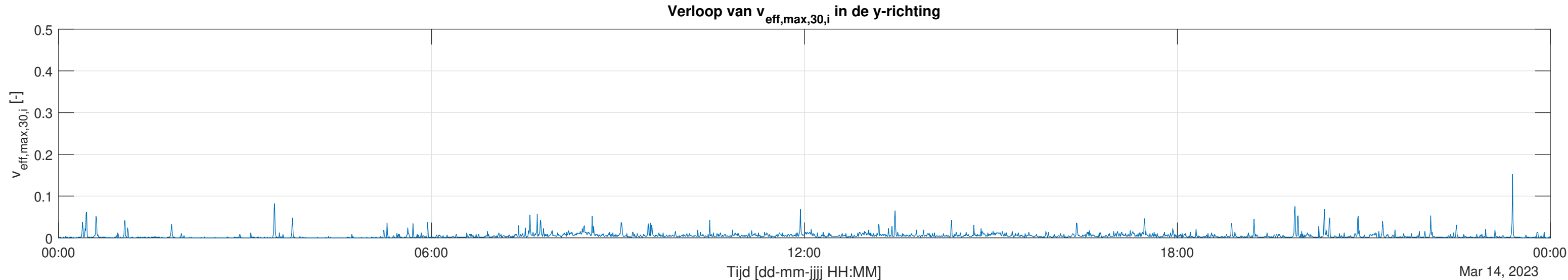
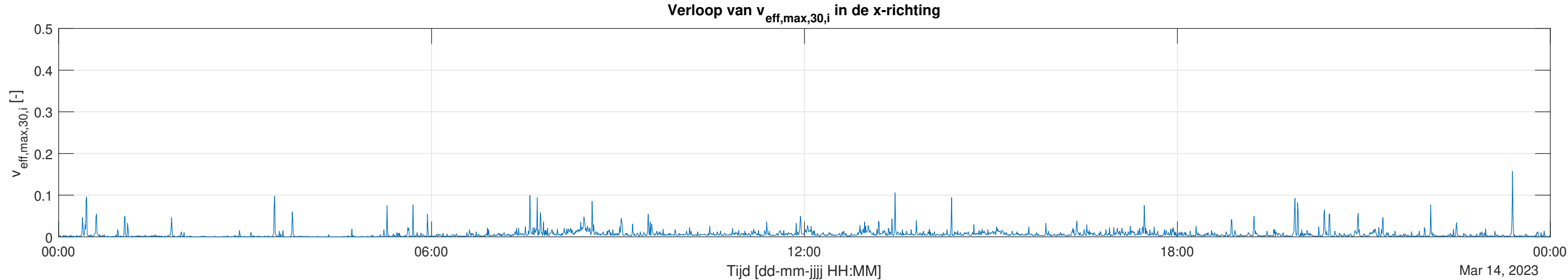
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 12-Mar-2023



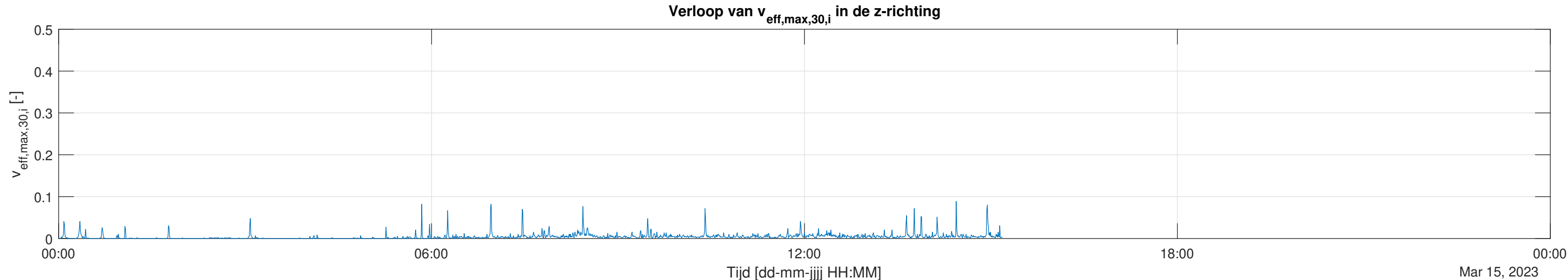
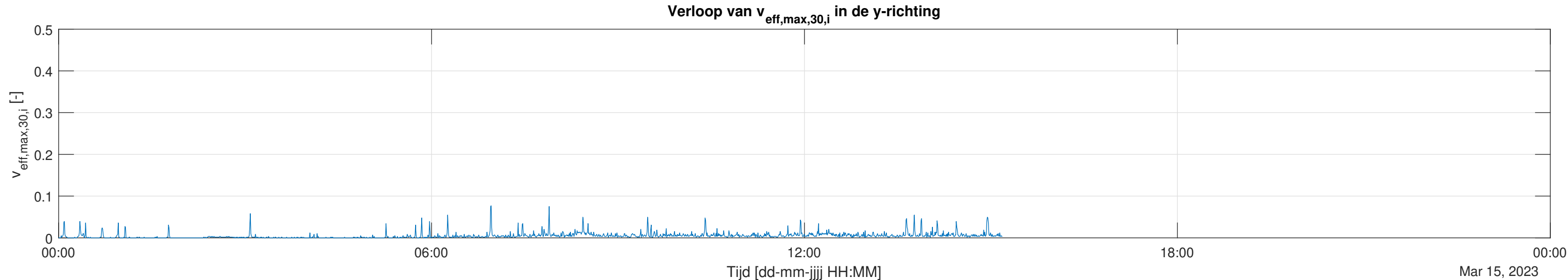
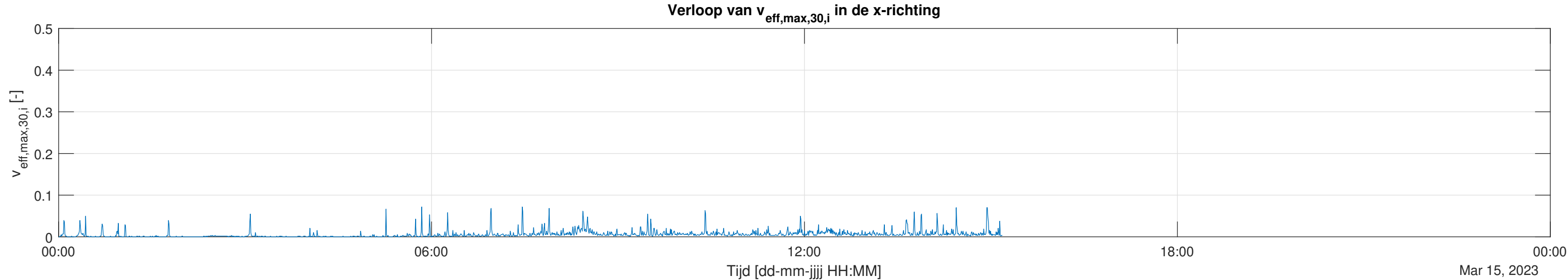
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 13-Mar-2023



Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 14-Mar-2023

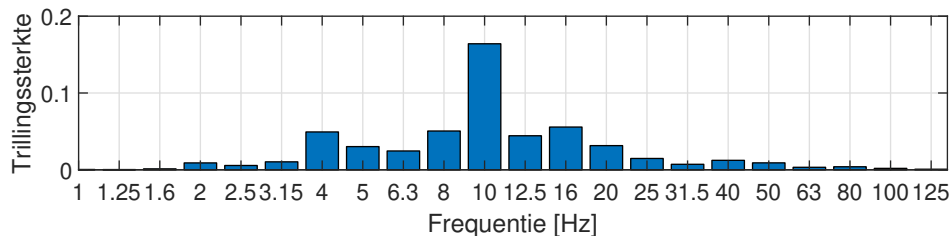
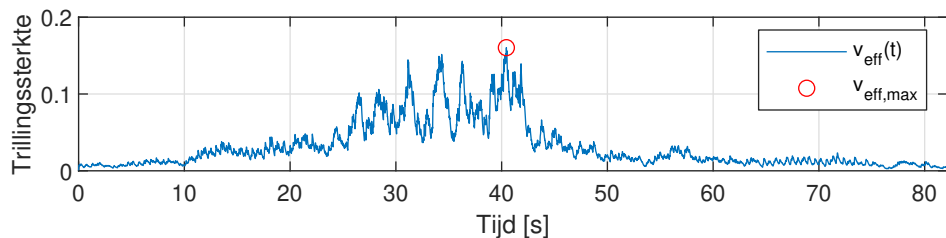
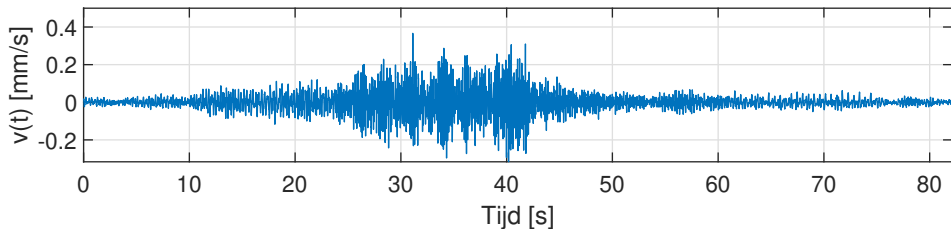


Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background ZT47 ettenleur mp4 op 15-Mar-2023

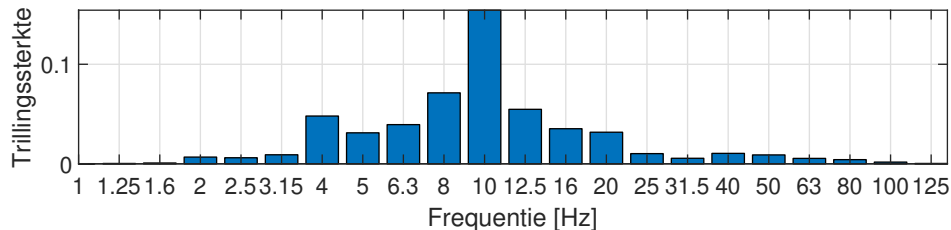
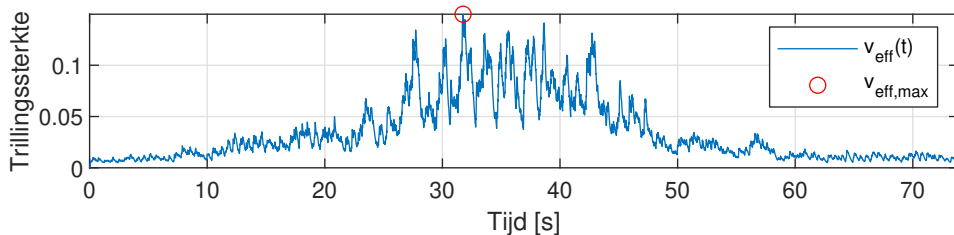
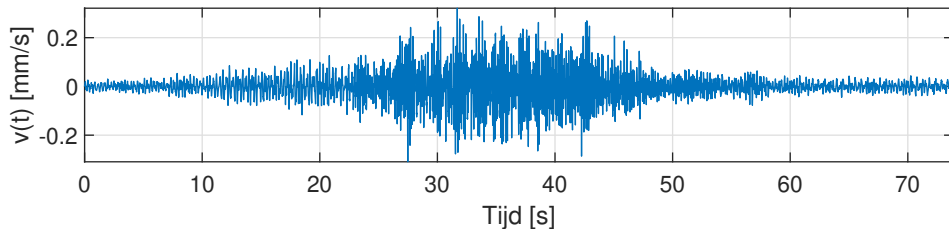


Bijlage II Tijdsignaal, trillingssterkte en spectrum van top 10 passages per meetpunt

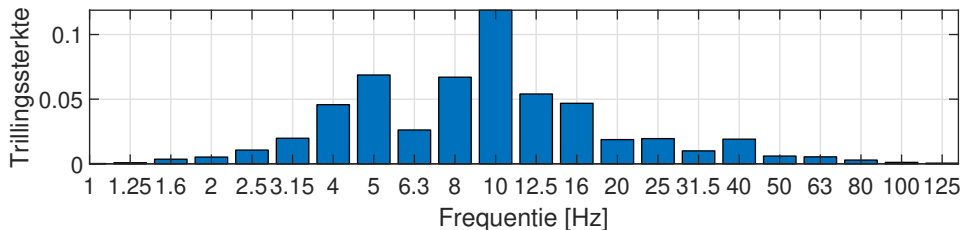
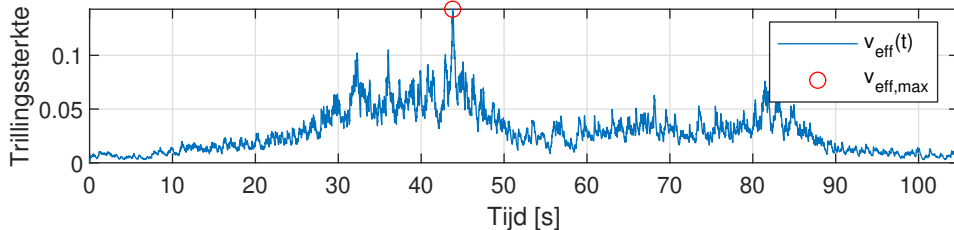
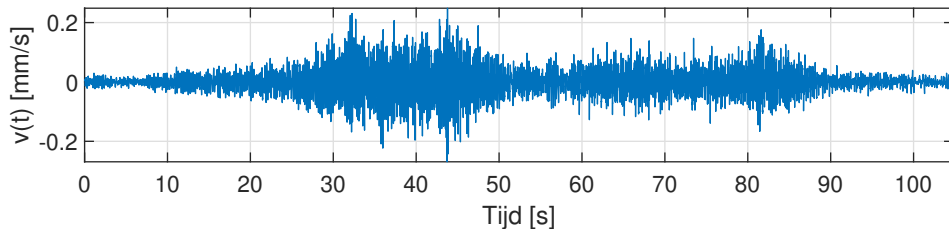
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-14 23:22



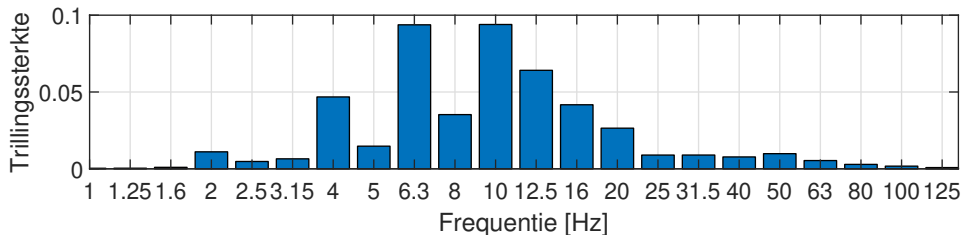
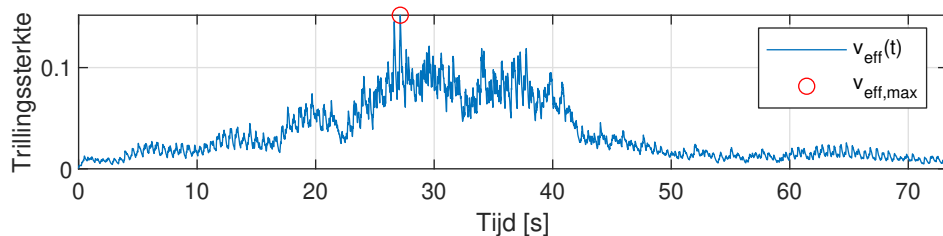
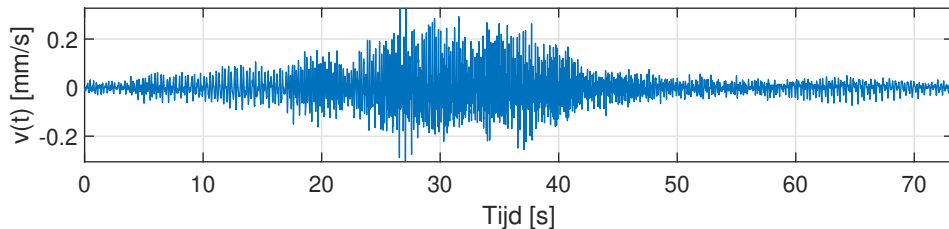
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-11 01:09



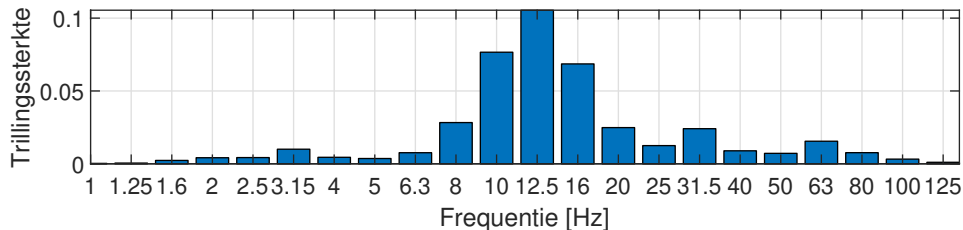
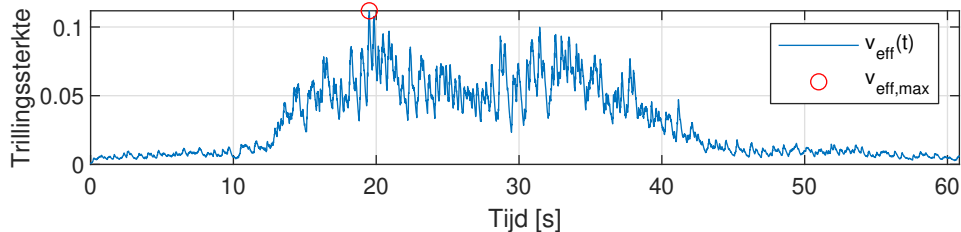
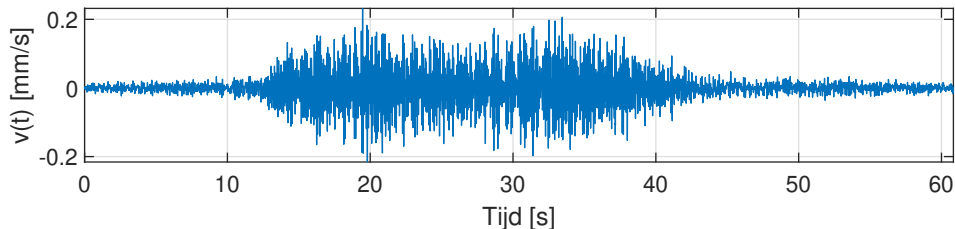
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-10 06:16



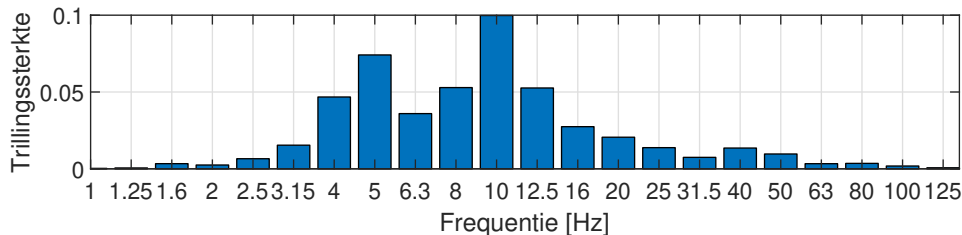
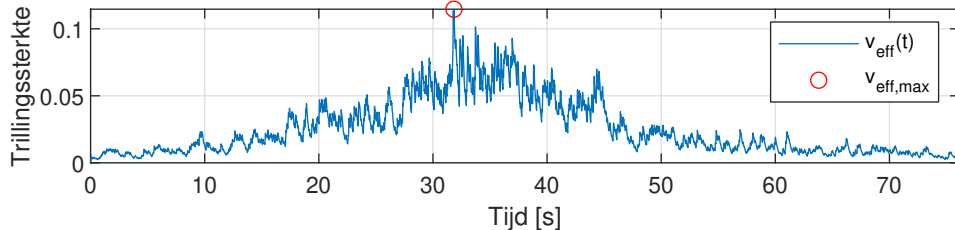
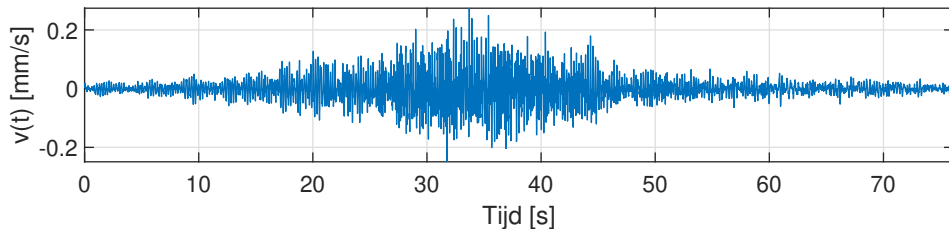
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-13 19:25



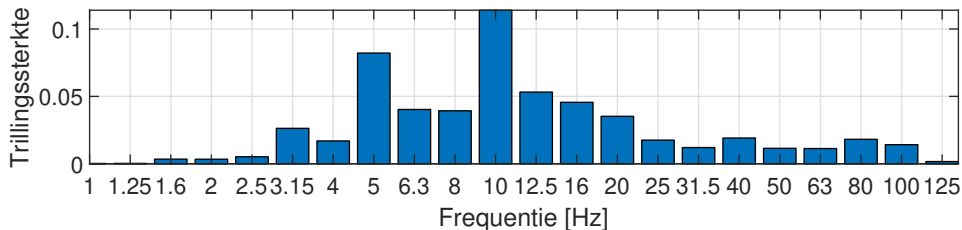
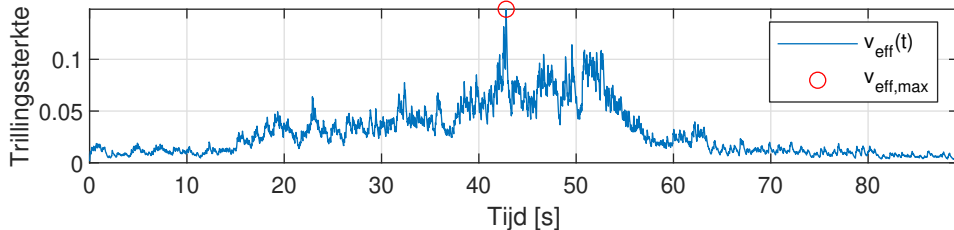
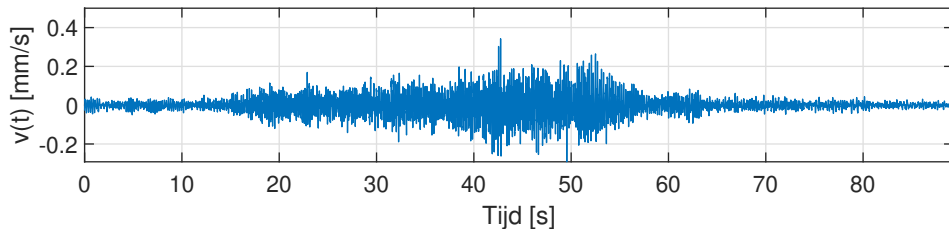
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-13 14:56



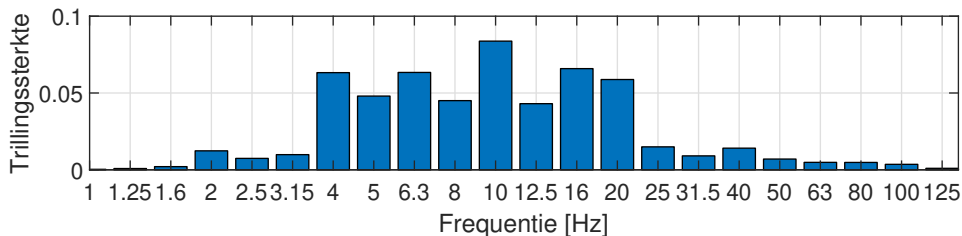
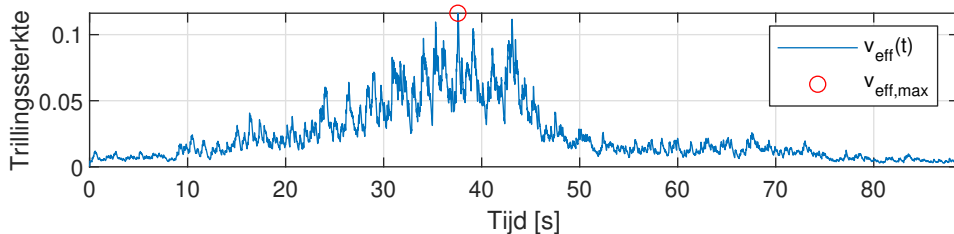
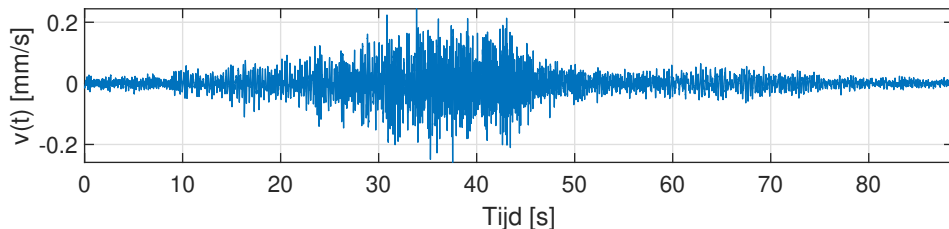
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-14 19:52



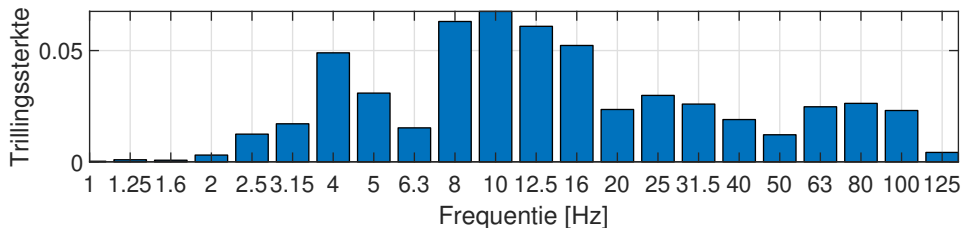
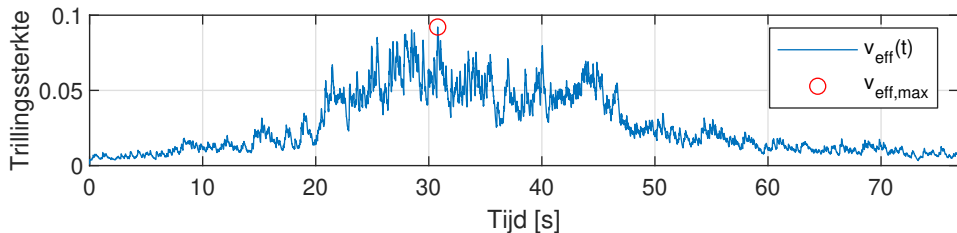
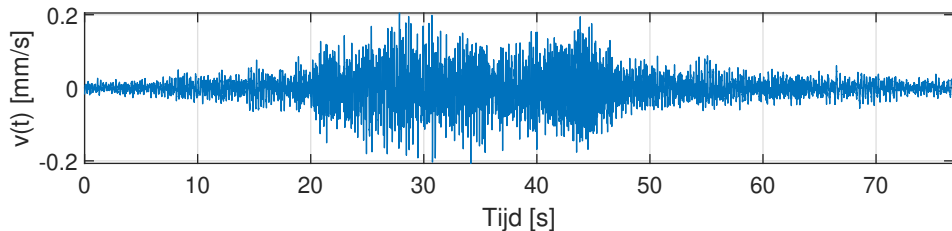
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-12 17:35



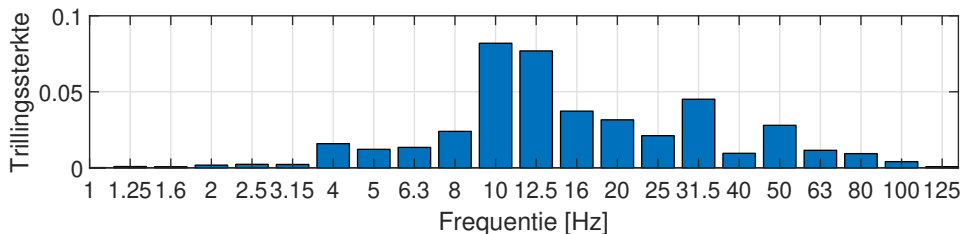
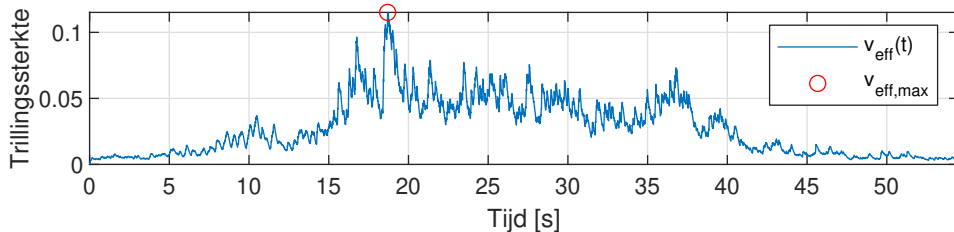
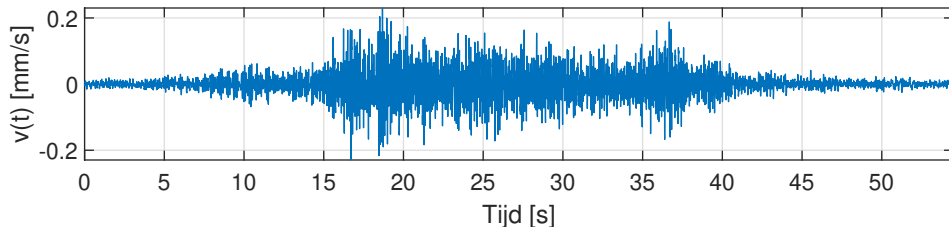
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-13 12:54



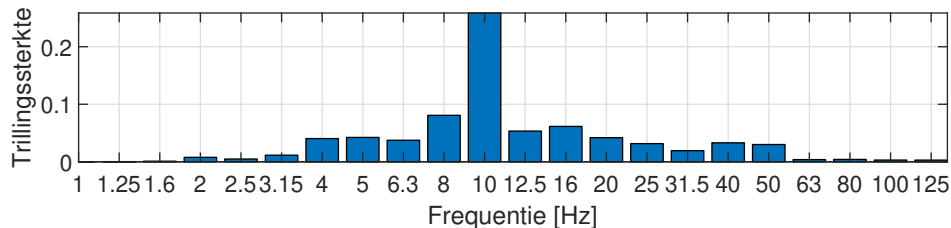
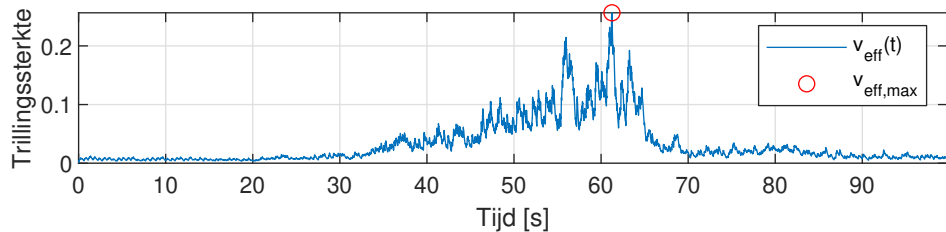
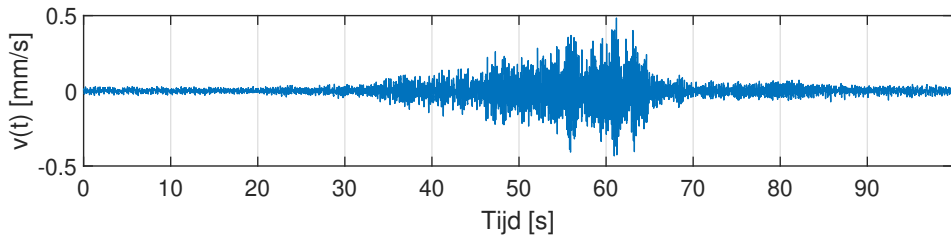
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-14 20:21



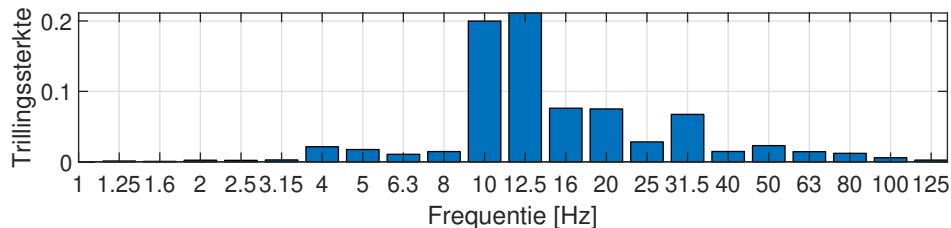
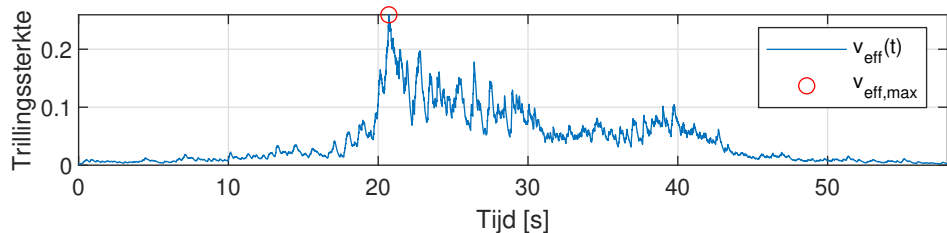
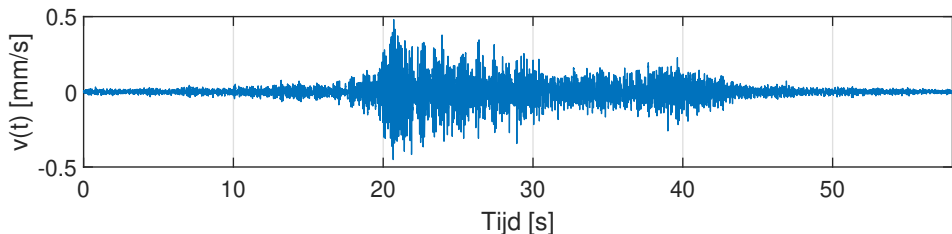
Treinpassage gemeten bij Meetpunt A om 2023-03-11 07:35



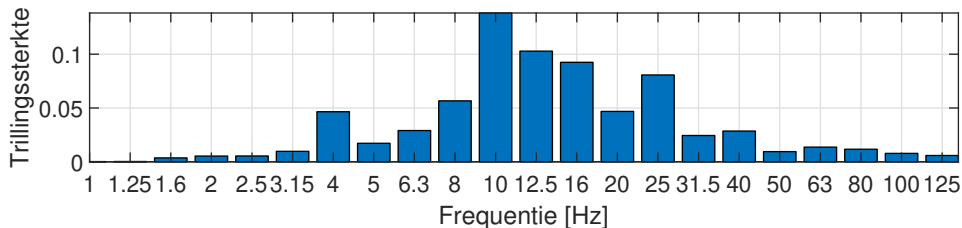
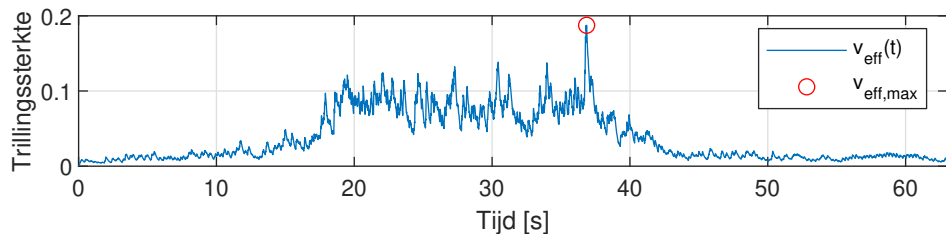
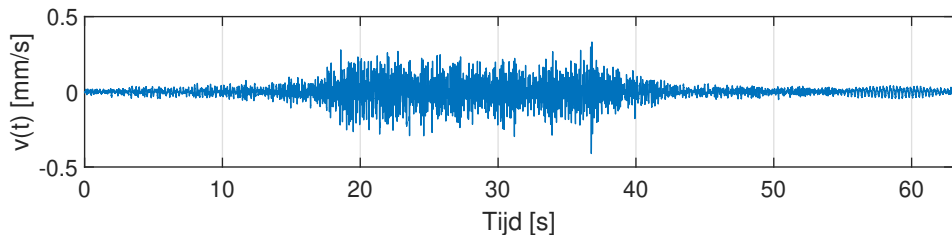
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-14 23:22



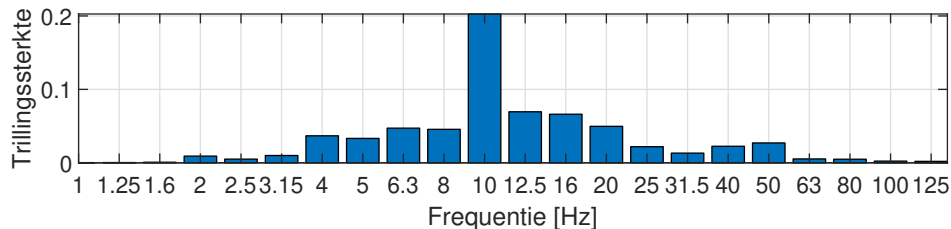
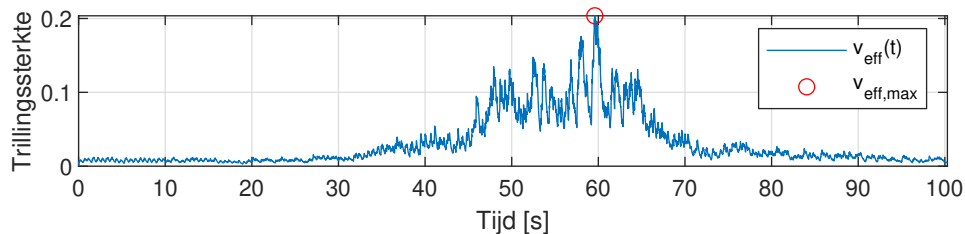
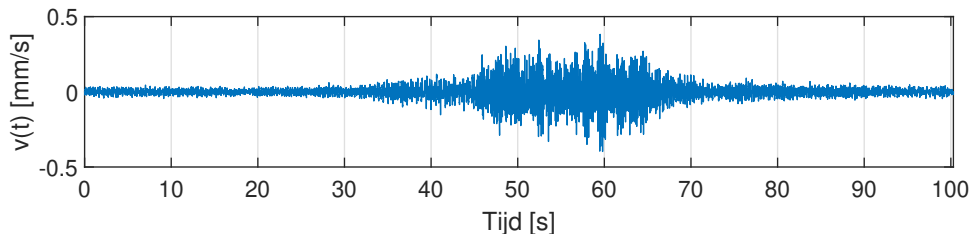
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-11 07:35



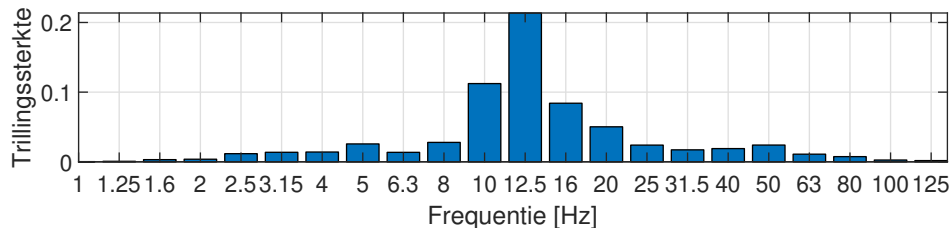
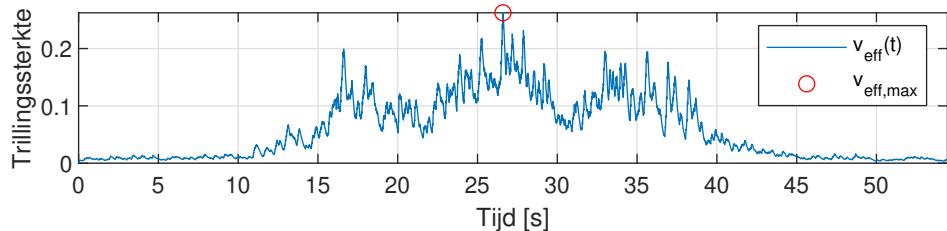
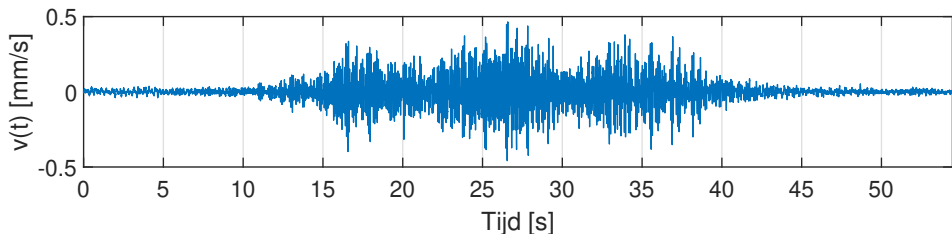
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-12 16:26



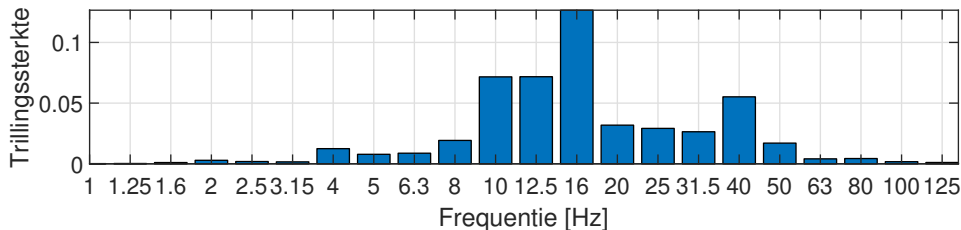
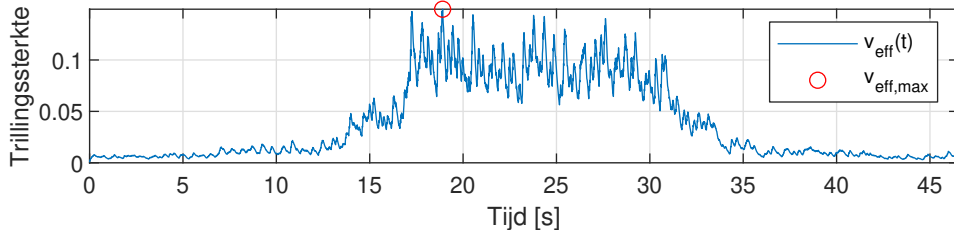
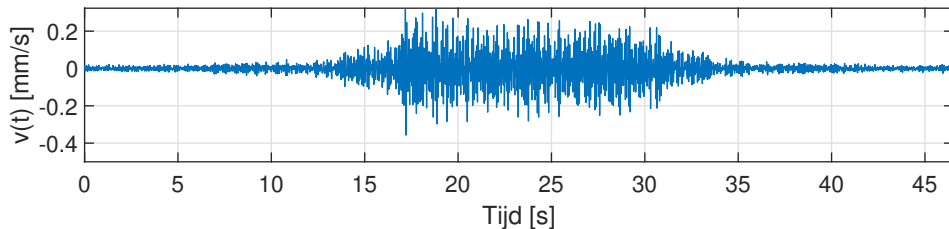
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-11 01:09



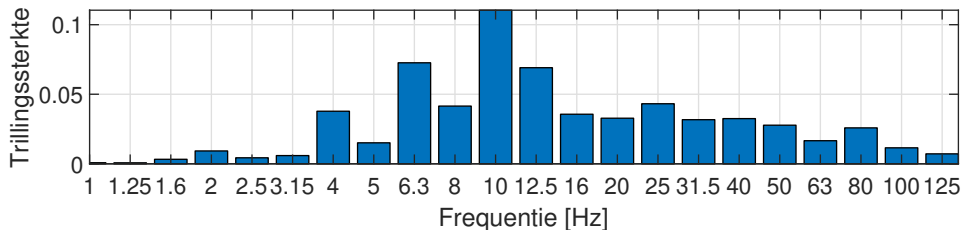
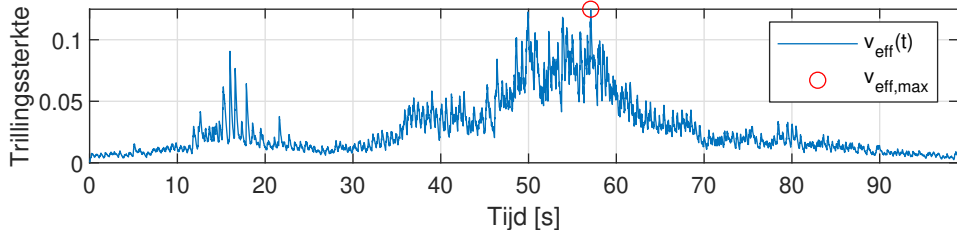
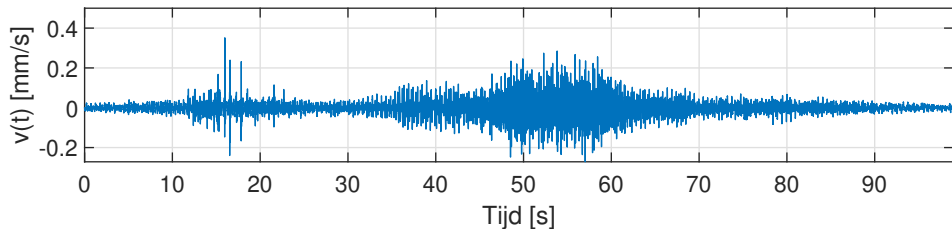
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-10 14:32



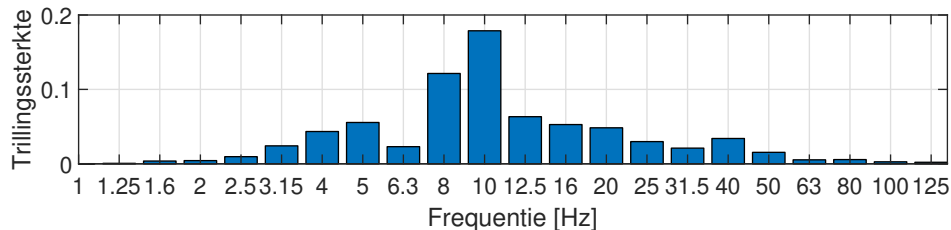
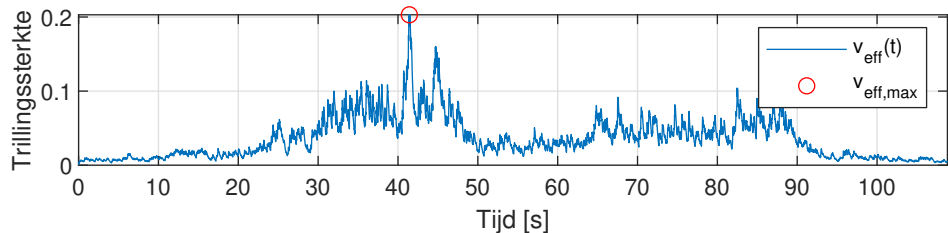
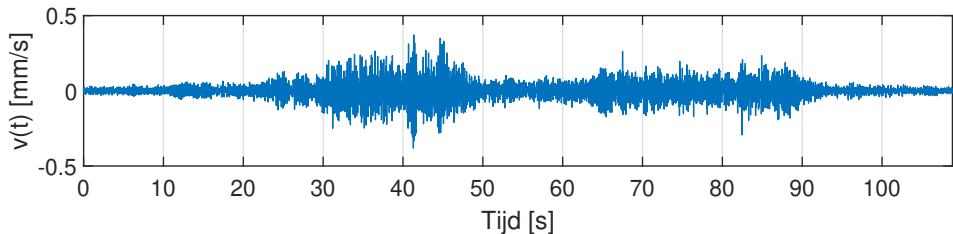
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-12 23:33



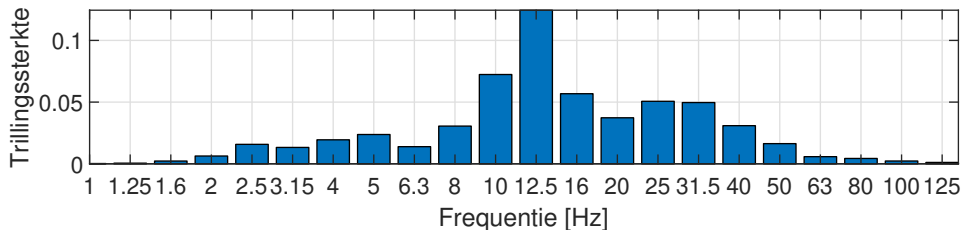
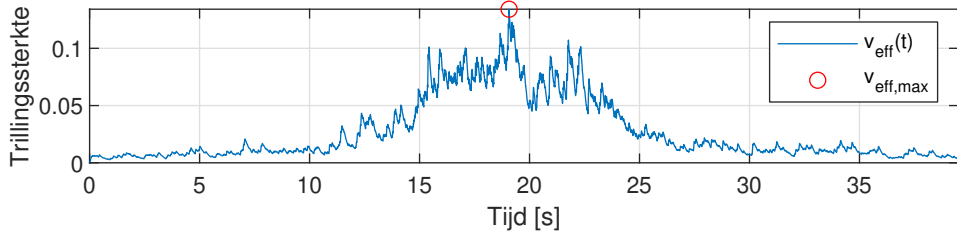
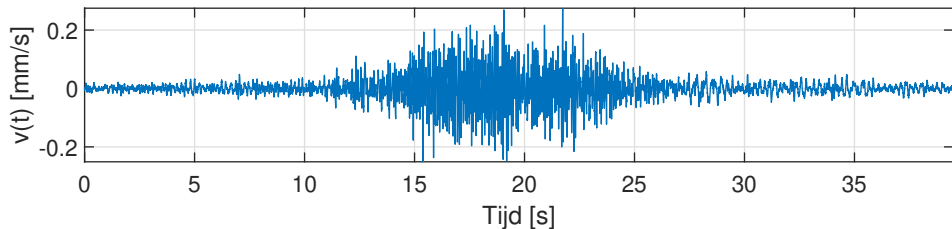
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-13 19:24



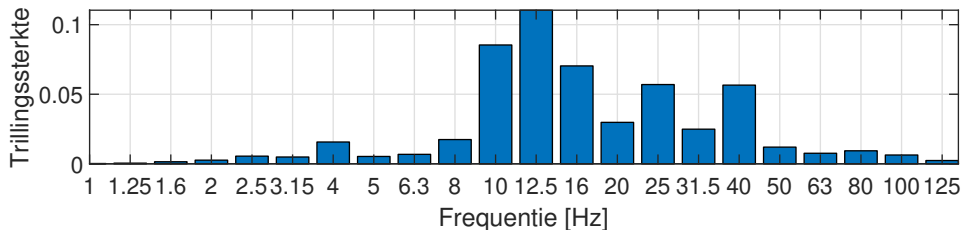
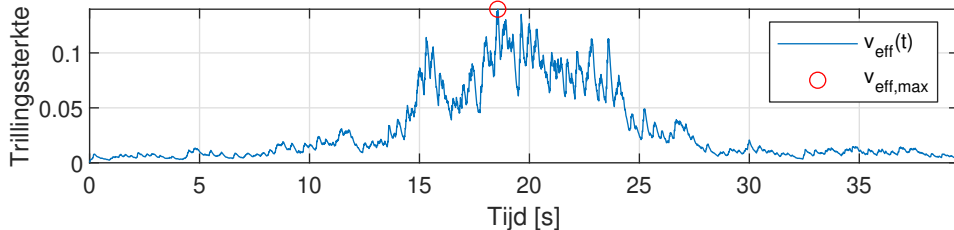
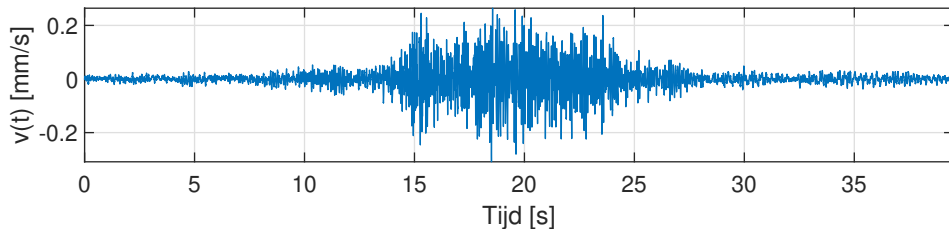
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-10 06:16



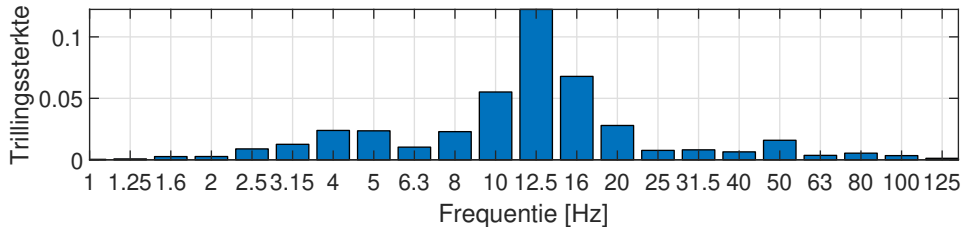
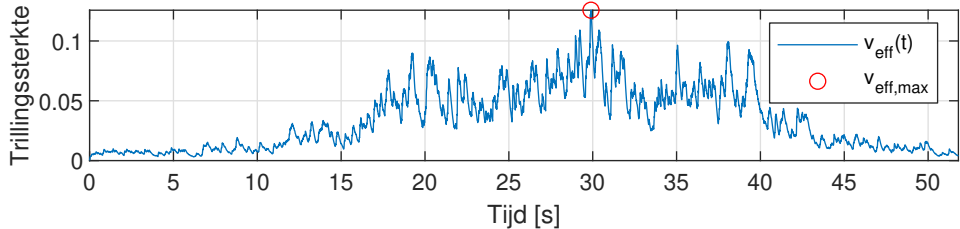
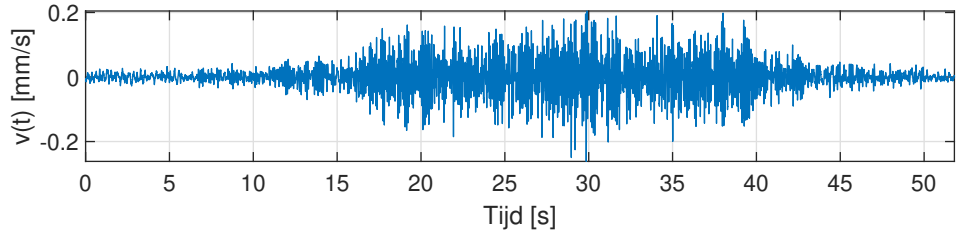
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-12 18:04



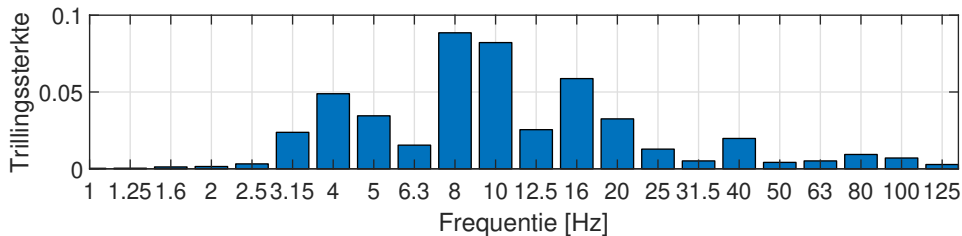
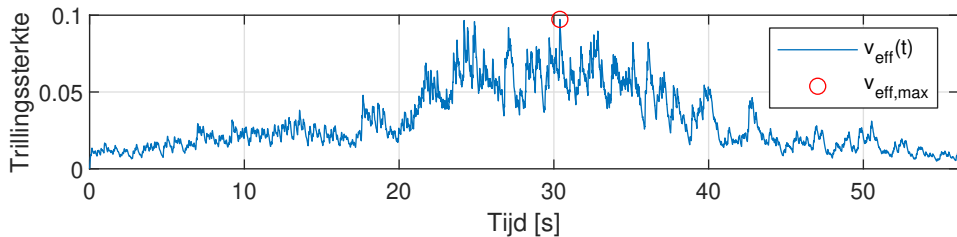
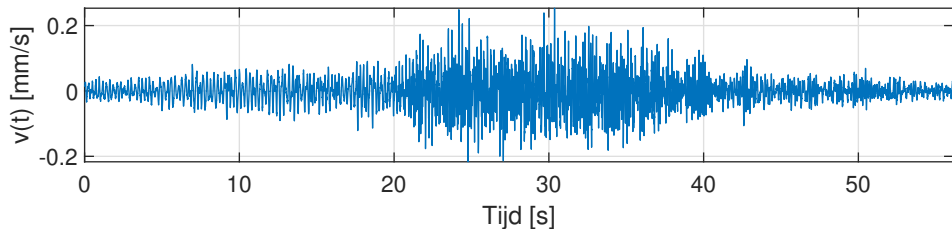
Treinpassage gemeten bij Meetpunt B om 2023-03-14 14:21



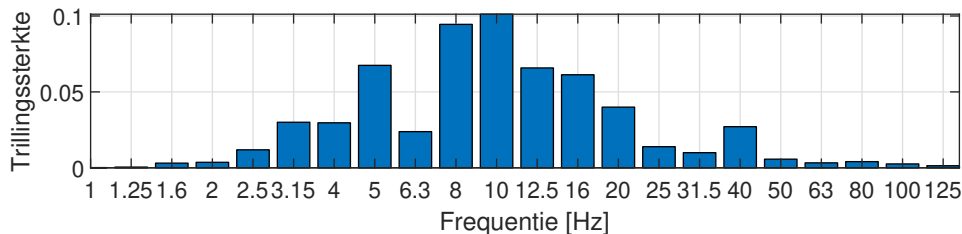
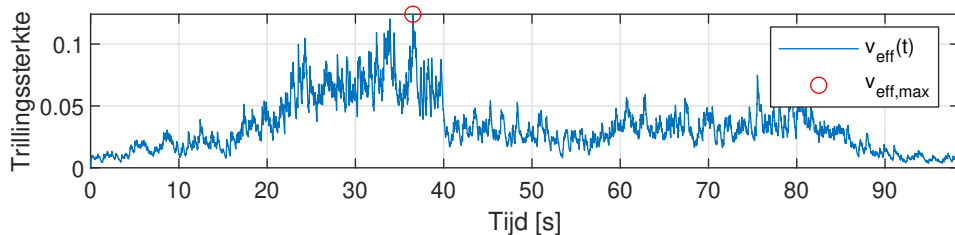
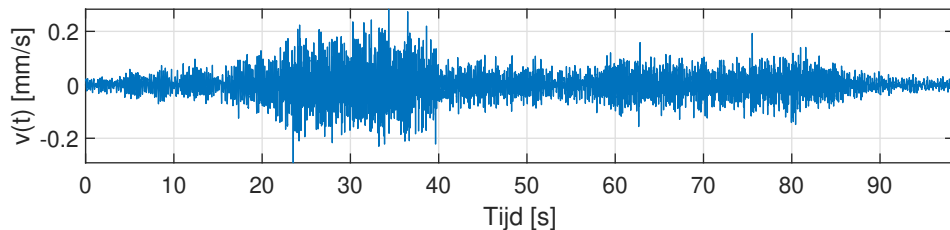
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 14:32



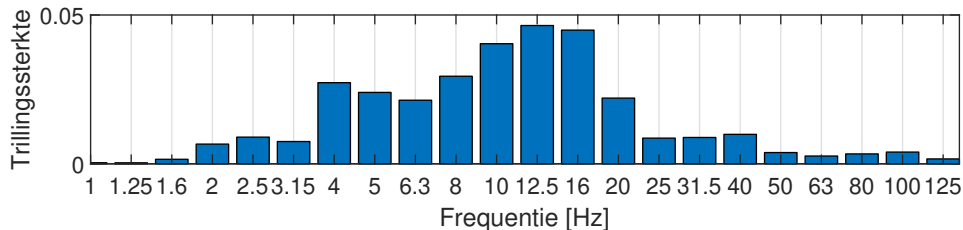
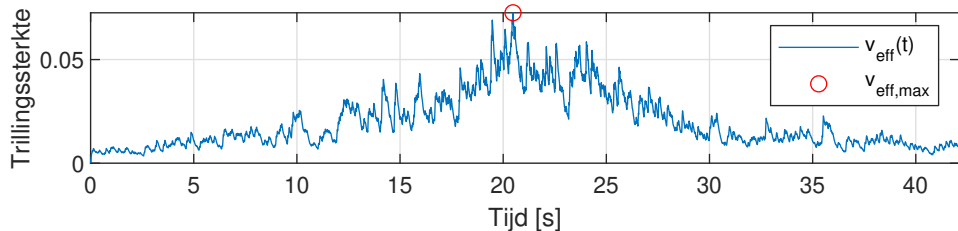
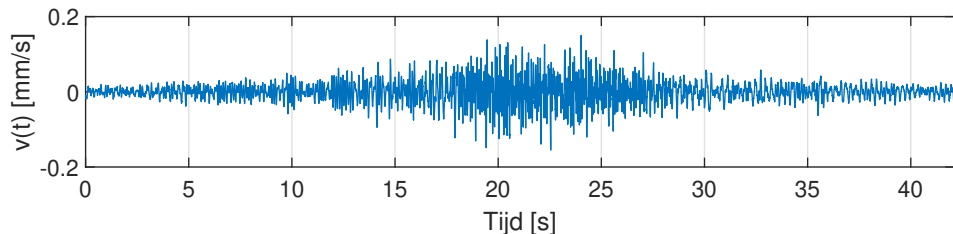
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-09 23:47



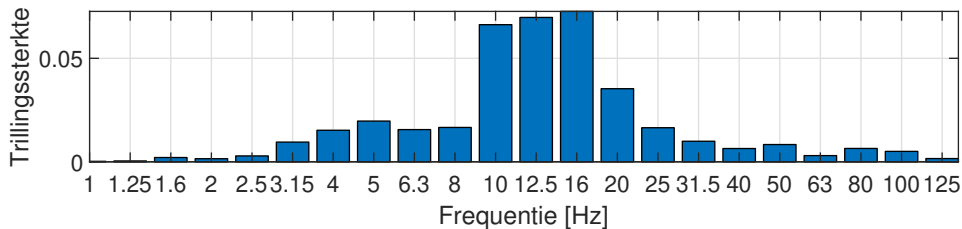
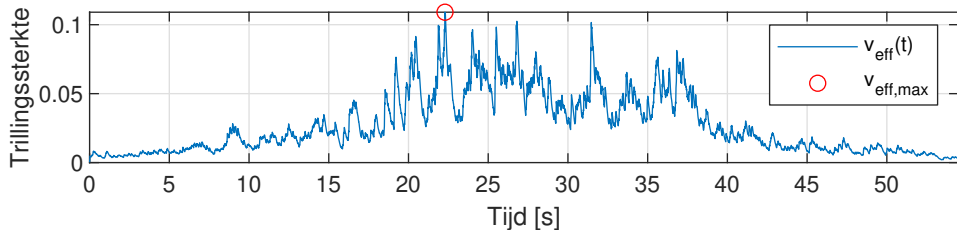
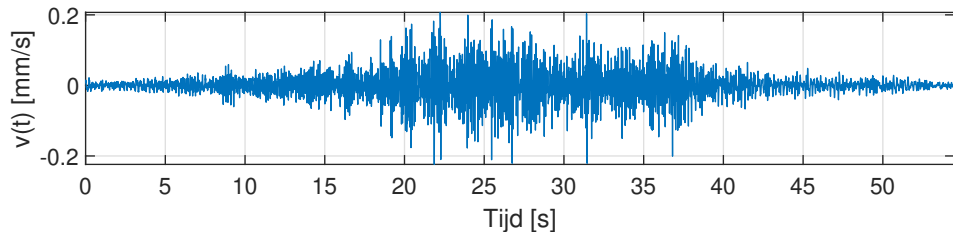
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 06:16



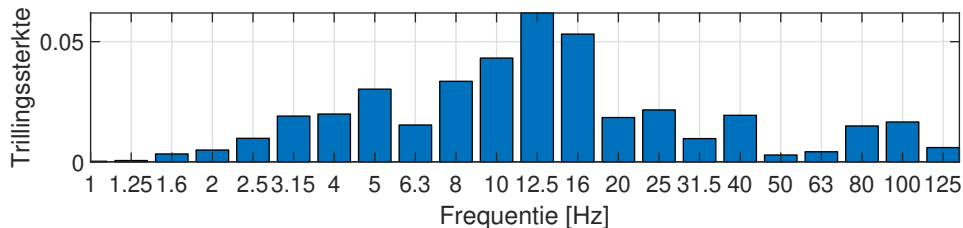
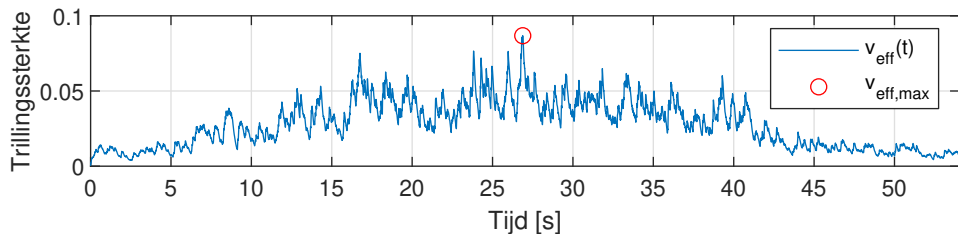
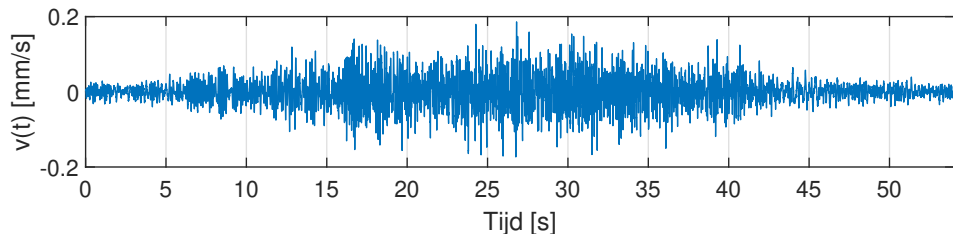
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 11:28



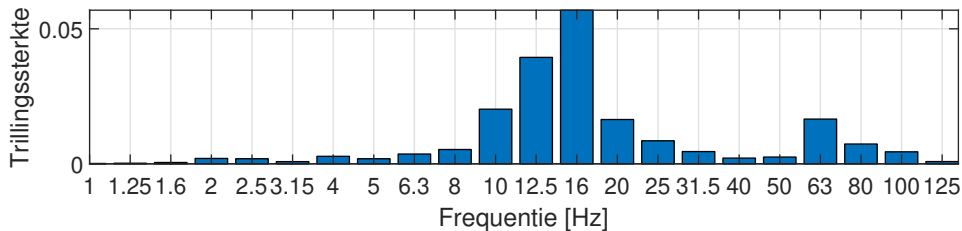
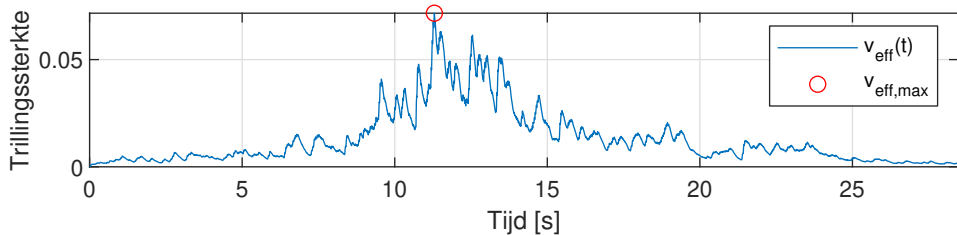
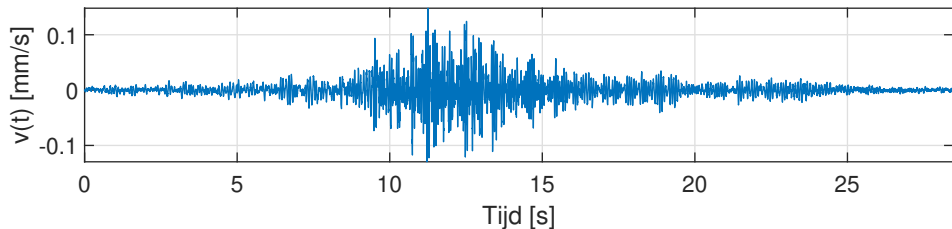
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-09 15:05



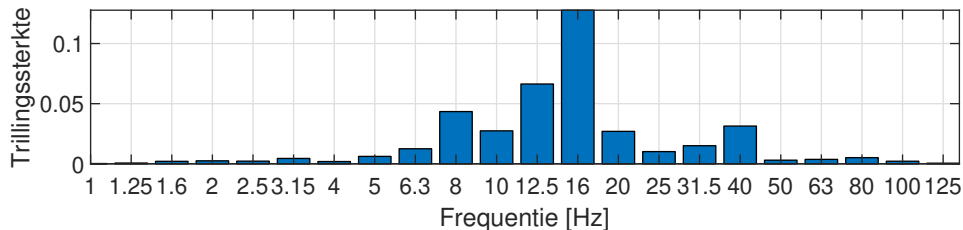
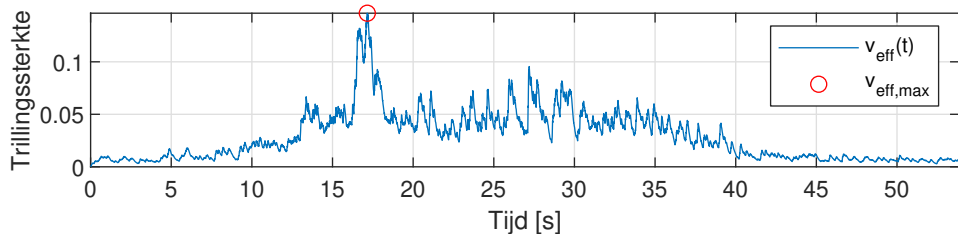
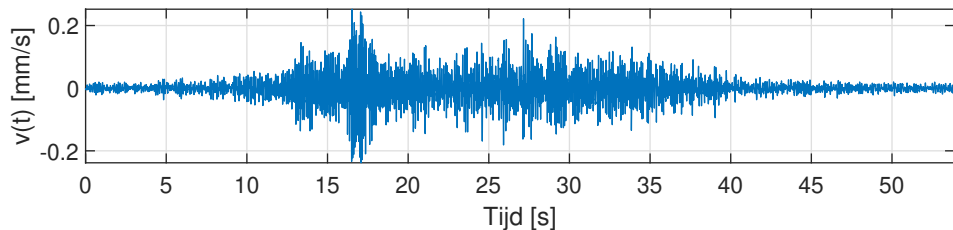
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-08 22:06



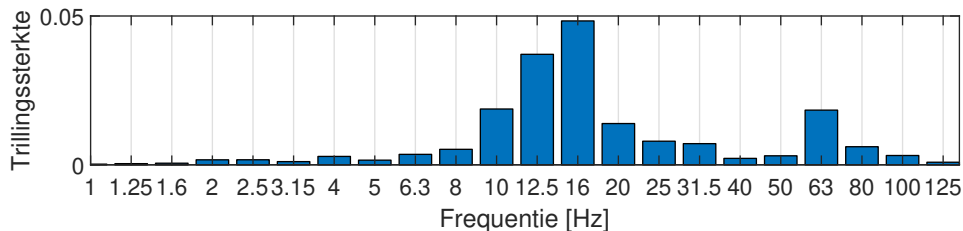
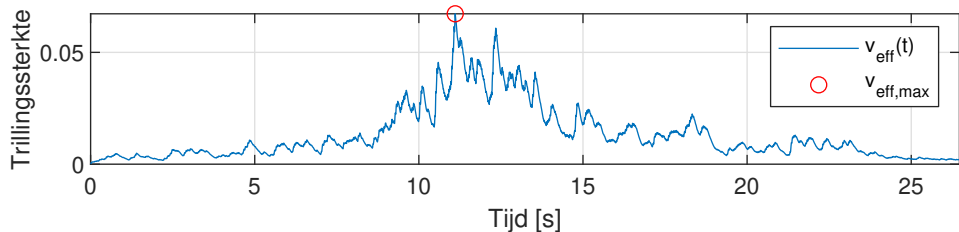
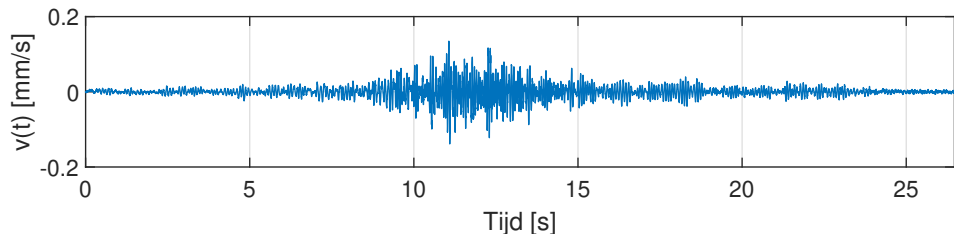
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 05:23



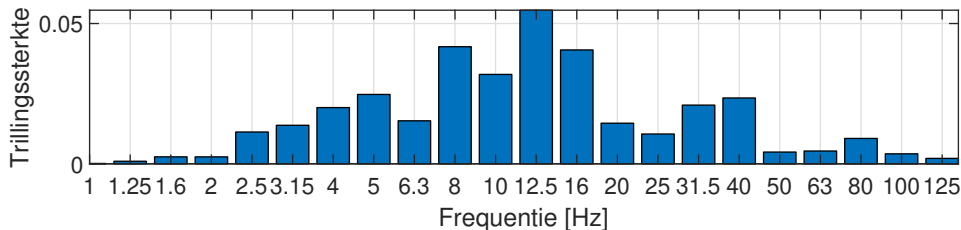
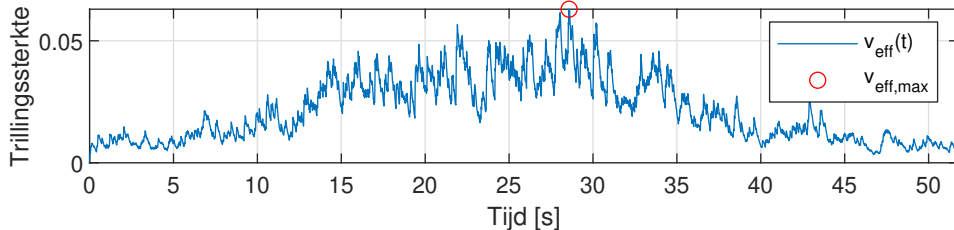
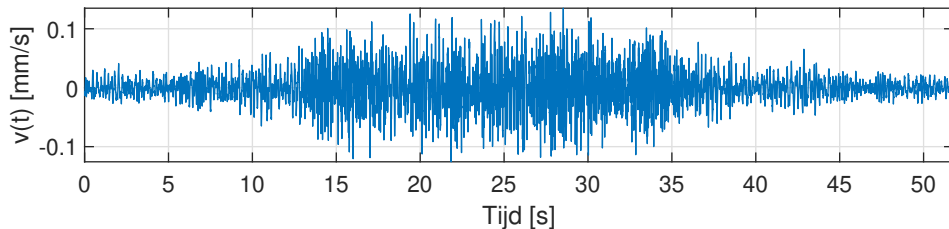
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 13:57



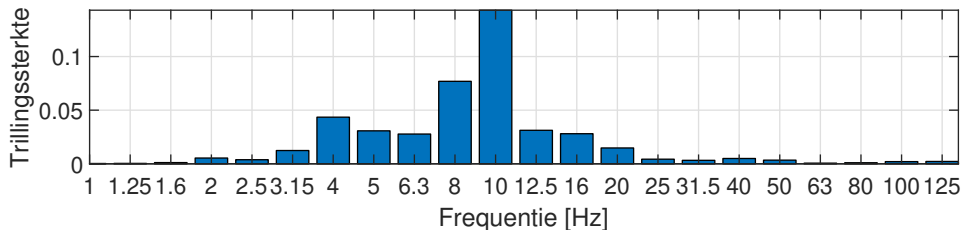
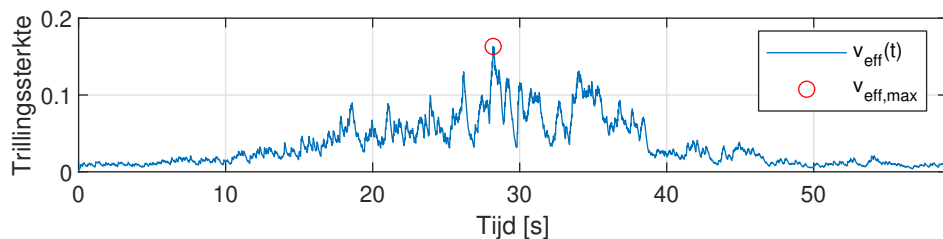
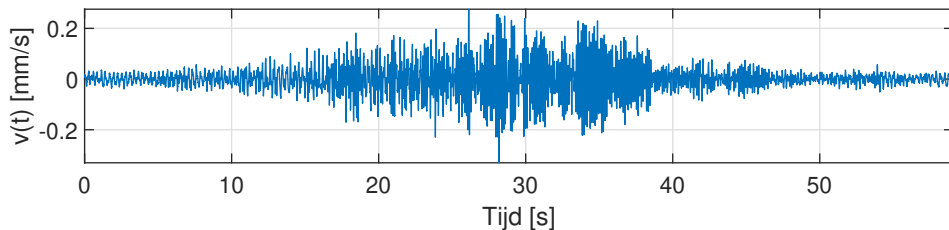
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-10 05:42



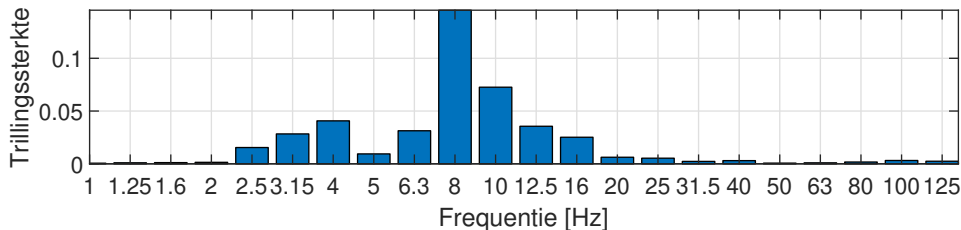
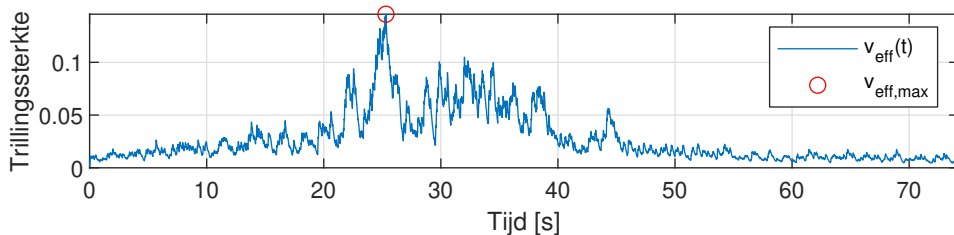
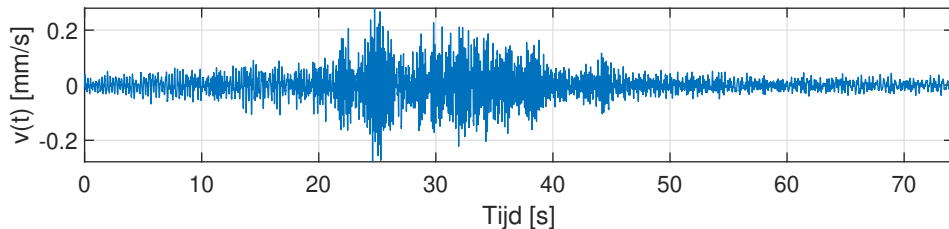
Treinpassage gemeten bij Meetpunt C om 2023-03-09 22:06



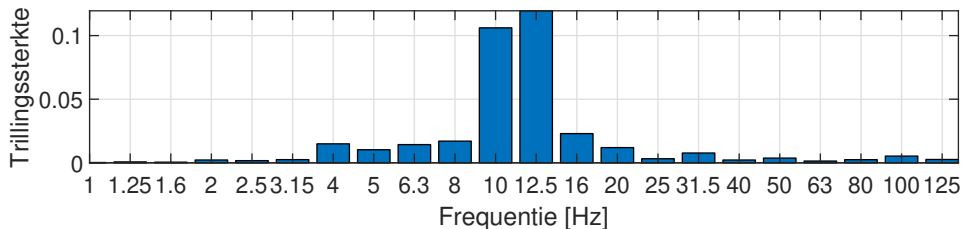
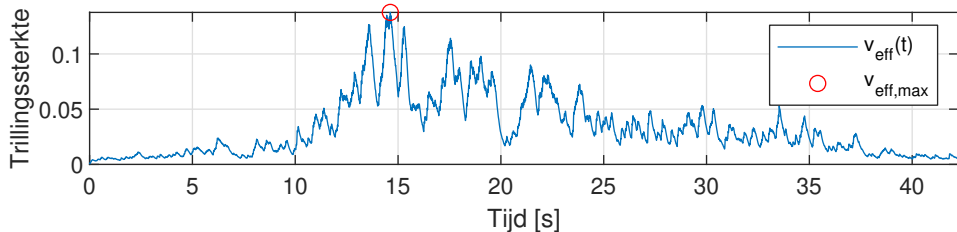
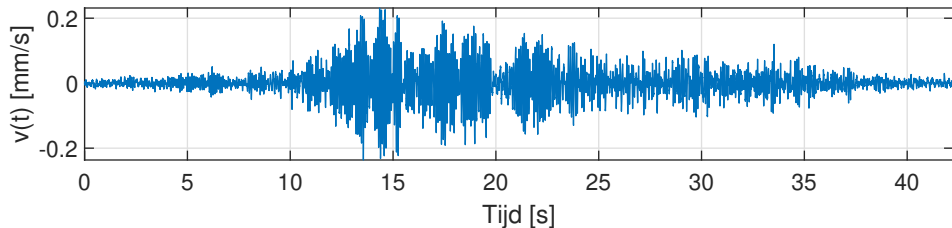
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-14 23:22



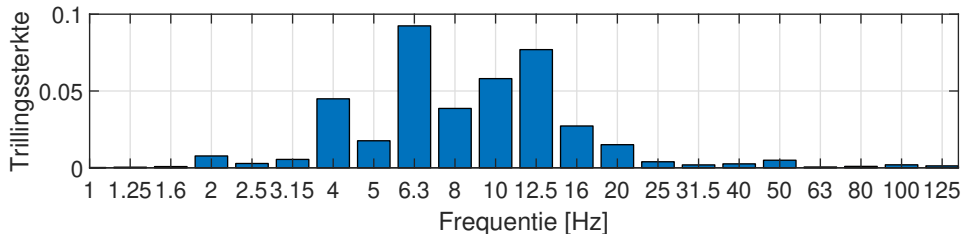
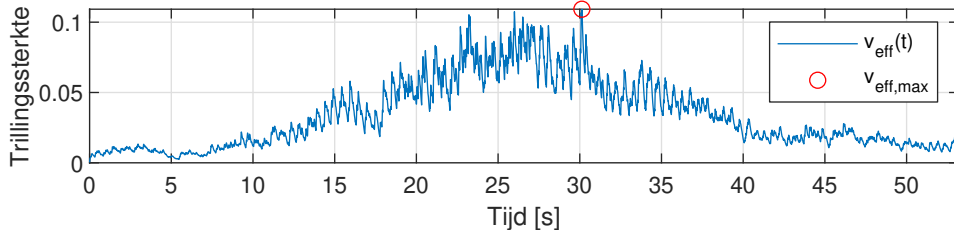
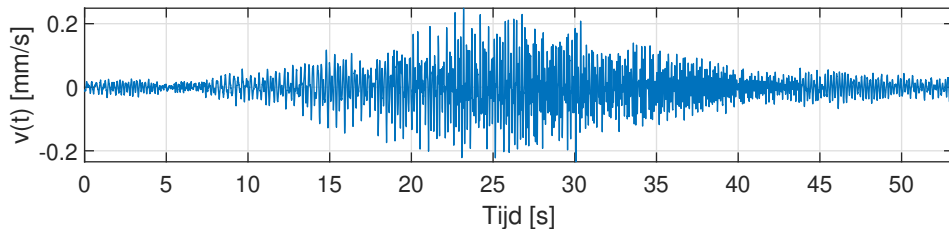
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-10 23:47



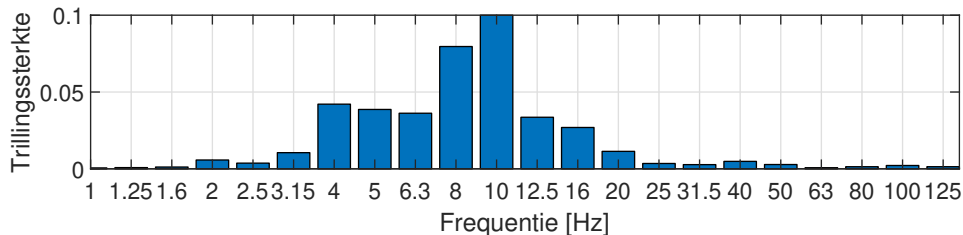
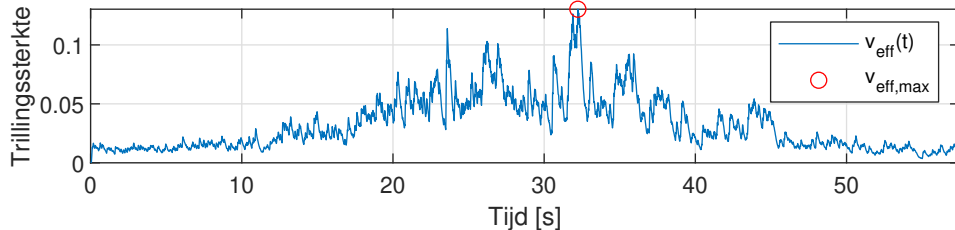
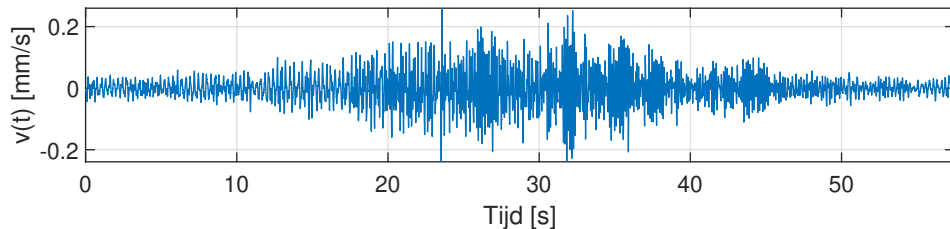
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-11 07:35



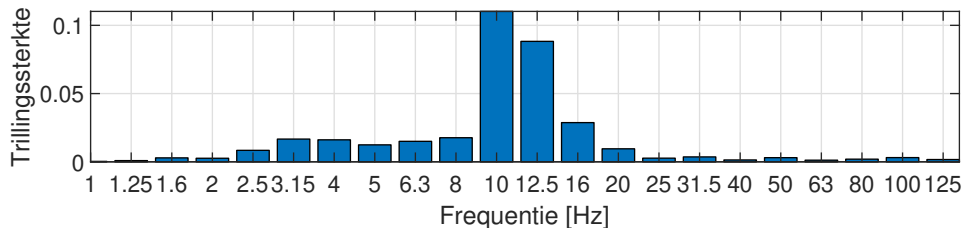
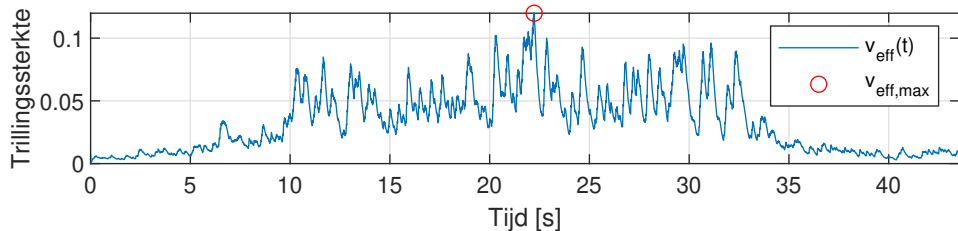
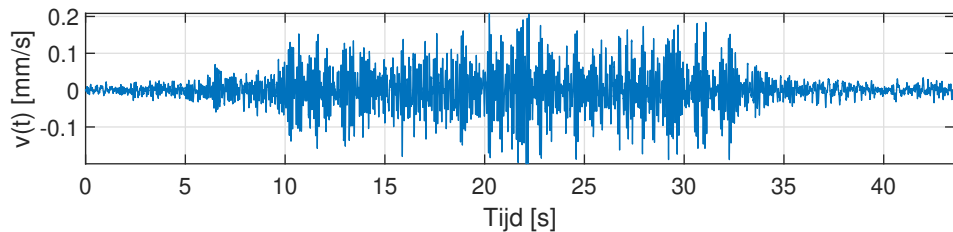
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-13 19:25



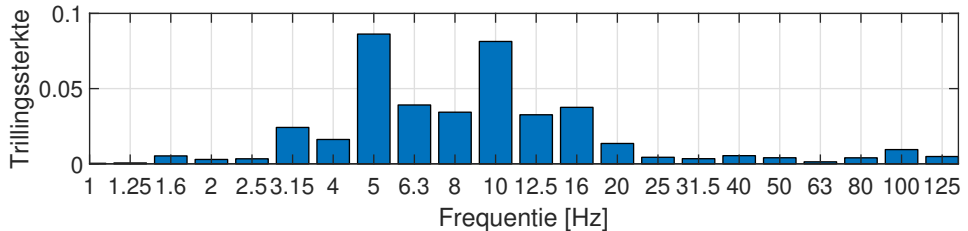
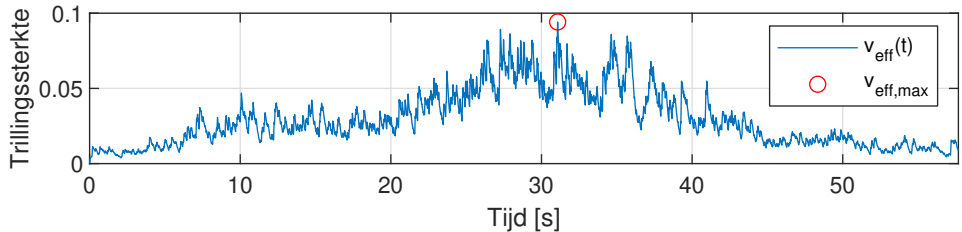
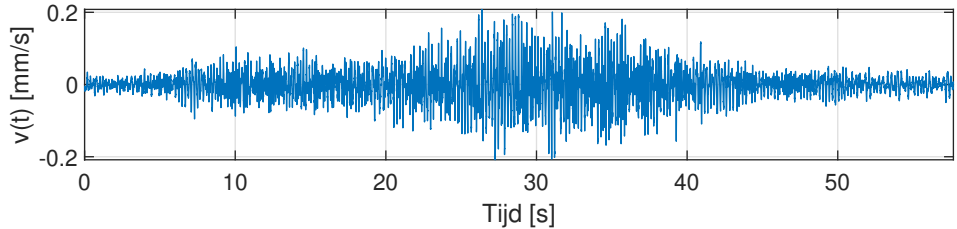
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-11 01:09



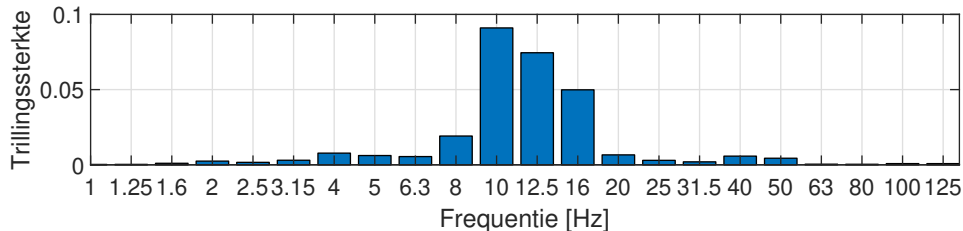
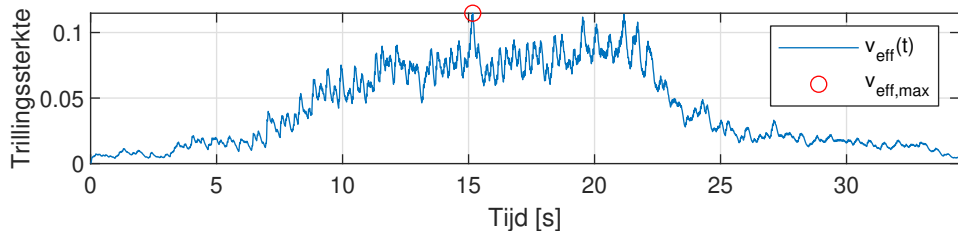
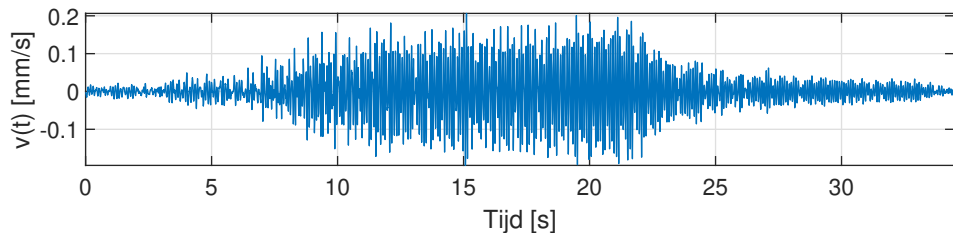
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-10 14:32



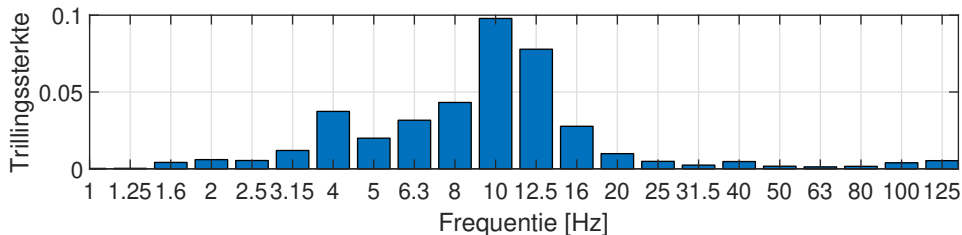
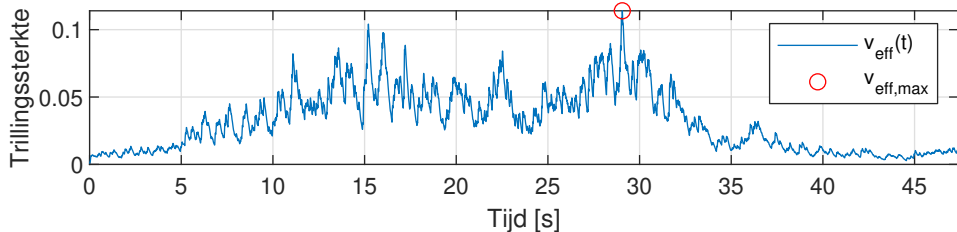
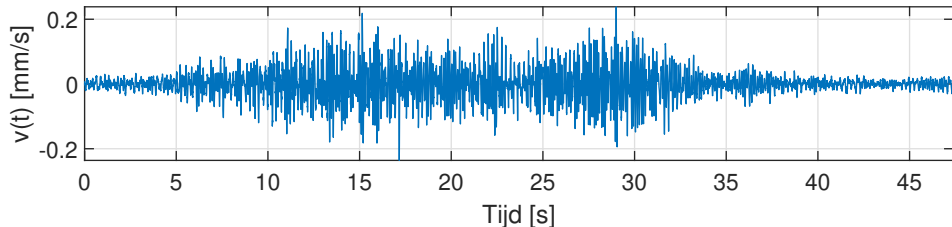
Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-12 17:35



Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-12 23:33



Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-12 16:26



Treinpassage gemeten bij Meetpunt D om 2023-03-14 13:26

