

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 Groene Woud te Oudenbosch; prognose trillingshinder van het spoor

Datum 17 juli 2023
Referentie 09954-57998-02

Referentie 09954-57998-02
Rapporttitel Trillingsonderzoek Groene Woud te Oudenbosch;
prognose trillingshinder van het spoor

Datum 17 juli 2023

Opdrachtgever Rho Adviseurs
Torenallee 20
5617 BC EINDHOVEN
Contactpersoon De heer H. Maas

Behandeld door De heer ing. H.E.O. Williams
De heer ir. G.H.J. Busscher
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	Achtergrond en doelstelling	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	9
3.1	Algemeen	9
3.2	Meetposities	9
3.3	Meetparameters	10
3.4	Treinen	10
4	Meetresultaten	11
4.1	Bemande meting	11
4.2	Onbemande weekmeting	11
5	Prognose trillingssterkte	14
5.1	Werkwijze	14
5.2	Invoergegevens	14
5.2.1	Gemeten spectrale trillingssterkte	14
5.2.2	Correctie afstandsverschillen	15
5.2.3	Overdracht op fundering	15
5.2.4	Versterking in vloerveld	16
5.3	Resultaat prognose	17
5.4	Beoordeling $V_{\max}$	18
5.5	Beoordeling V_{per}	19
5.6	Beschouwing	19
5.6.1	Conservatief model	19
5.6.2	Aantal overschrijdingen per week	20
5.6.3	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	20
5.6.4	Mogelijke maatregelen	21
6	Conclusie	22

Bijlagen

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

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

In opdracht van Rho Adviseurs B.V. is door Cauberg Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling van het woningbouwplan Groene Woud te Oudenbosch. De woningen in het project liggen met een afstand van 30 tot 80 meter op relatief korte afstand van het spoorlijn Roosendaal – Dordrecht. 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 "Groene Woud"

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. Deze prognose kan worden gebruikt door Rho Adviseurs in de ruimtelijke onderbouwing ten behoeve van de bestemmingsplanwijziging.

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. 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 in de nachtperiode als in het ontwerp van de woningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ kan in dat geval oplopen tot 0,42. Daarmee wordt de SBR-B streefwaarde $A_2 = 0,2$ voor nieuwe situaties overschreden met een factor 2,1 in de maatgevende nachtperiode. Ook de $A_2 = 0,4$ voor bestaande situaties wordt daarmee (in minimale mate) overschreden in de eerstelijns woningen.
2. Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingen, kan de maximaal te verwachten trillingssterkte teruggebracht worden naar 0,25 (in de maatgevende nachtperiode). Dan blijft een beperkte overschrijding van de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties (0,2) over.
3. Verwacht wordt dat met aanvullende maatregelen in de woningen kan worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Mogelijke maatregelen kunnen daarbij bestaan uit:
 - a. Verhogen van de eerste eigenfrequentie van de vloeren door deze stijver (dikker) en/ of lichter uit te voeren of door de overspanning te beperken.
 - b. Verzwaring van de fundering en/ of de gebouwconstructie.
 - c. De fundering ontkoppelen van de bodem (en alleen via de palen gekoppeld).
 - d. Toepassing van een trillingsisolerend scherm in de bodem tussen gebouw en spoor.
 - e. Toepassing van trillingsisolatie onder het gebouw.
4. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ruimschoots aan de SBR-B streefwaarde A_3 ongeacht of in de constructie rekening wordt gehouden met de aanwezige trillingen.

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 (combinatie van) maatregelen het meest effectief zijn om de trillingsniveaus te reduceren. Daarmee wordt trillingshinder zo veel 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 21 juni 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 21 juni t/m 28 juni voor een periode van 7 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 de enkelbestemming “Agrarisch” conform het op 20 juni 2013 vastgestelde bestemmingsplan “Kom Oudenbosch” van Gemeente Halderberge. Figuur 2.1 toont de bestemmingskaart voor de planlocatie op basis van het bestemmingsplan.

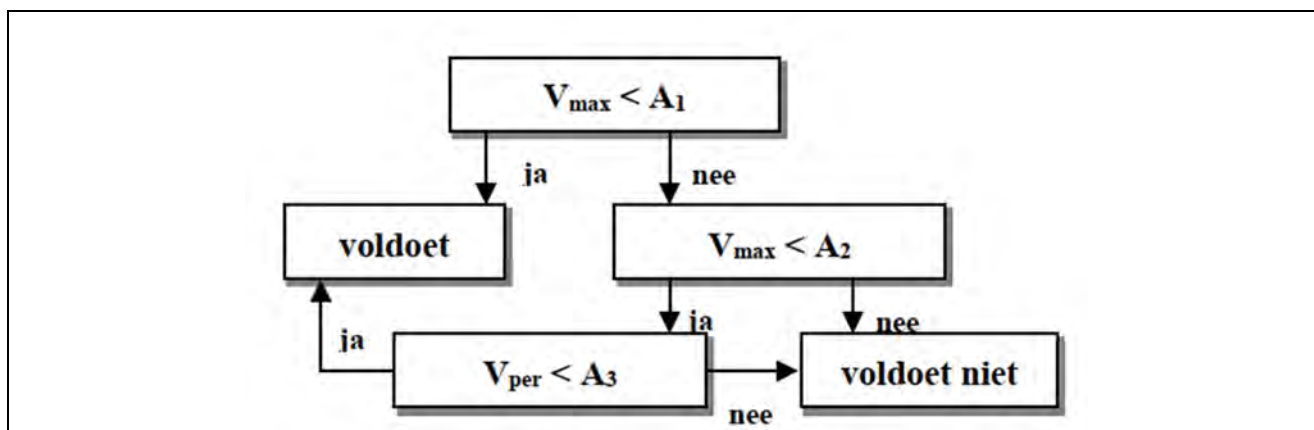


Figuur 2.1: Vigerende bestemmingen op het planlocatie (bron: Ruimtelijkeplannen.nl)

Om nieuwbouw voor woningen mogelijk te maken, is een ruimtelijk onderbouwing nodig ten behoeve van een wijziging van het bestemmingsplan. Ter beoordeling van mogelijke kans op trillingshinder is het gebruikelijk uit te gaan van eerder genoemde SBR-B. In de vigerende bestemmingsplan zijn er geen regels met betrekking tot trillingen of trillingshinder.

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 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.



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 gewinning 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 ter 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

Het woningbouwplan voorziet drie rijen woningen op verschillende afstanden van het spoor met in totaal 20 woningen. De eerstelijsbebauwing ligt op 30 meter van het spoor, de tweedelijsbebauwing op ongeveer 55 meter van het spoor en de derde rij woningen op ongeveer 80 meter van het spoor.

In de huidige situatie is het terrein braakliggend en niet in gebruik. Figuur 2.2 is een foto van de meetlocatie vanaf Groene Woud richting het spoor.



Figuur 2.2: Foto van de meetlocatie, genomen vanaf Groene Woud

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 21 juni 2023 tot en met 28 juni 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. Twee meters zijn geplaatst op de hoekpunten van de eerstelijnsbebouwing op ongeveer 30 m afstand van het spoor. Een derde meetpunt is geplaatst op de hoekpunt van de tweedelijnsbebouwing op ongeveer 55 m afstand van het spoor. Een vierde meetpunt is geplaatst bij een toekomstige woning aan de Groene Woud op ongeveer 78 meter van het spoor. In figuur 3.1 is een overzicht van de ligging van de meetpunten.



Figuur 3.1: Overzicht van de meetposities

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. Het meetsysteem is afgedekt met een plastic deksel. Figuur 3.2 geeft een weergave van de opstelling geplaatst bij meetpunt 1.



Figuur 3.2: Foto van de meetopstelling bij meetpunt 1

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 VIRM) en sprinters (type stadler) over het traject rijden. De treinen rijden op volle snelheid voorbij de projectlocatie.

4 Meetresultaten

4.1 Bemande meting

Op 21 juni 2023 is de bemande meting uitgevoerd. Daarbij is tussen 15:00 en 16:00 uur het type trein genoteerd samen met de rijrichting en de trillingssterkte $V_{\text{eff,max}}$ gemeten op maaiveld. Rijrichting is richting Dordrecht 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: Meetresultaten bemande meting

Tijd	Trein	Richting	$V_{\text{eff,max}}$ MP 1 [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP 2 [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP 3 [-]	$V_{\text{eff,max}}$ MP 4 [-]
15:06	IC	Roosendaal	0,08 X	0,11 X	0,06 X	
15:14	SPR	Roosendaal		0,05 Y		
15:16	SPR	Dordrecht	0,04 X	0,06 Y		
15:17	IC	Dordrecht	0,06 Y	0,07 Y		0,03 Y
15:23	IC	Roosendaal	0,06 X	0,09 Y	0,05 Y	0,04 X
15:32	IC	Dordrecht	0,07 Y	0,08 X	0,05 Y	0,05 X
15:44	SPR	Roosendaal		0,06 Y		0,03 Y
15:47	SPR	Dordrecht				
15:54	IC	Roosendaal	0,06 X	0,08 Y	0,04 Y	0,04 X

Uit tabel 4.1. blijkt dat de hoogste trillingssterkte gemeten wordt bij meetpunt 2. Hoewel meetpunt 2 en meetpunt 1 op dezelfde afstand liggen tot het spoor zijn de gemeten niveaus bij meetpunt 2 significant hoger. Dit is te verklaren doordat zich vlak bij meetpunt 2 een ES-las in het spoor bevindt. Verder is te zien dat vrijwel alleen intercity's meetbaar zijn op de meetpunten verder van het spoor. De sprinters veroorzaken (meestal) een trilling die niet boven de drempelwaarde van 0,05 mm/s komt waardoor er geen meetresultaten zijn voor die passages.

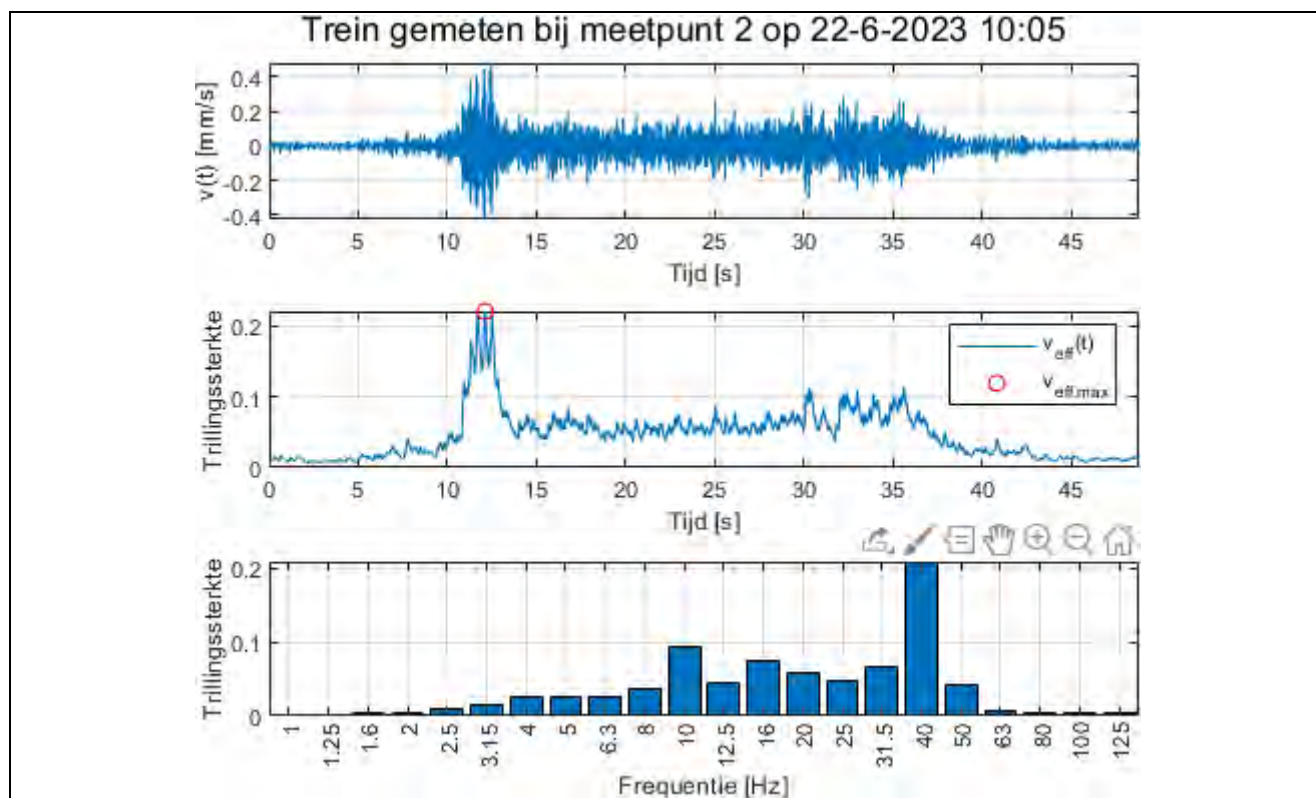
4.2 Onbemande weekmeting

Na de bemande meting is de onbemande meting gestart voor de gehele meetperiode. Onderstaande tabel 4.2 geeft een overzicht van de maximale trillingssterkte en dominante trillingsrichting per etmaal. De hoogste waarden zijn groen gemarkeerd. In bijlage I is het verloop van de trillingssterkte over de gehele meetperiode grafisch weergegeven.

Tabel 4.2: $V_{\max}$ per etmaal tijdens de onbemande meting

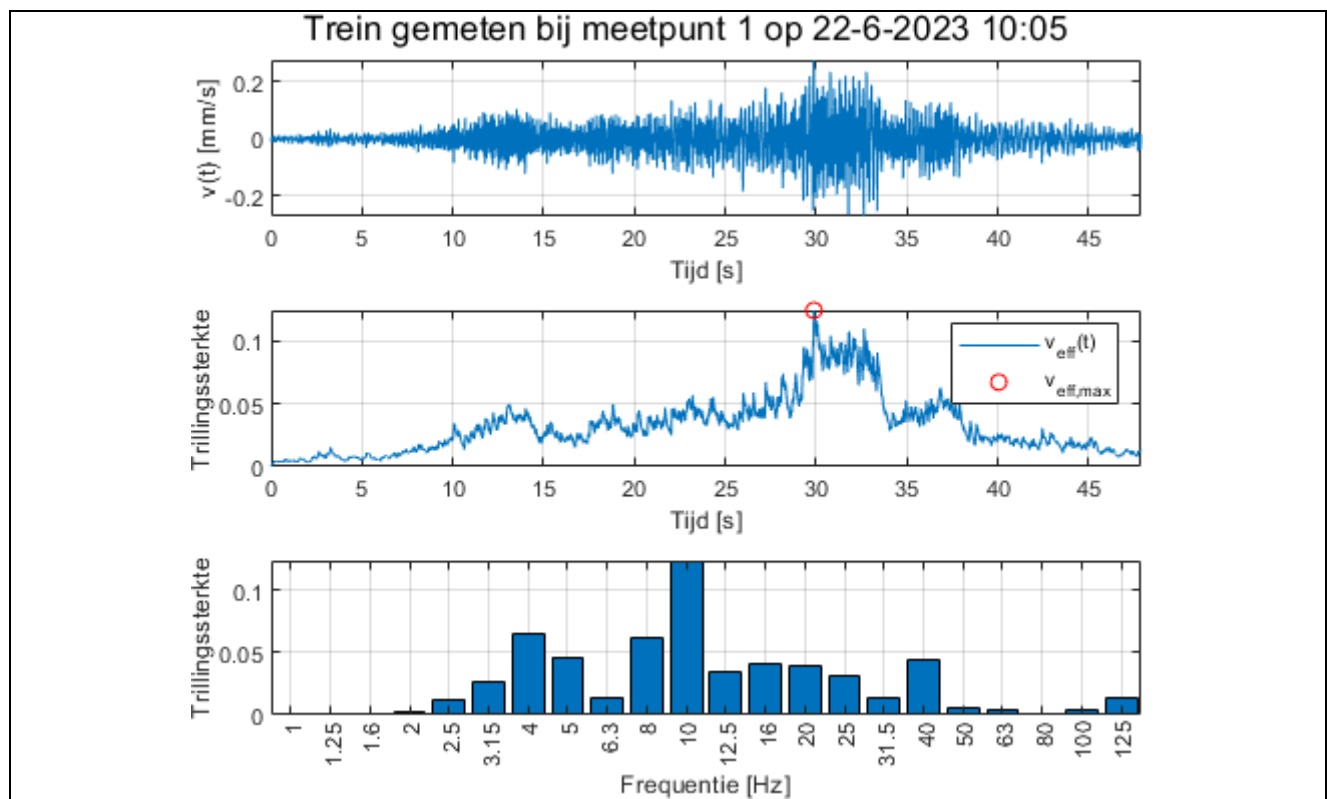
Datum	$V_{\max}$ MP 1 [-]		$V_{\max}$ MP 2 [-]		$V_{\max}$ MP 3 [-]		$V_{\max}$ MP 4 [-]	
woensdag 21 juni 2023	0,10	X	0,15	X	0,09	X	0,06	Y
donderdag 22 juni 2023	0,12	Z	0,22	Y	0,11	X	0,10	X
vrijdag 23 juni 2023	0,16	Y	0,21	Y	0,12	Y	0,10	Z
zaterdag 24 juni 2023	0,14	Z	0,15	Y	0,14	Z	0,13	X
zondag 25 juni 2023	0,11	X	0,13	X	0,06	X	0,06	X
maandag 26 juni 2023	0,11	X	0,19	Y	0,09	X	0,10	X
dinsdag 27 juni 2023	0,12	Z	0,18	Y	0,09	Z	0,08	Z
woensdag 28 juni 2023	0,10	X	0,17	Y	0,08	X	0,08	Z

Tabel 4.2 bevestigt de eerdere waarneming dat de hoogste trillingsniveaus optreden bij meetpunt 2. De maatgevende trein bij meetpunt 2 passeerde op donderdag 22 juni 2023 om 10:05 de projectlocatie en de trillingssterkte bedroeg 0,22 in de horizontale Y-richting. In figuur 4.1 is de verloop van de trilling in de tijd in de verticale richting te zien (boven), de voortschrijdende effectieve waarde $v_{\text{eff}}(t)$ en het bijbehorende maximale trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$ (midden) en de gemeten max-hold tertsbandspectrum (onder).



Figuur 4.1: Treinpassage bij meetpunt 2 op 22 juni 2023 om 10:05

In figuur 4.1 is te zien dat de trillingssterkte het hoogst is ongeveer 13 seconde na het begin van het signaal en dat de 40 Hz tertsband maatgevend is. In figuur 4.2 is het signaal weergegeven dat gelijktijdig is gemeten op meetpunt 1. Daarbij is de Z-richting de dominante trillingsrichting.



Figuur 4.2: Treinpassage bij meetpunt 1 op 22 juni 2023 om 10:05

Waarbij bij meetpunt 2 de 40 Hz tertsbands maatgevend is, is dat bij meetpunt 1, waar de 10 Hz tertsbands maatgevend is, niet het geval. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de ES-las in het spoor nabij meetpunt 2. Als gevolg van een dergelijke las is met name voor de hogere frequentiebanden een toename in trillingssterkte te verwachten.

Bijlage II geeft het tijdsignaal, de voortschrijdende effectieve waarde $v_{eff(t)}$ het max-hold tertsbandspectrum van de hoogste 10 meetsignalen per meetpunt.

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:

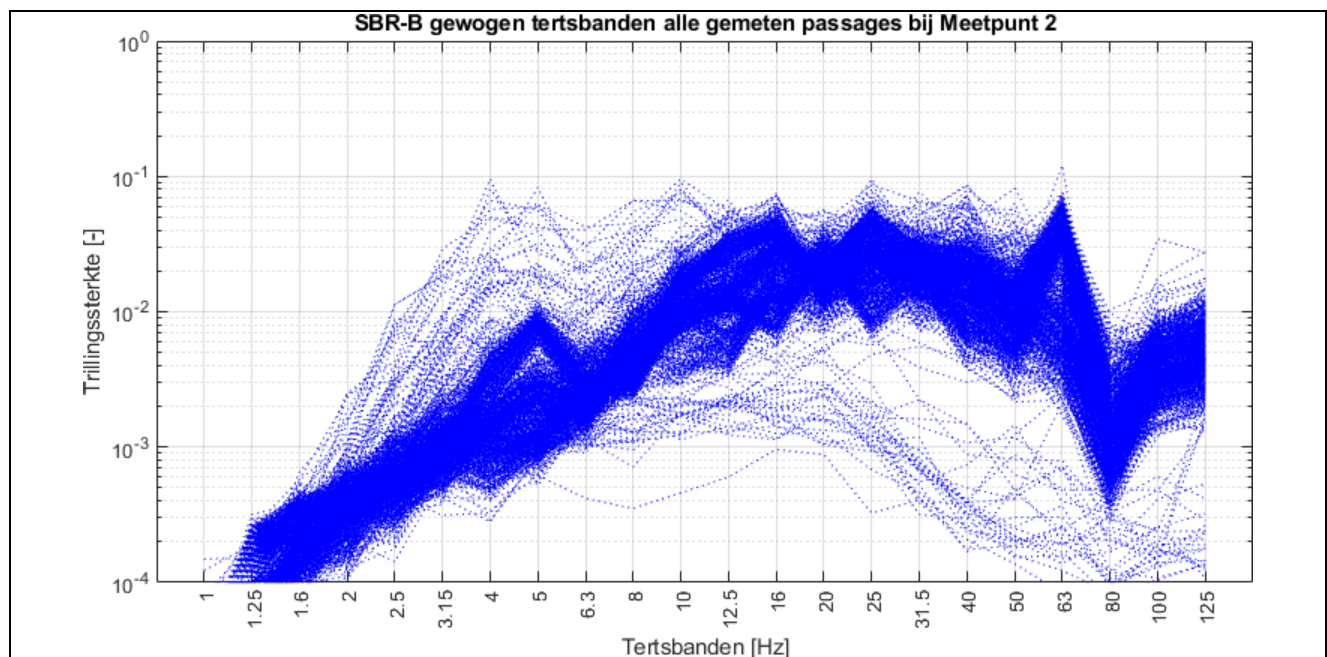
1. Correctie voor verschil in afstand spoor – meetpunt en spoor – nieuwbouw.
2. Berekening trillingssterkte op fundament o.b.v. karakteristieke overdracht van maaiveld op fundering.
3. Berekening van trillingssterkte op vloerveld o.b.v. te verwachten versterking afhankelijk van eerste eigenfrequentie van de vloer. Deze versterking treedt alleen in verticale richting op. Daarom is de dominante trillingsrichting op een vloer in de meeste gevallen de verticale richting, zelfs als op maaiveld de horizontale richting dominant is.

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 treinpassages waarvoor tijdsignaal is geregistreerd, is het kenmerkende max-hold tertsbandspectrum van het tijdsignaal bepaald en vervolgens spectraal gewogen conform SBR-B en geschaald naar de bijbehorende maximale trillingssterkte $V_{\max}$. Onderstaande figuur geeft alle gemeten spectra om meetpunt 2.



Figuur 5.1: Alle gemeten SBR-B gewogen tertsbandspectra bij meetpunt 2

Uit de spectra in figuur 5.1 blijkt dat sprake is van een relatief breed dominant aanstootspectrum in de frequentiebanden van 4 tot 63 Hz. Bij de lagere frequentiebanden blijken slechts een beperkt aantal treinen verantwoordelijk voor de hoogste niveaus.

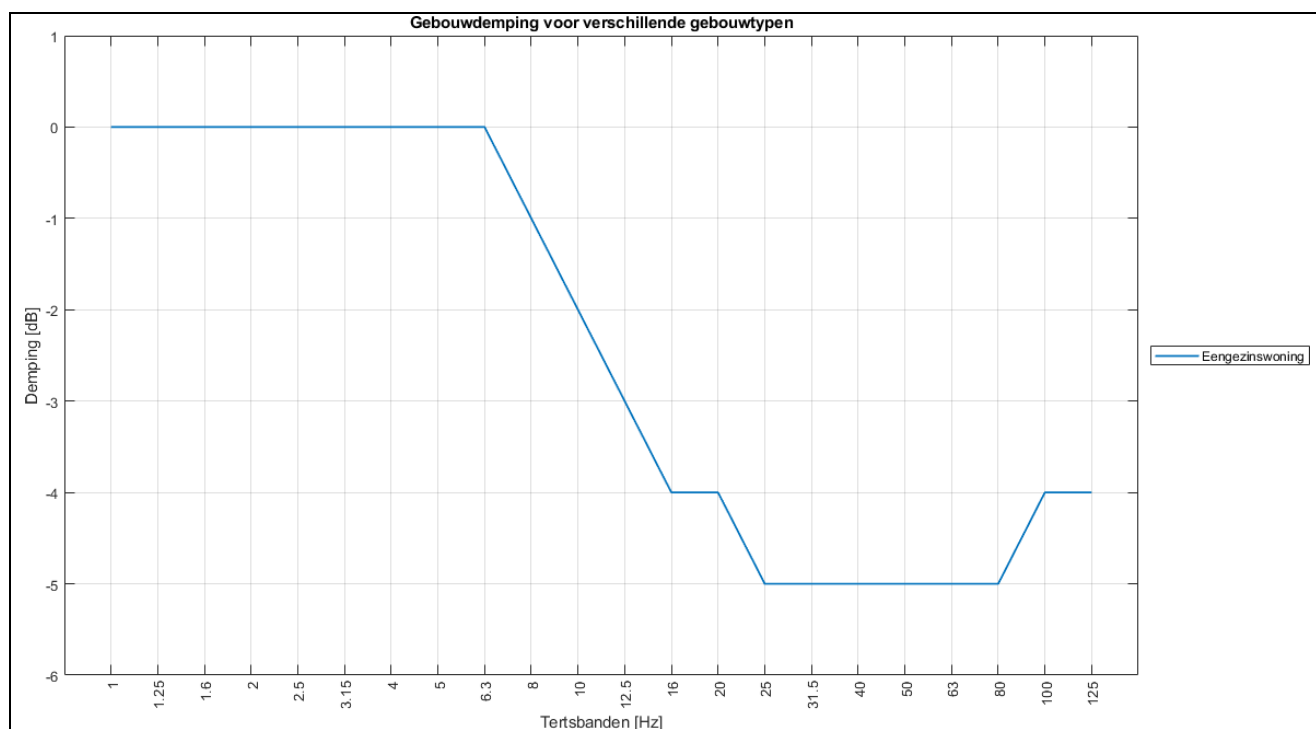
De spectra van de overige meetpunten zijn te vinden in bijlage III.

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 5.2 geeft het gehanteerde spectrum weer.



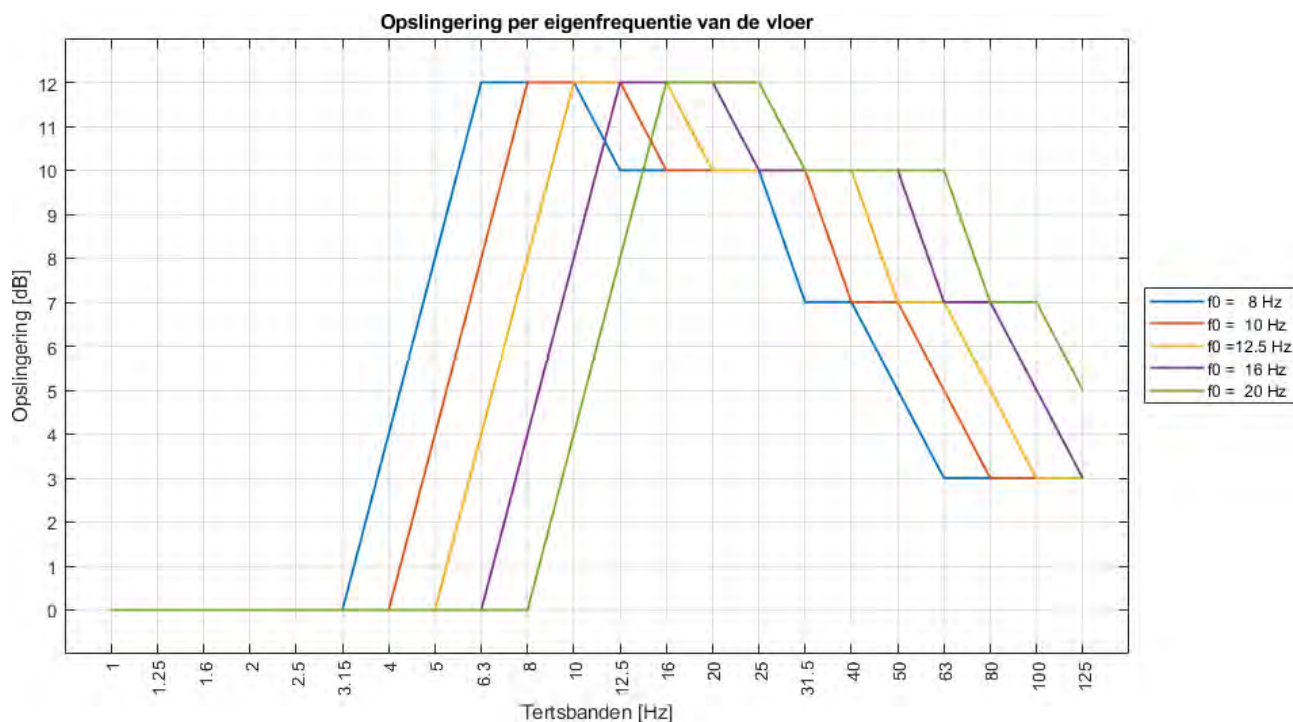
Figuur 5.2 : Gebouwdemping toegepast in het prognosemodel voor eengezinswoningen

Een waarde van 0 wil zeggen dat er geen versterking of verzwakking optreedt en een negatieve waarde betekent een reductie van de trillingen. Voor de allerlaagste frequenties vanaf de 1 tot 6,3 Hz tertsbanden heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 5 dB, iets minder dan een factor 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 5.3 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 5.3: 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 spectrum van 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). De uiteindelijk geprognosticeerde trillingssterkte $V_{\max}$ is de overallwaarde van het berekende spectrum.

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 de toekomstige woningen

	$V_{\max}$, best case eigenfrequentie f_0				$V_{\max}$, worst case eigenfrequentie f_0			
	f_0	Nacht	Dag	Avond	f_0	Nacht	Dag	Avond
Meetpunt 1	20	0,22	0,19	0,16	8	0,42	0,36	0,37
Meetpunt 2	20	0,25	0,27	0,23	8	0,39	0,33	0,37
Meetpunt 3	20	0,18	0,14	0,13	8	0,42	0,26	0,34
Meetpunt 4	20	0,15	0,13	0,12	8	0,32	0,26	0,29

Uit tabel 5.1 blijkt dat voor alle meetpunten de best case eigenfrequentie 20 Hz bedraagt en de worst case 8 Hz. Dat komt doordat de dominante frequentie van de trillingen (mede door de reductie bij op funderingsniveau) bij 8 tot 10 Hz ligt. Als de vloer-eigenfrequentie overeenkomt met de dominante aanstootfrequentie, zullen trillingen versterkt worden (en zal de hoogste $V_{\max}$ 0,42 bedragen). Als de eigenfrequentie van de vloer niet overeenkomt (20 Hz bedraagt), worden de dominante trillingen op 8-10 Hz minder versterkt (en zal de hoogste $V_{\max}$ 0,27 bedragen).

5.4 Beoordeling $V_{\max}$

De eerste beoordeling van de trillingssterkte $V_{\max}$ vindt plaats op basis van de SBR-B A_2 streefwaarde. De streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties bedraagt 0,2 in de nacht- en 0,4 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 de streefwaarde voor nieuwe situaties wordt overschreden maar dat voldaan wordt aan de streefwaarde voor bestaande situaties. Oranje betekent dat ook de streefwaarde voor bestaande situaties wordt overschreden.

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 nieuwe / bestaande situaties	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt 1	0,42	0,36	0,37
Meetpunt 2	0,39	0,33	0,37
Meetpunt 3	0,42	0,26	0,34
Meetpunt 4	0,32	0,26	0,29

Uit tabel 5.2 blijkt dat voor alle woningen (voor alle meetpunten $A_2 = 0,2$ voor de nieuwe situaties in de nachtperiode wordt overschreden en in de eerstelijns woningen nabij meetpunt ook de $A_2 = 0,4$ voor bestaande situaties. Voor de dag- en avondperiode wordt in alle woningen aan de $A_2 = 0,4$ voor nieuwe situaties voldaan. Dit betekent dat in de nachtperiode dat hinder van trillingen door het spoorwegverkeer is te verwachten.

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 nieuwe / bestaande situaties	0,2 / 0,4	0,4 / 0,8	0,4 / 0,8
Meetpunt 1	0,22	0,19	0,16
Meetpunt 2	0,25	0,27	0,23
Meetpunt 3	0,18	0,14	0,13
Meetpunt 4	0,15	0,13	0,12

In tabel 5.3 is te zien dat alleen voor de eerstelijns woningen (de twee meetpunten het dichtst bij het spoor) sprake is van een overschrijding van de A_2 streefwaarde voor nieuwe situaties in de maatgevende nachtperiode (0,2). Deze overschrijding is relatief klein (0,25 en 0,22 ten opzichte van 0,2). Voor de achterliggende woningen (meetpunten 3 en 4) en voor de andere periodes (dag en avond) voldoet de trillingssterkte aan de streefwaarde voor nieuwe situaties. Dit betekent dat conform SBR-B geen sprake is van trillingshinder.

5.5 Beoordeling V_{per}

Omdat de $A_1 = 0,1$ streefwaarde wordt overschreden moet naast de maximale trillingssterkte ook de gemiddelde trillingssterkte V_{per} worden beoordeeld. Deze is berekend door de te verwachten overdracht in de woning te spectraal te vermenigvuldigen met de spectra van alle gemeten treinpassages. Onderstaande tabel 5.4 geeft een samenvatting van het resultaat bij 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 $v_{eff,max}$ 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 nieuwe / bestaande situaties	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt 1	0,02	0,01	0,02
Meetpunt 2	0,02	0,02	0,02
Meetpunt 3	0,02	0,01	0,02
Meetpunt 4	0,01	0,01	0,02

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 nieuwe / bestaande situaties	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1	0,05 / 0,1
Meetpunt 1	0,01	0,01	0,01
Meetpunt 2	0,02	0,02	0,03
Meetpunt 3	0,01	0,01	0,01
Meetpunt 4	0,00	0,00	0,01

Uit bovenstaande tabellen wordt geconcludeerd dat V_{per} voor alle locaties voldoet, onafhankelijk van de vloer-eigenfrequentie. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} is niet maatgevend voor trillingshinder.

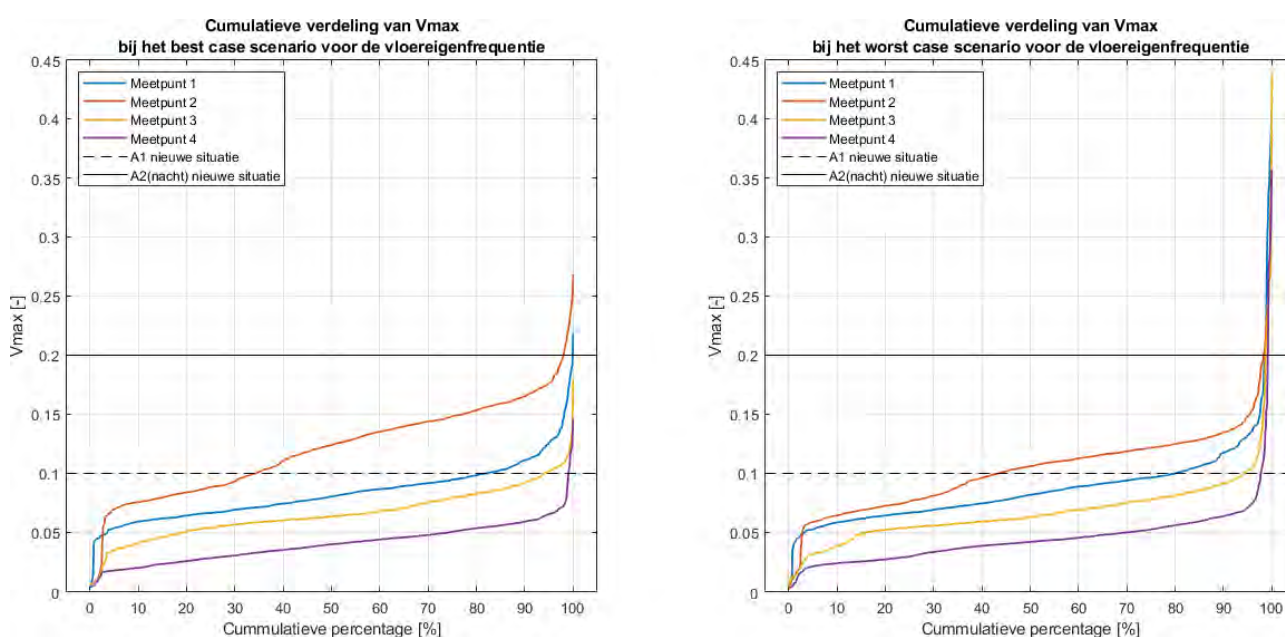
5.6 Beschouwing

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.

5.6.2 Aantal overschrijdingen per week

Het is ook belangrijk om te beseffen dat niet elke treinpassage een overschrijding veroorzaakt zoals berekend. De prognose is beoordeeld op basis van de $V_{\max}$ over een meetperiode van zeven dagen. Figuur 5.4 toont de verdeling van de geprognosticeerde $V_{\max}$ voor alle meetpunten over de meetperiode van zeven 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 V_{per} aan de A_3 streefwaarde.



Figuur 5.4: Cumulatief grafiek van de $V_{\max}$ voor de best- en worst case scenario

In figuur 5.4 is te zien dat in het geval van de het best case scenario voor de vloereigenfrequentie slechts een klein deel van de treinen een overschrijding zou leveren voor de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode (0,2). Voor meetpunt 1 is dit minder dan 1% van de treinen en voor meetpunt 2 minder dan 3%. Zelfs als er geen rekening wordt gehouden met de eigenfrequentie van de vloer blijft het aantal treinen beperkt dat voor een overschrijding zorgt van de streefwaarde A_2 voor de nachtperiode (0,2) namelijk 2 – 3%. Dit betekent dat slechts enkele treinen per week mogelijk hinder veroorzaken in de woningen.

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 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 met grote stijfheid.

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. De verwachting is dat met maatregelen aan de streefwaardes voor nieuwe situaties uit SBR-B kan worden voldaan, of dat nagenoeg kan worden voldaan.

6 Conclusie

Het uitgevoerde trillingsonderzoek leidt samenvattend tot de volgende conclusies:

5. De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van treinverkeer is te verwachten in de nachtperiode als in het ontwerp van de woningen géén rekening met de aanwezige trillingen wordt gehouden. De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ kan in dat geval oplopen tot 0,42. Daarmee wordt de SBR-B streefwaarde $A_2 = 0,2$ voor nieuwe situaties overschreden met een factor 2,1 in de maatgevende nachtperiode. Ook de $A_2 = 0,4$ voor bestaande situaties wordt daarmee (in minimale mate) overschreden in de eerstelijns woningen.
6. Als bij het ontwerp van de vloerconstructie in de toekomstige gebouwen, rekening gehouden wordt met de aanwezige trillingen, kan de maximaal te verwachten trillingssterkte teruggebracht worden naar 0,25 (in de maatgevende nachtperiode). Dan blijft een beperkte overschrijding van de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties (0,2) over.
7. Verwacht wordt dat met aanvullende maatregelen in de woningen kan worden voldaan aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Mogelijke maatregelen kunnen daarbij bestaan uit:
 - a. Verhogen van de eerste eigenfrequentie van de vloeren door deze stijver (dikker) en/ of lichter uit te voeren of door de overspanning te beperken.
 - b. Verzwaring van de fundering en/ of de gebouwconstructie.
 - c. De fundering ontkoppelen van de bodem (en alleen via de palen gekoppeld).
 - d. Toepassing van een trillingsisolerend scherm in de bodem tussen gebouw en spoor.
 - e. Toepassing van trillingsisolatie onder het gebouw.
8. De gemiddelde trillingssterkte V_{per} voldoet ruimschoots aan de SBR-B streefwaarde A_3 ongeacht of in de constructie rekening wordt gehouden met de aanwezige trillingen.

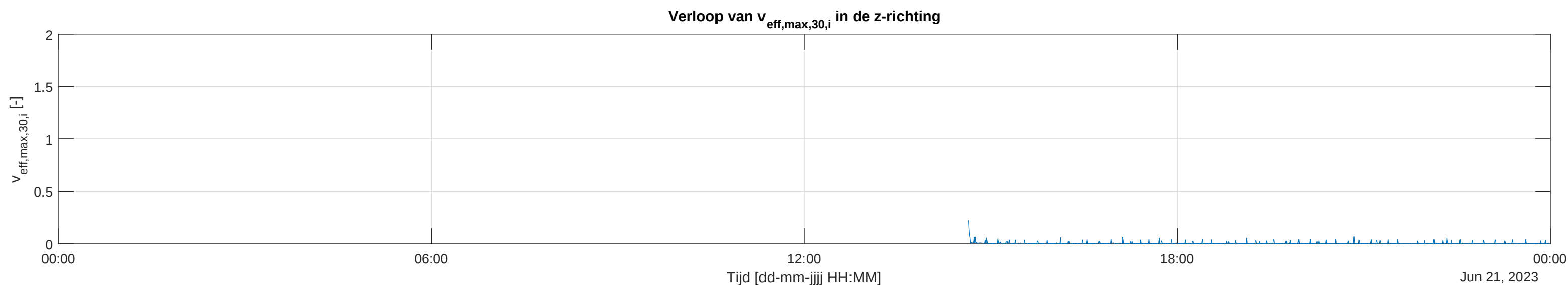
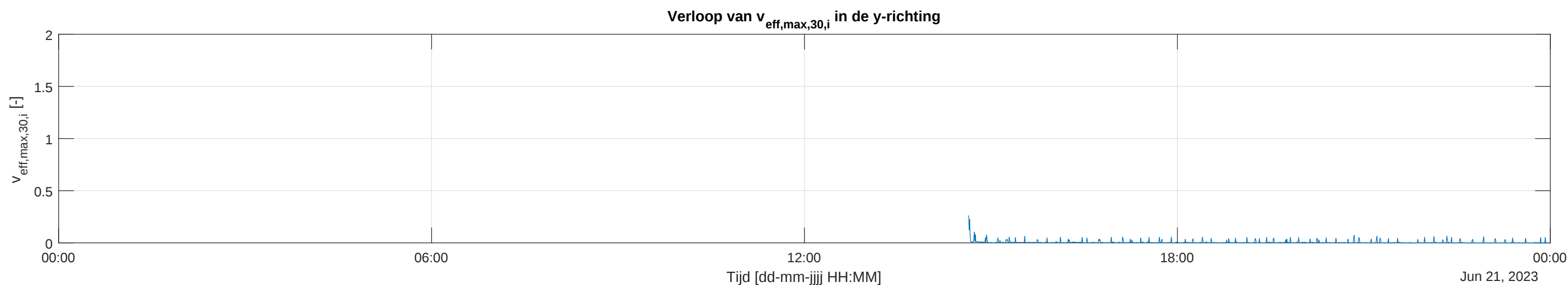
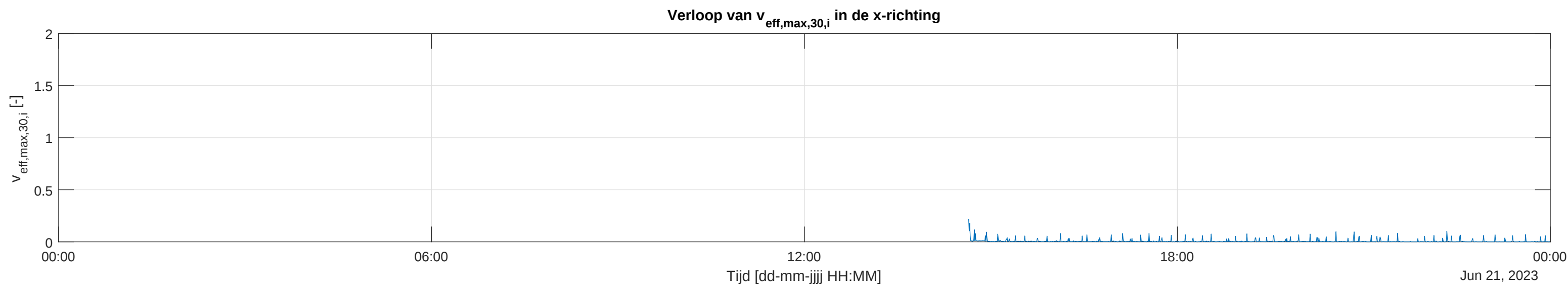
Aanbevolen wordt om een gedetailleerdere prognose van de te verwachten trillingen op te stellen op basis van een Eindige Elementen Methode (EEM) rekenmodel van het gebouw (en de bodem tussen gebouw en spoor). Op basis daarvan kan een nauwkeuriger prognose worden opgesteld en kan worden bepaald welke (combinatie van) maatregelen het meest effectief zijn om de trillingsniveaus te reduceren. Daarmee wordt trillingshinder zo veel als mogelijk beperkt maar wordt tegelijk voorkomen dat niet-doelmatige en dure maatregelen worden getroffen.

Cauberg Huygen B.V.

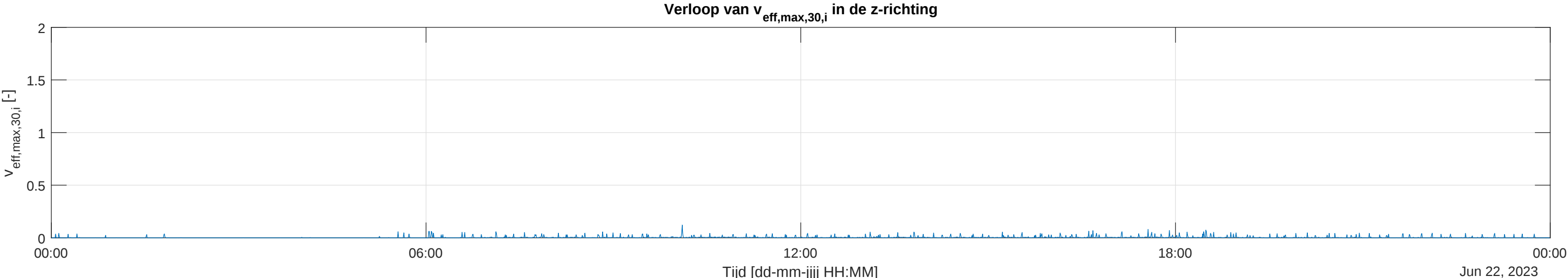
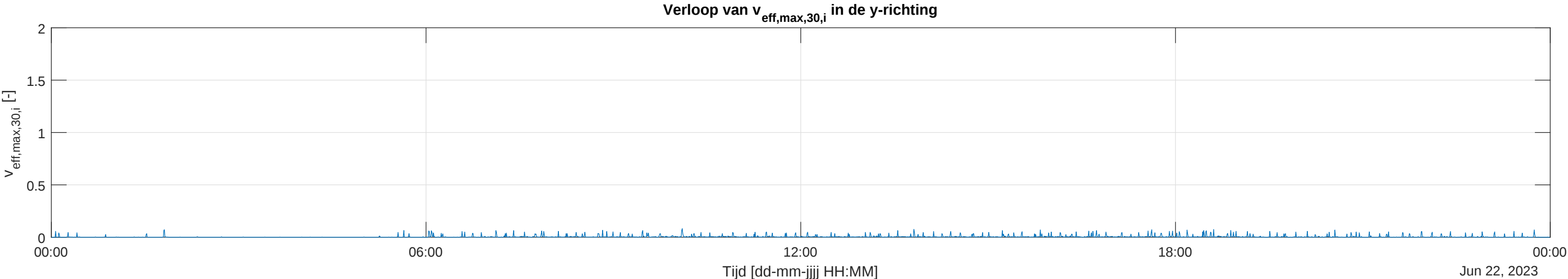
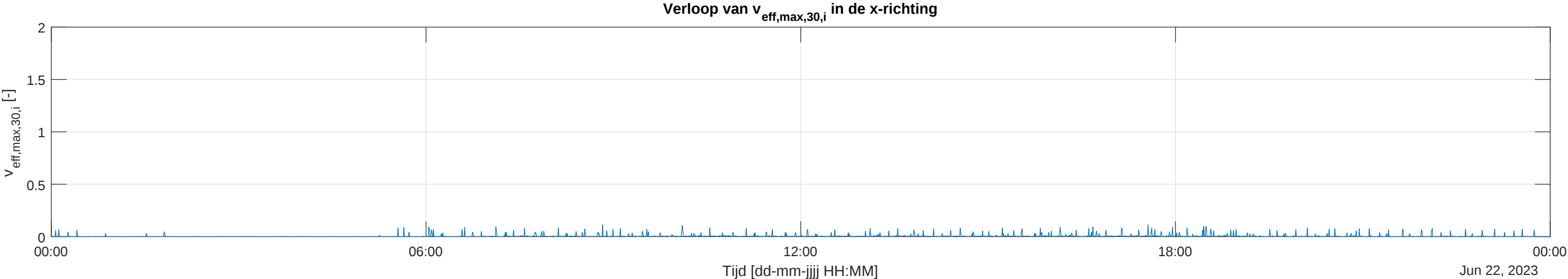
De heer ir. G.H.J. Busscher
Senior adviseur

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

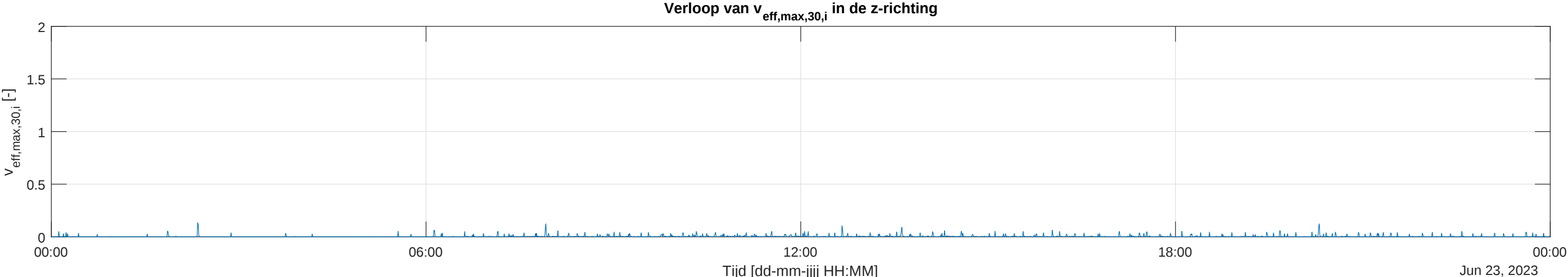
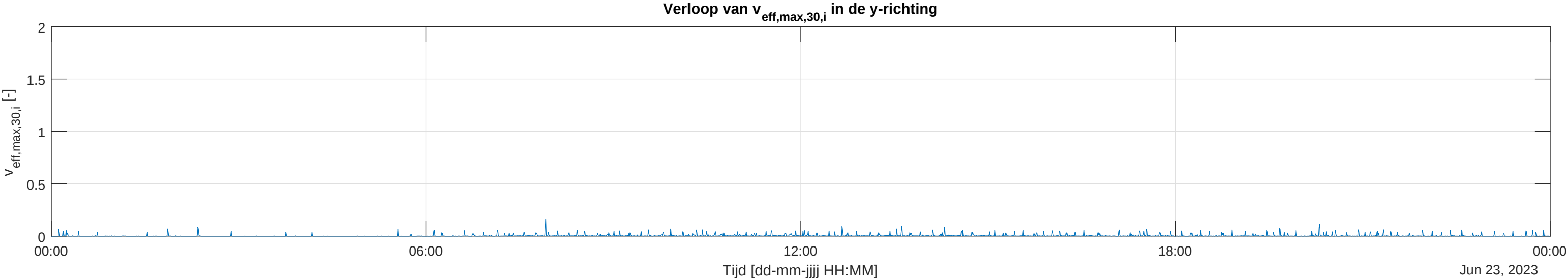
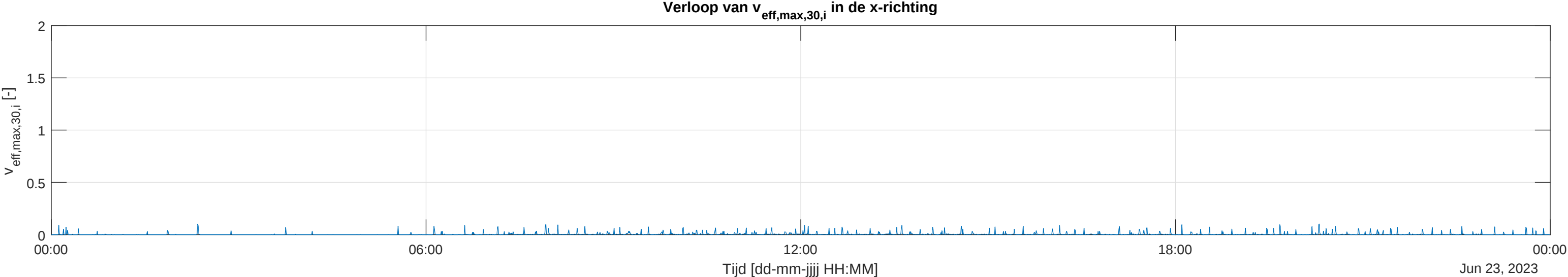
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 21-Jun-2023



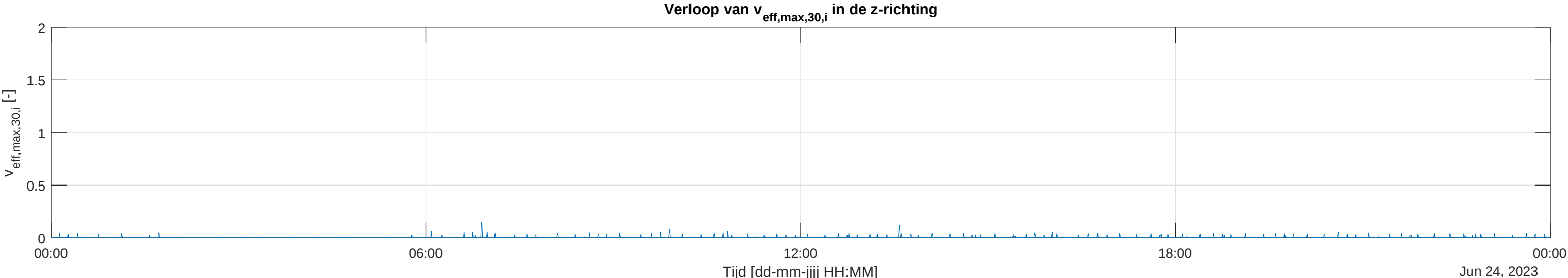
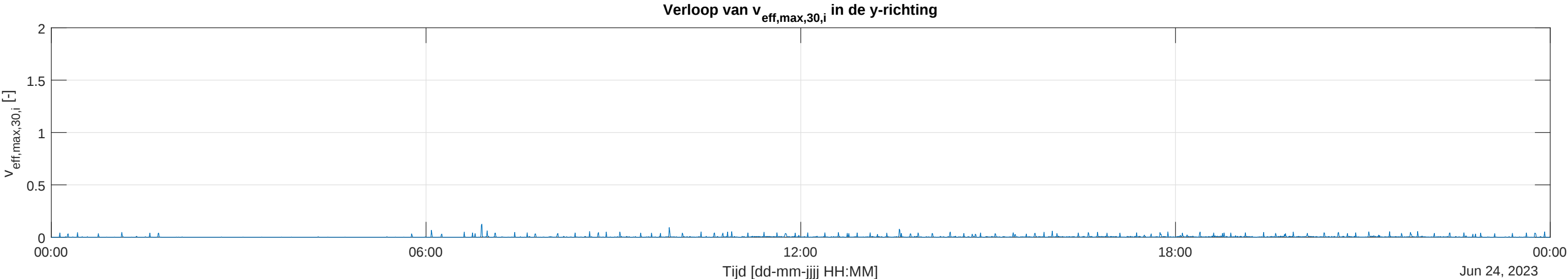
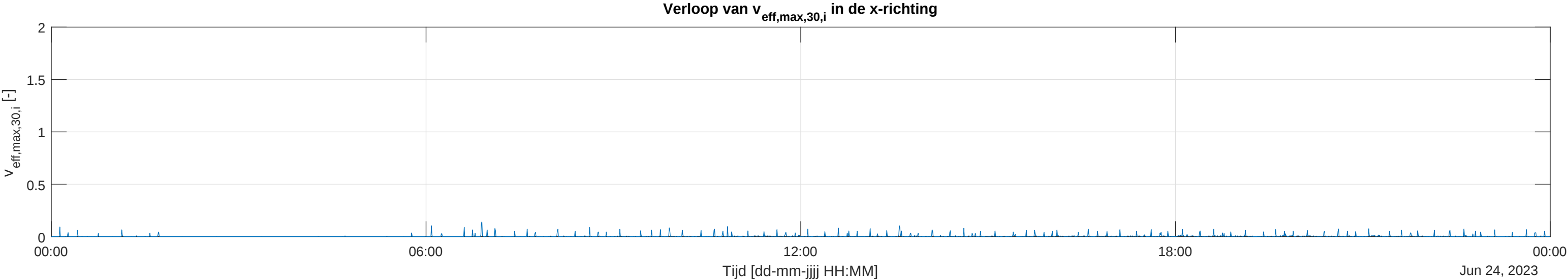
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 22-Jun-2023



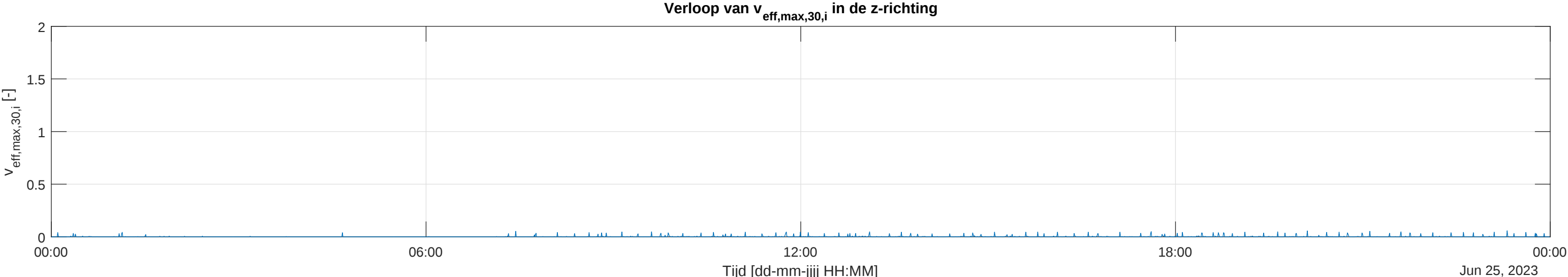
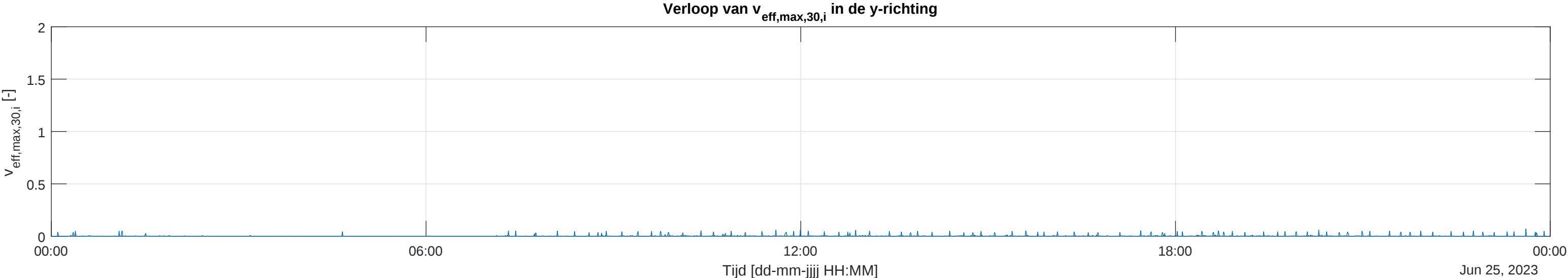
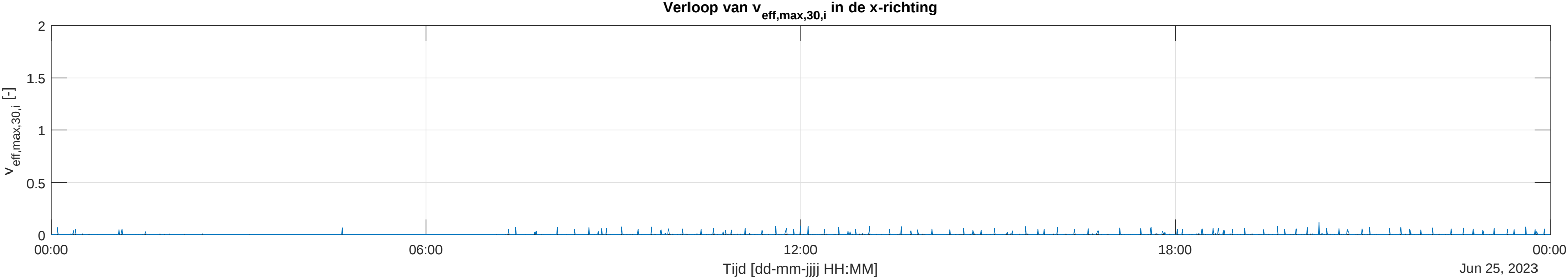
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 23-Jun-2023



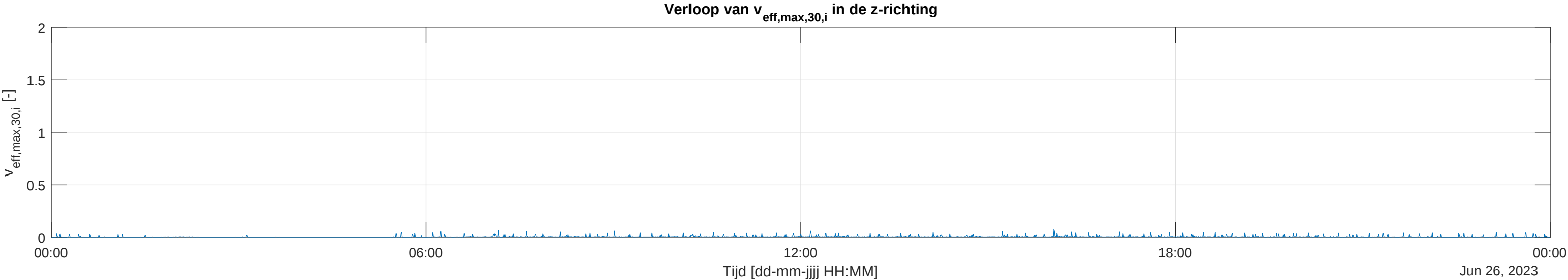
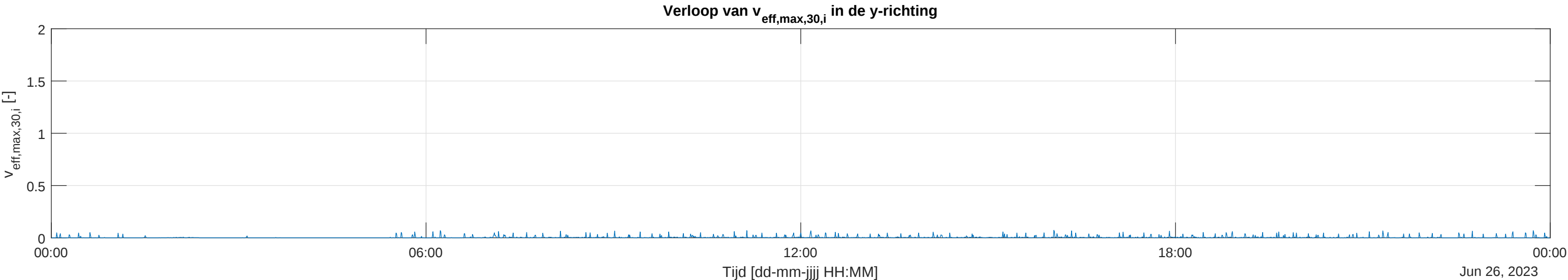
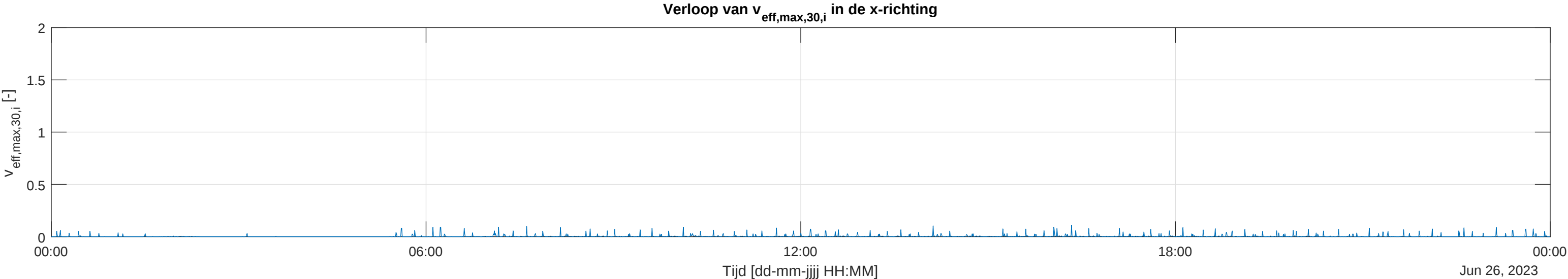
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 24-Jun-2023



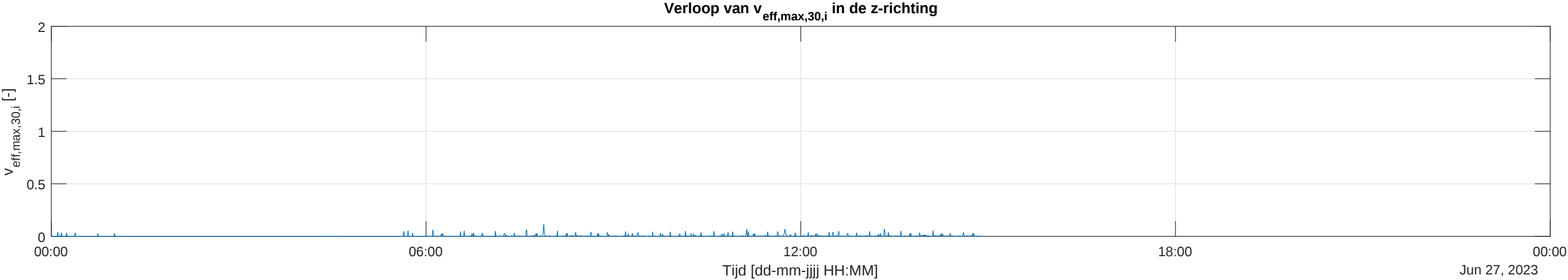
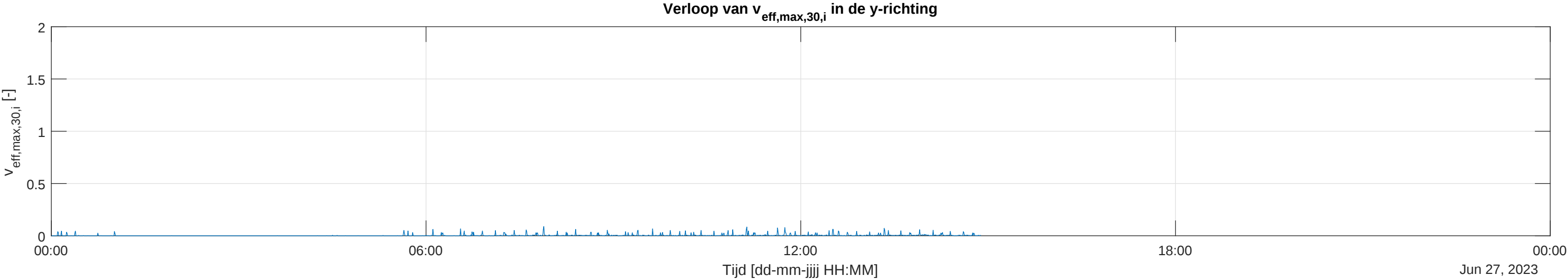
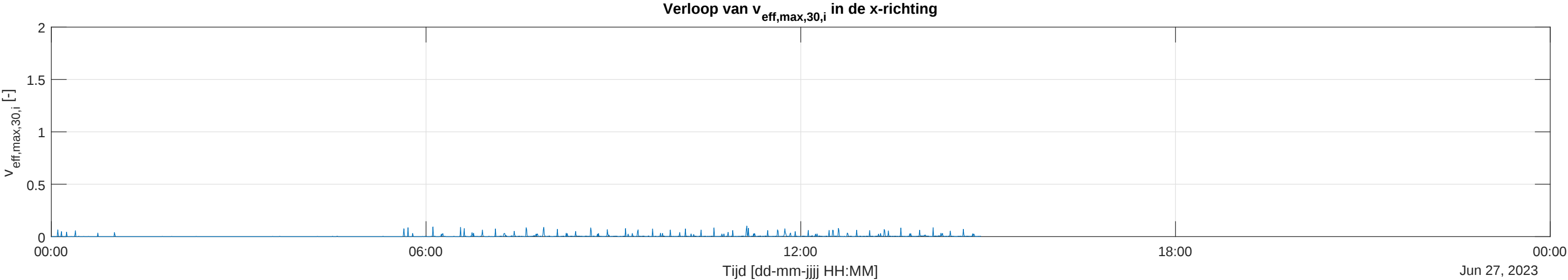
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 25-Jun-2023



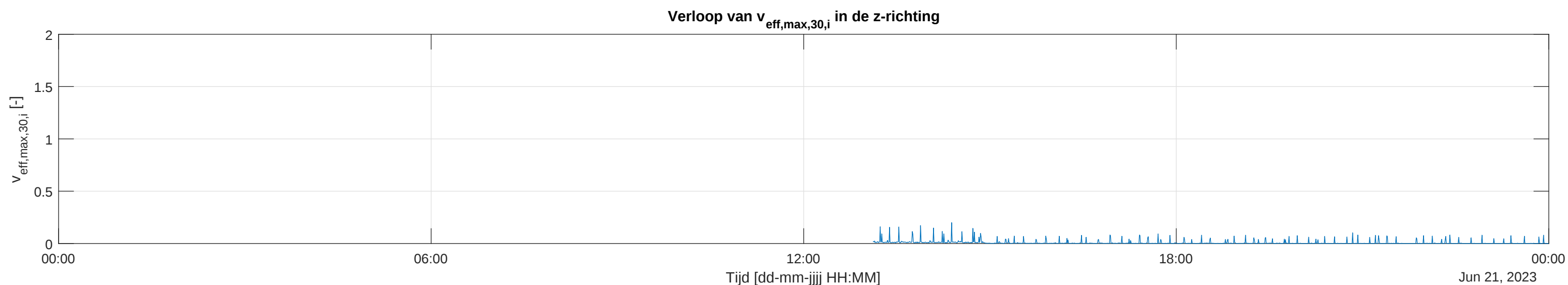
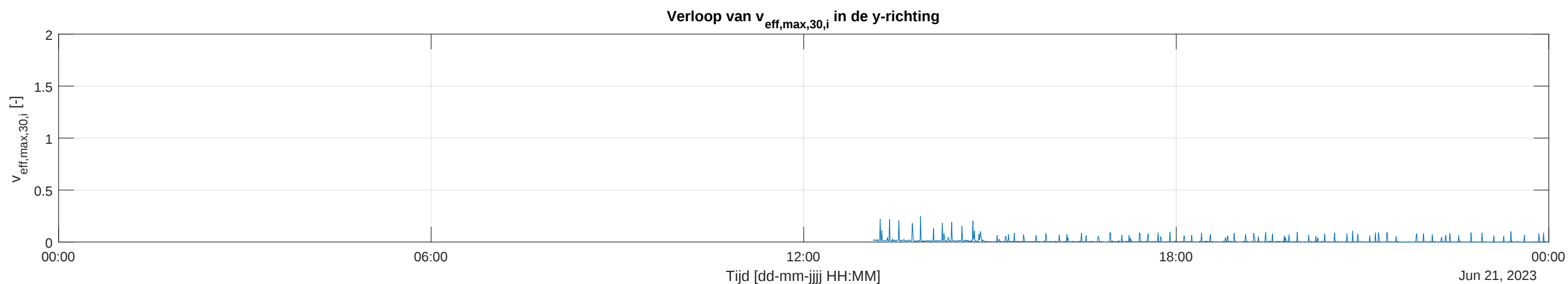
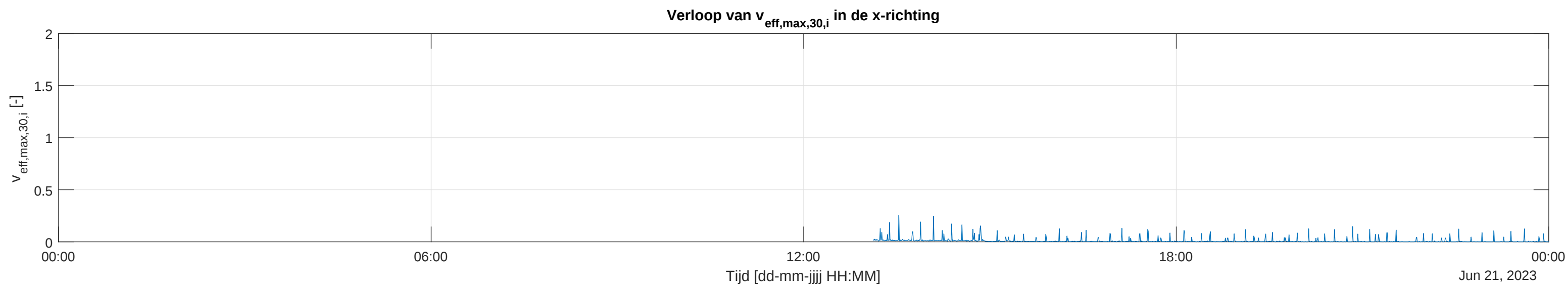
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 26-Jun-2023



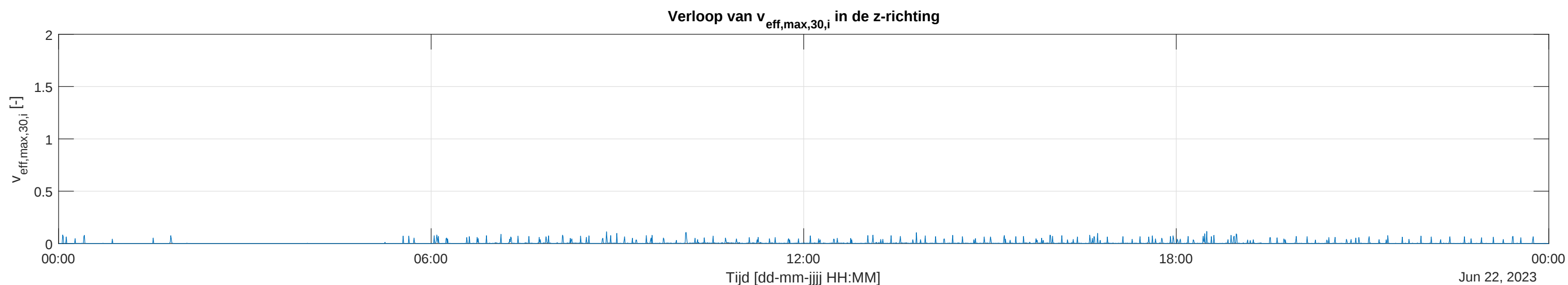
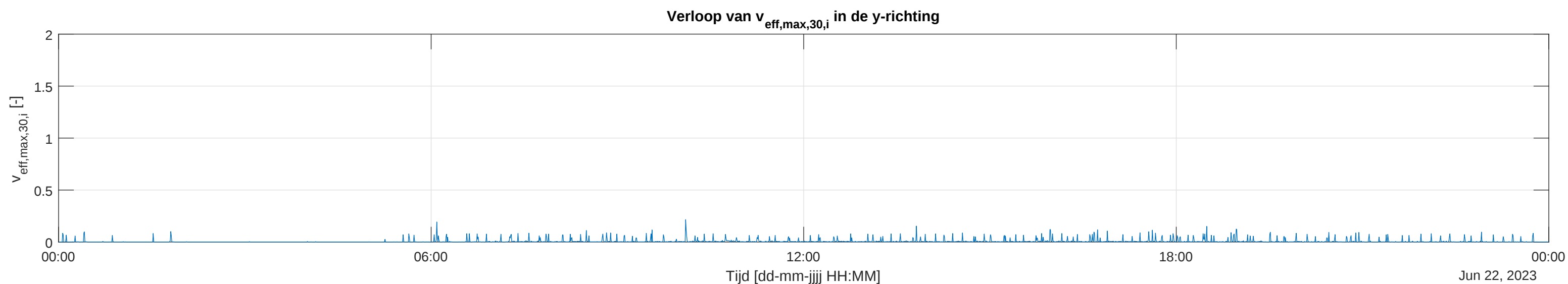
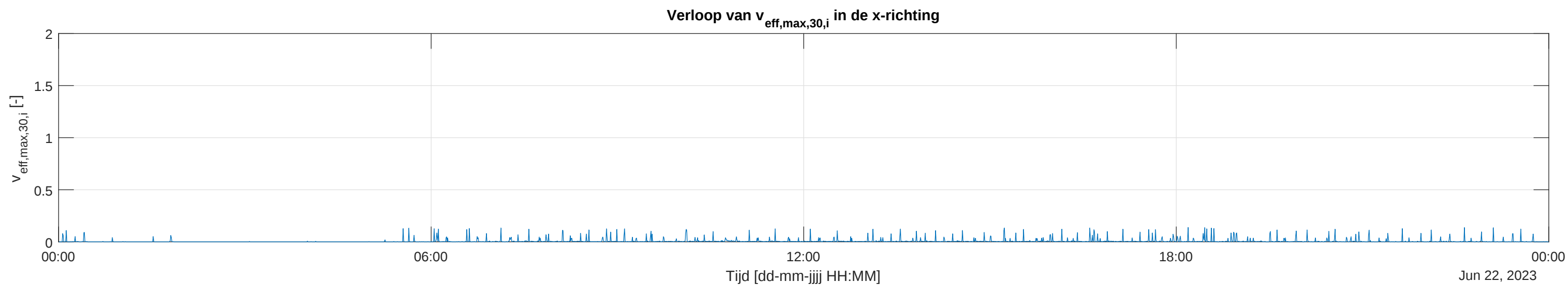
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 1 ZT42 GroeneWoud op 27-Jun-2023



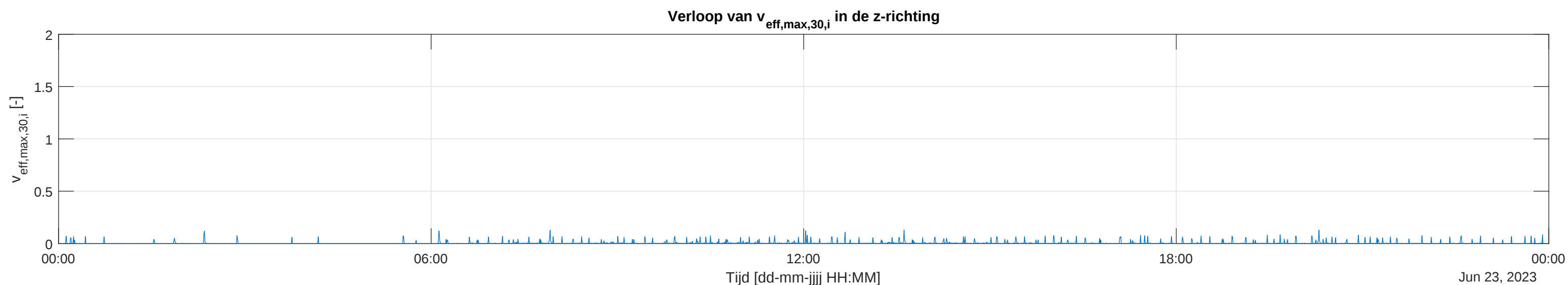
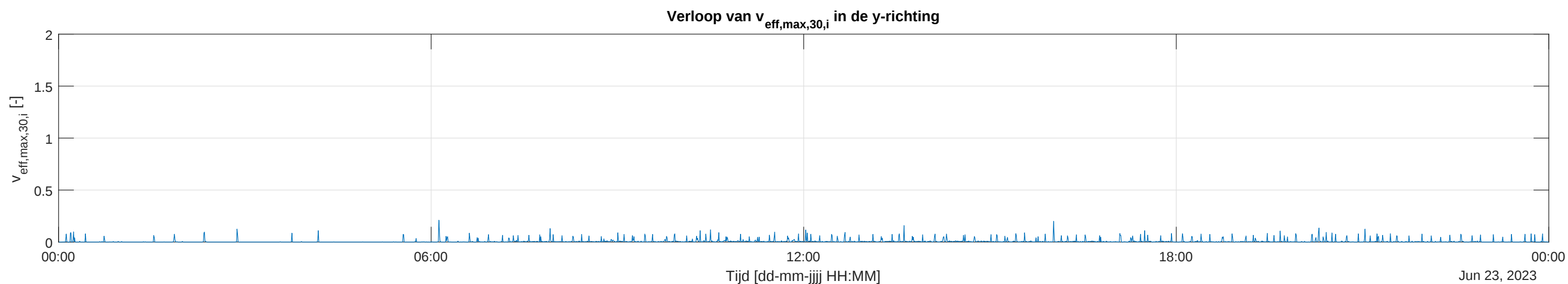
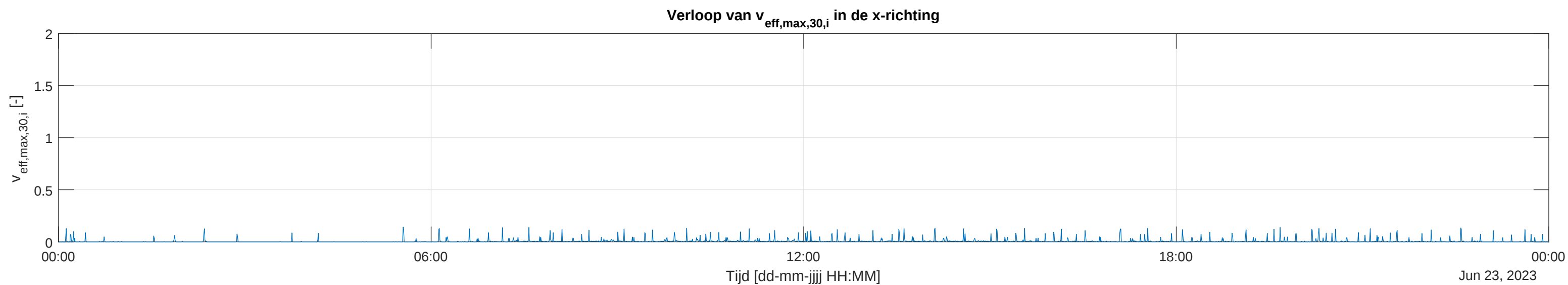
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 21-Jun-2023



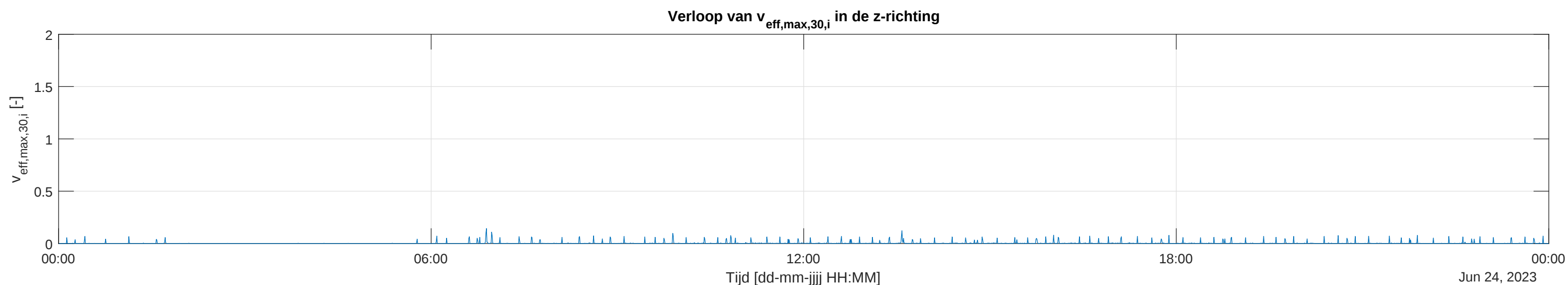
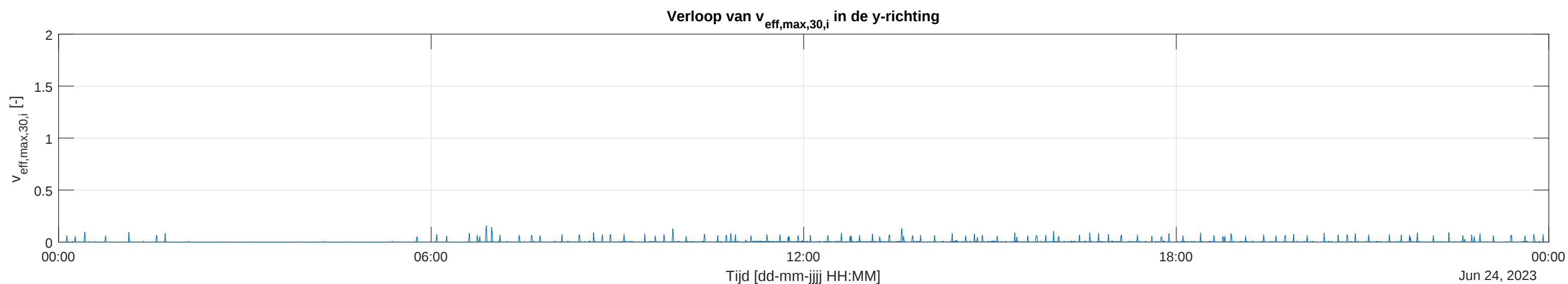
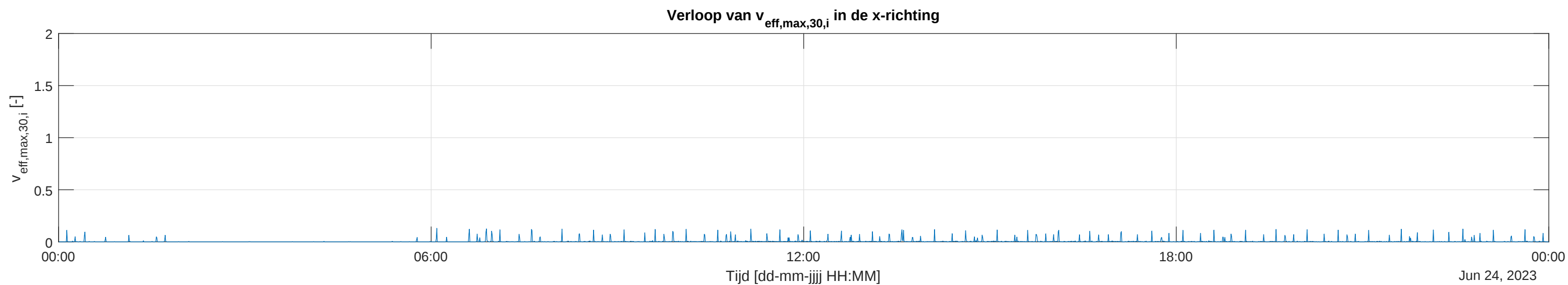
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 22-Jun-2023



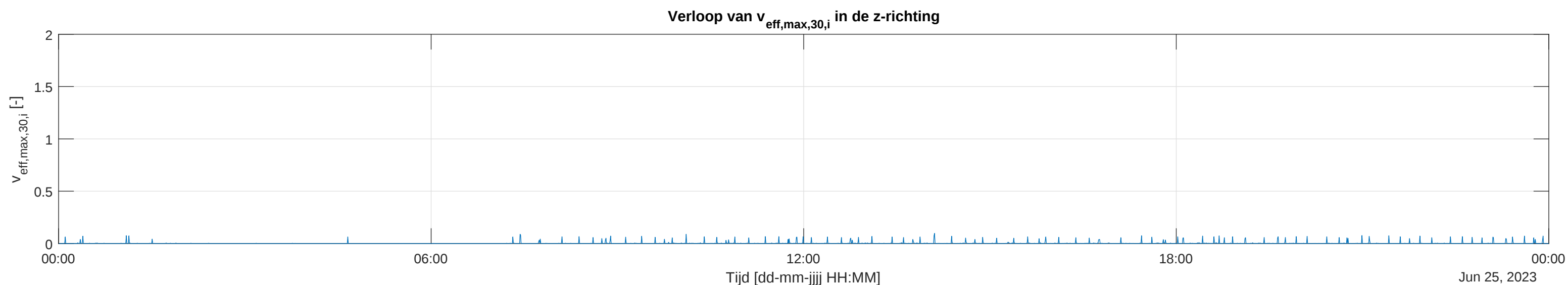
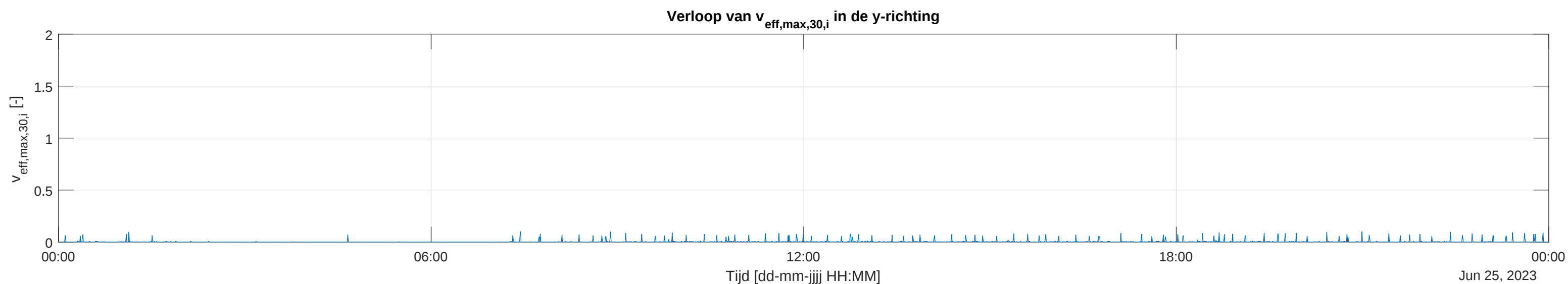
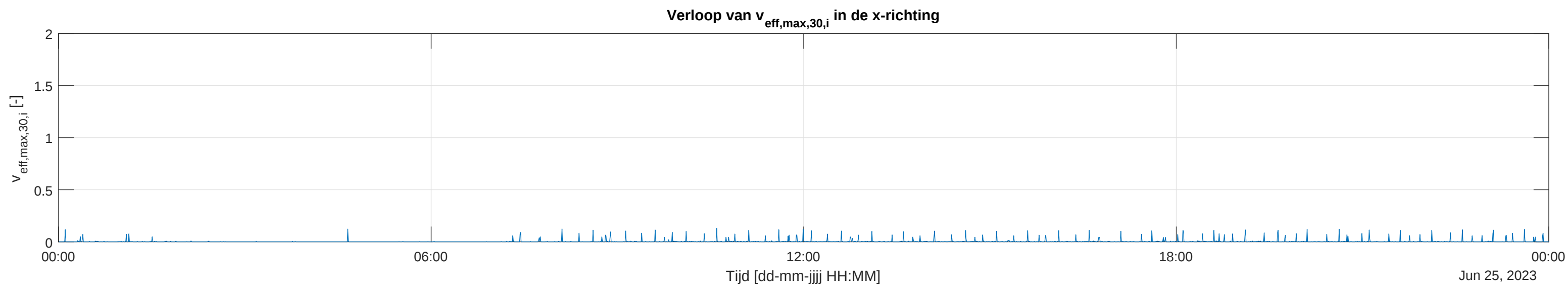
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 23-Jun-2023



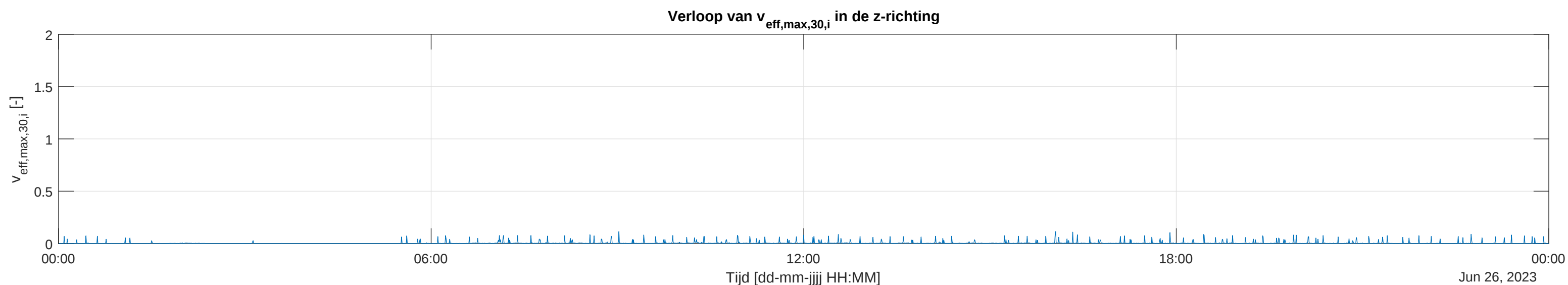
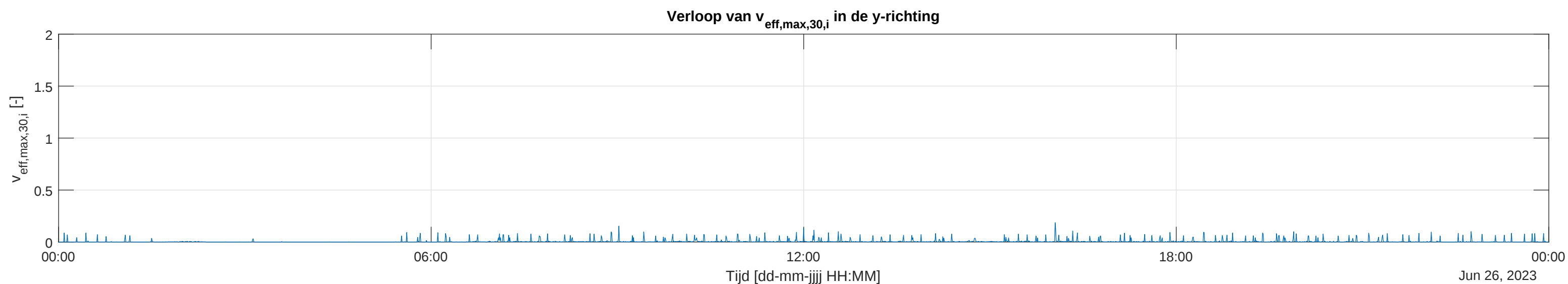
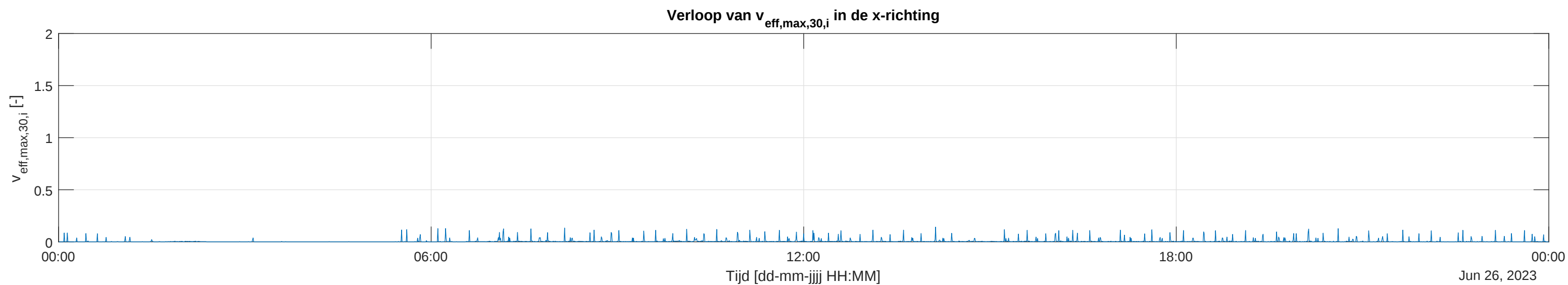
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 24-Jun-2023



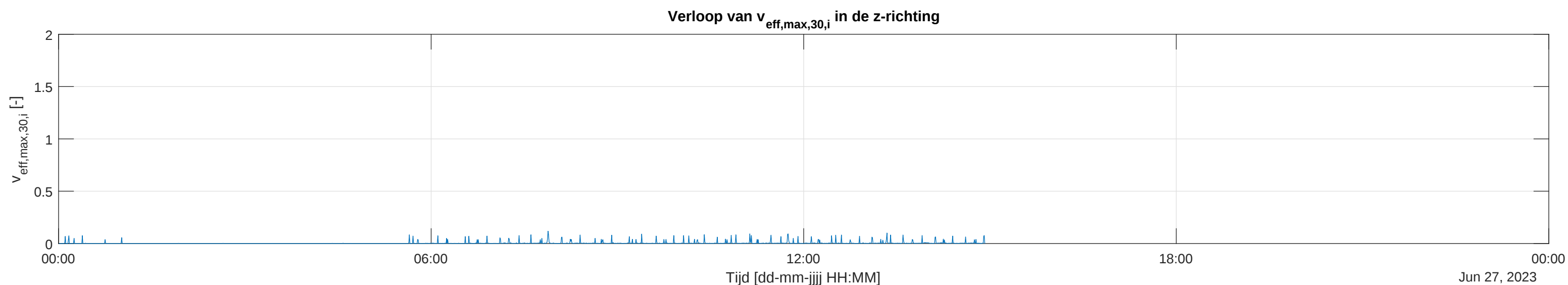
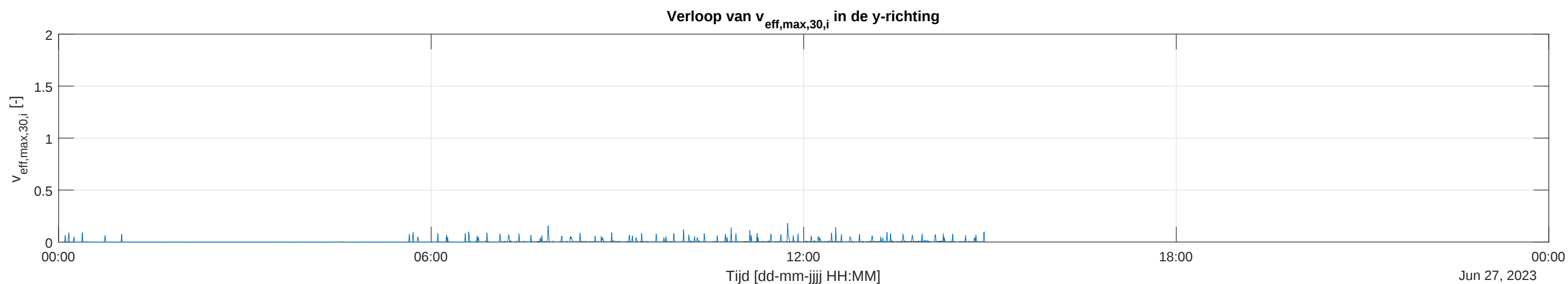
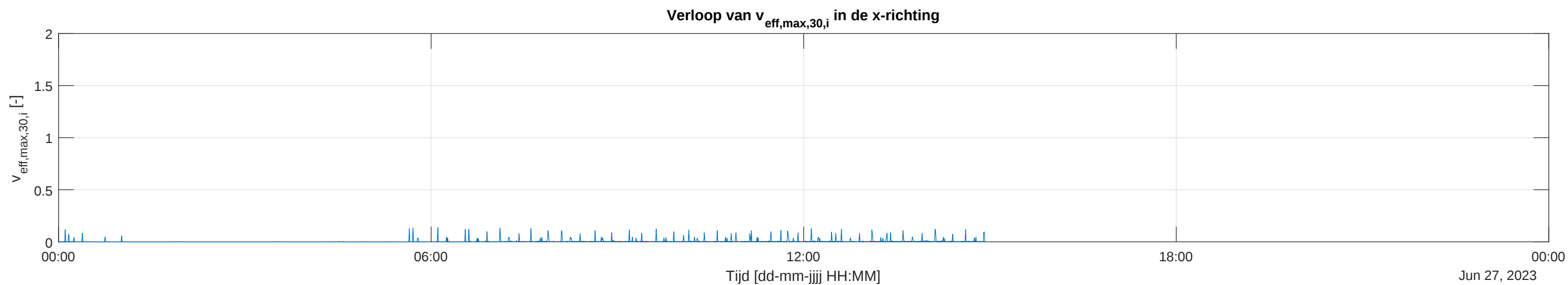
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 25-Jun-2023



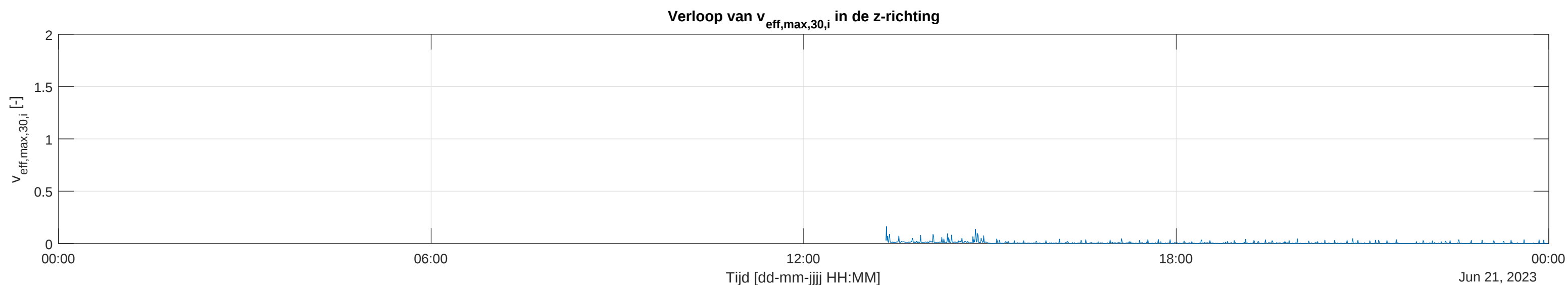
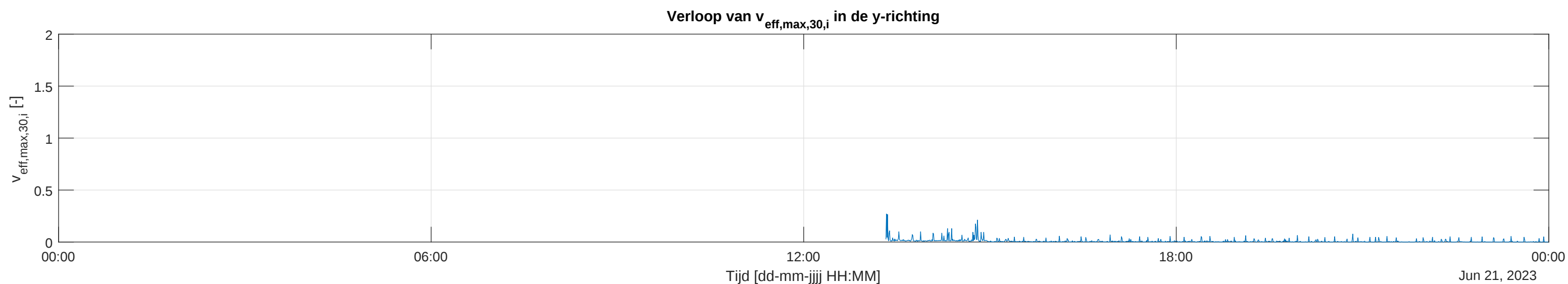
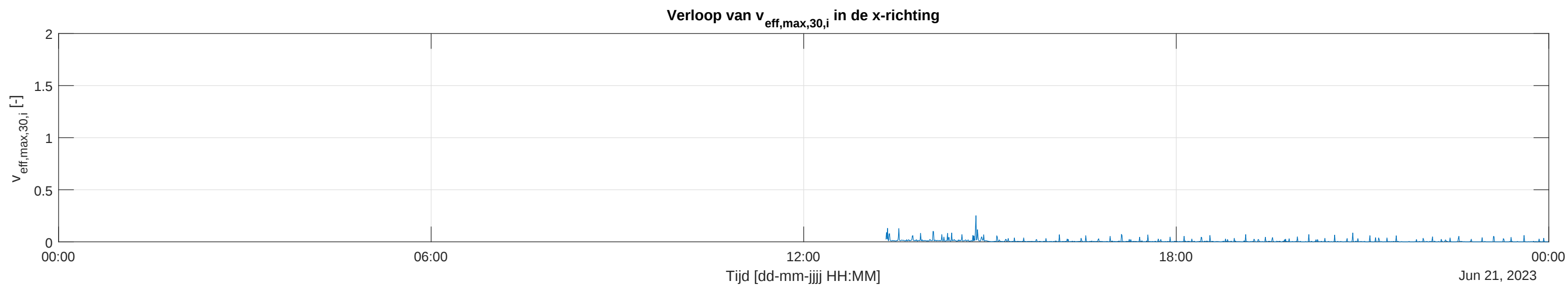
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 26-Jun-2023



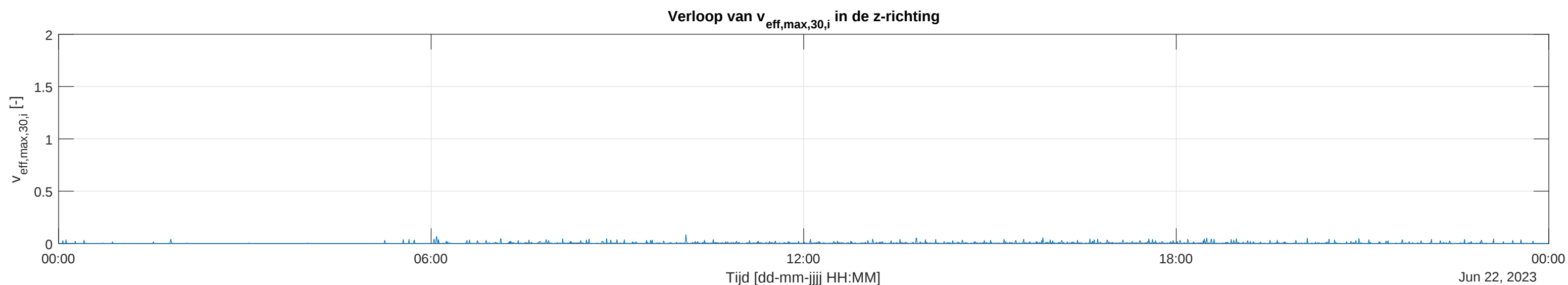
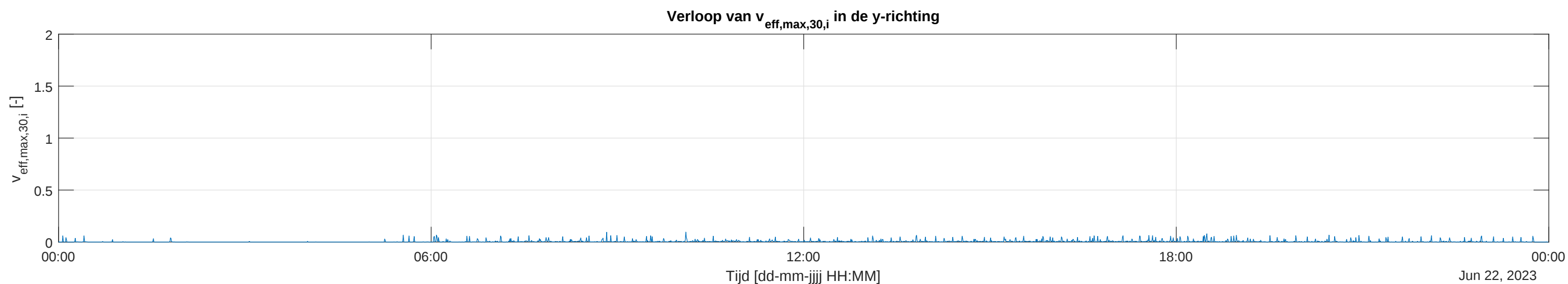
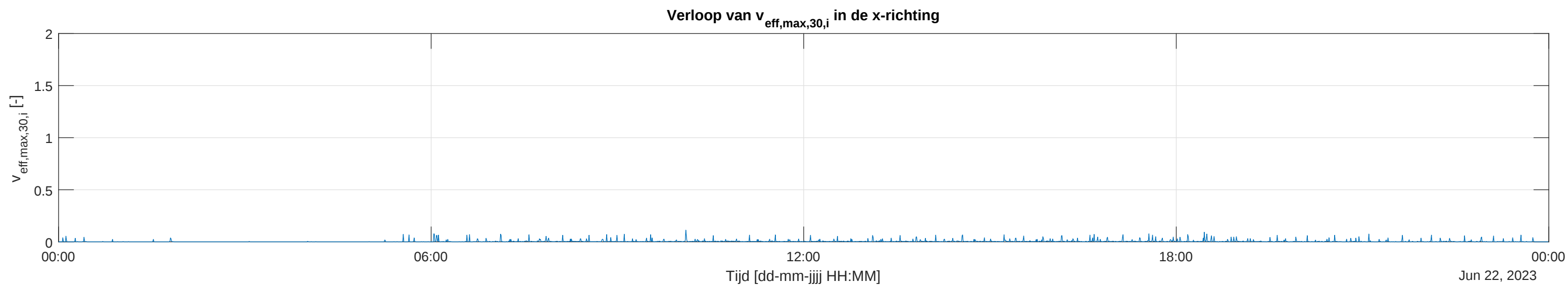
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 2 MT40 GroeneWoud op 27-Jun-2023



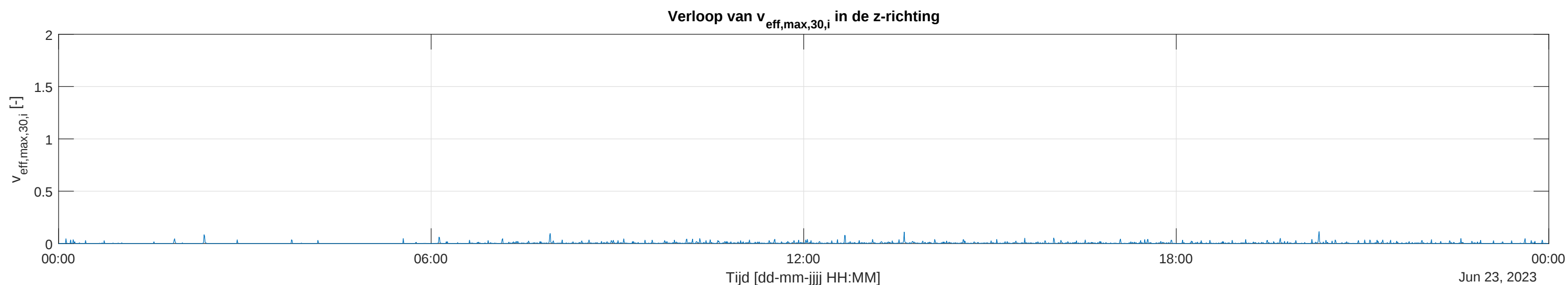
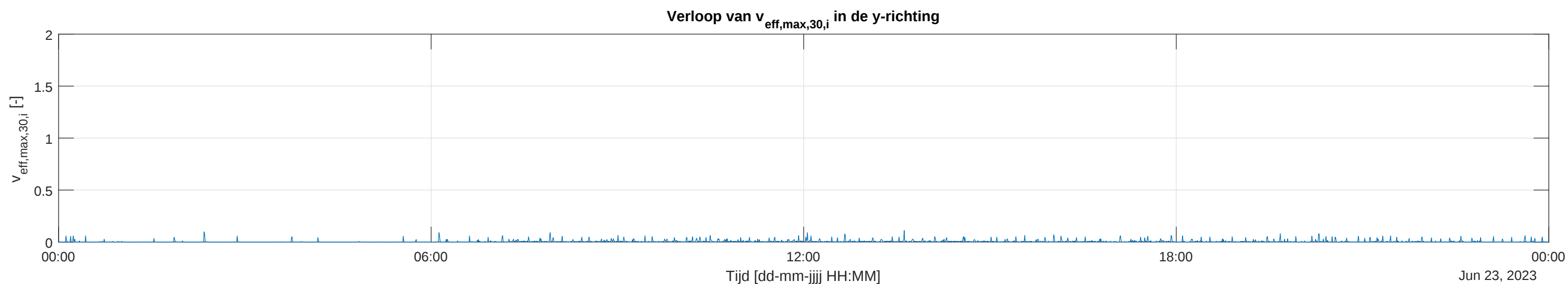
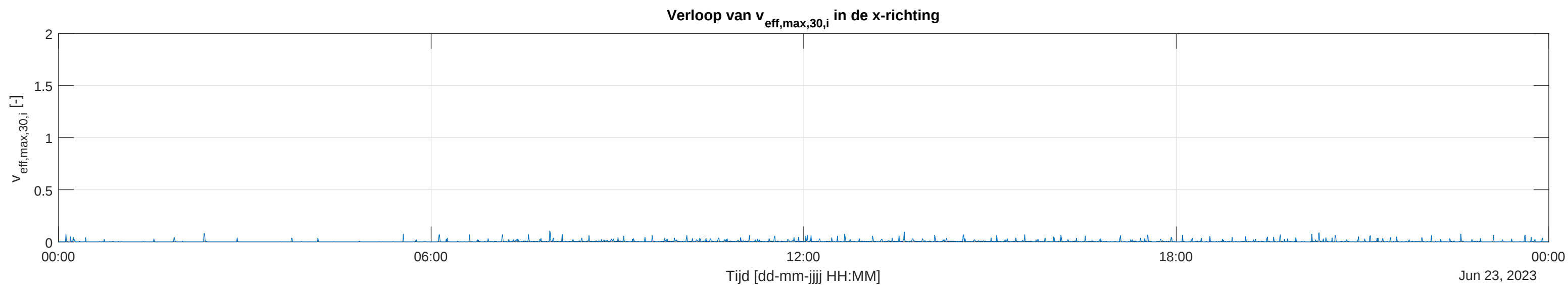
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 21-Jun-2023



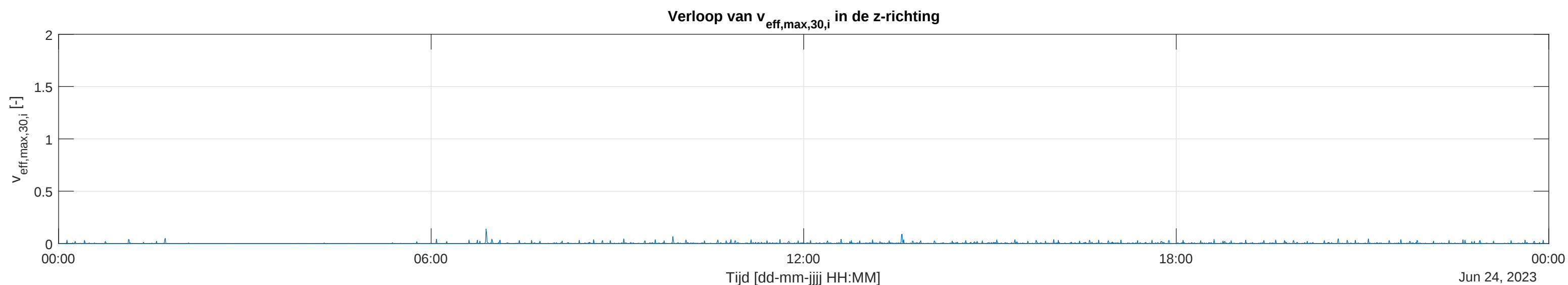
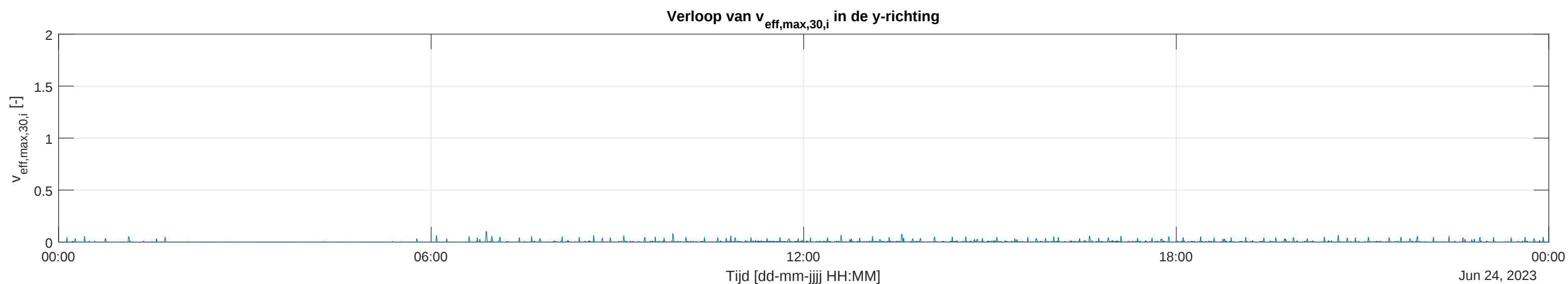
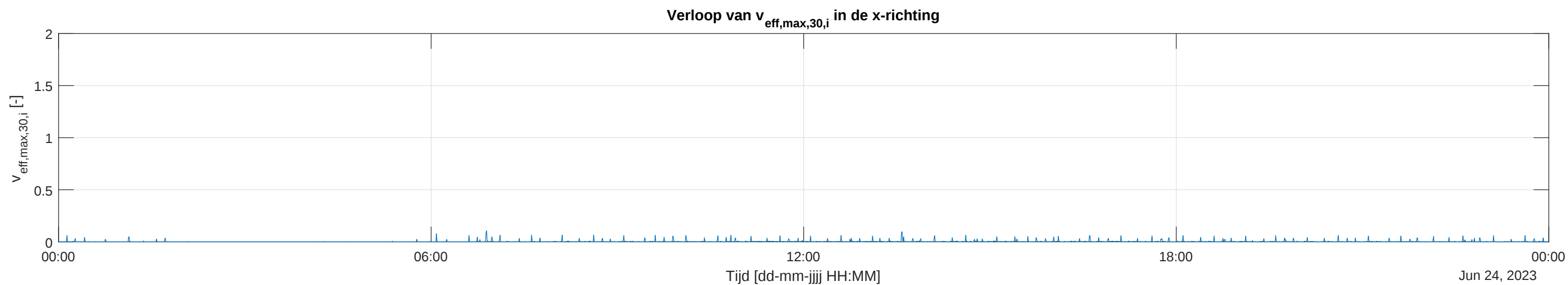
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 22-Jun-2023



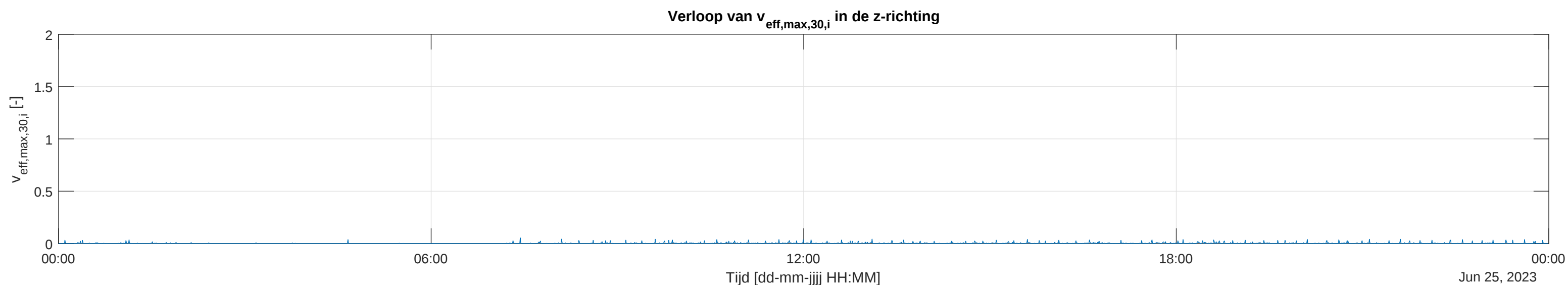
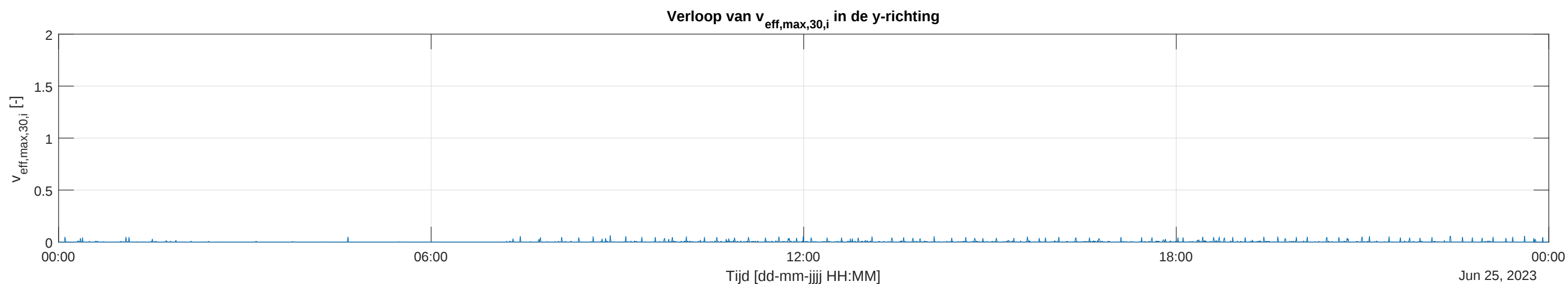
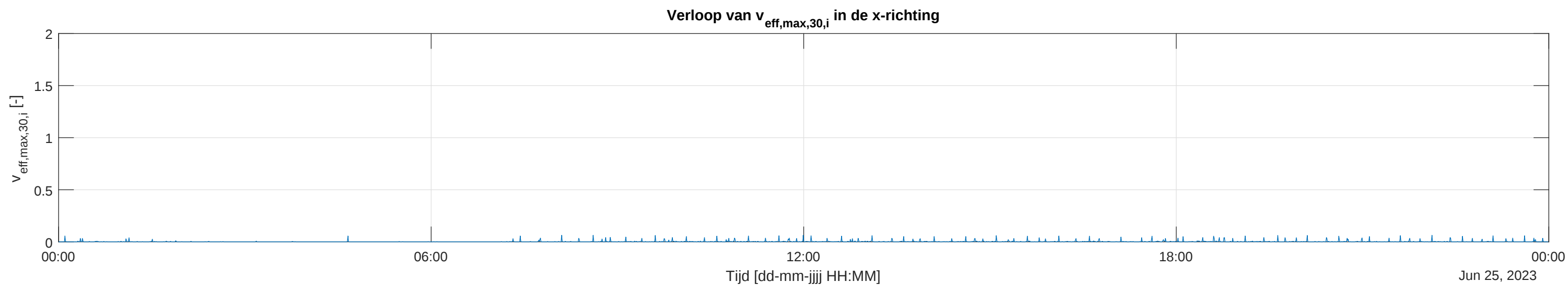
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 23-Jun-2023



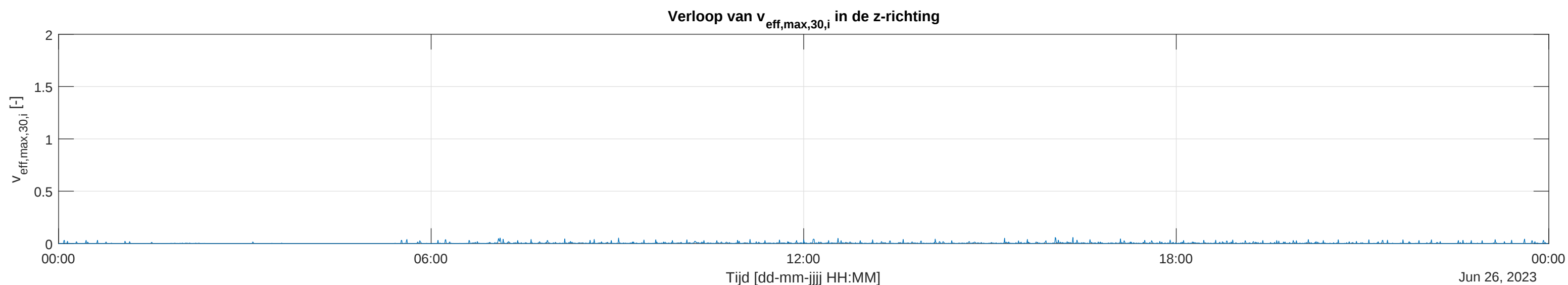
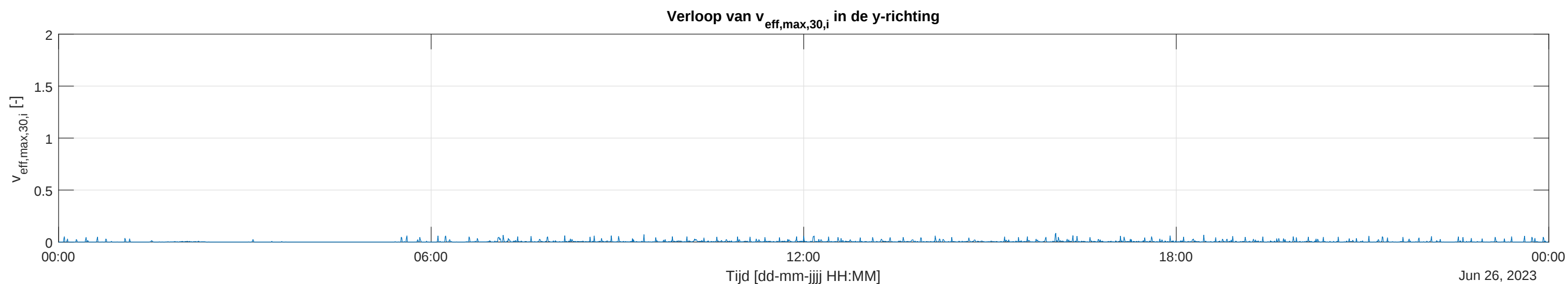
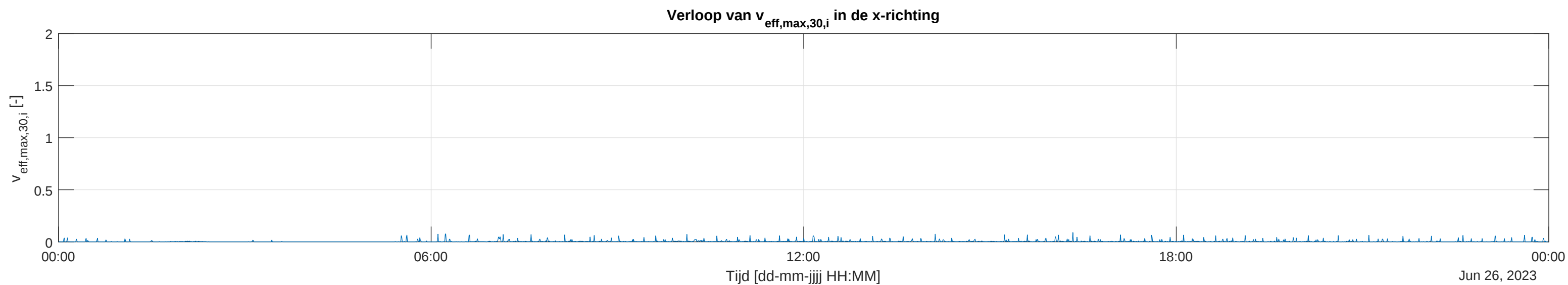
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 24-Jun-2023



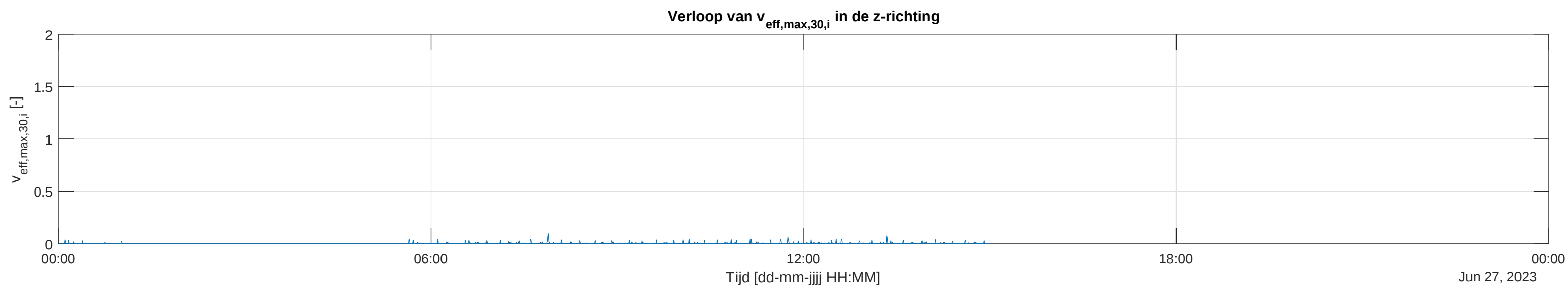
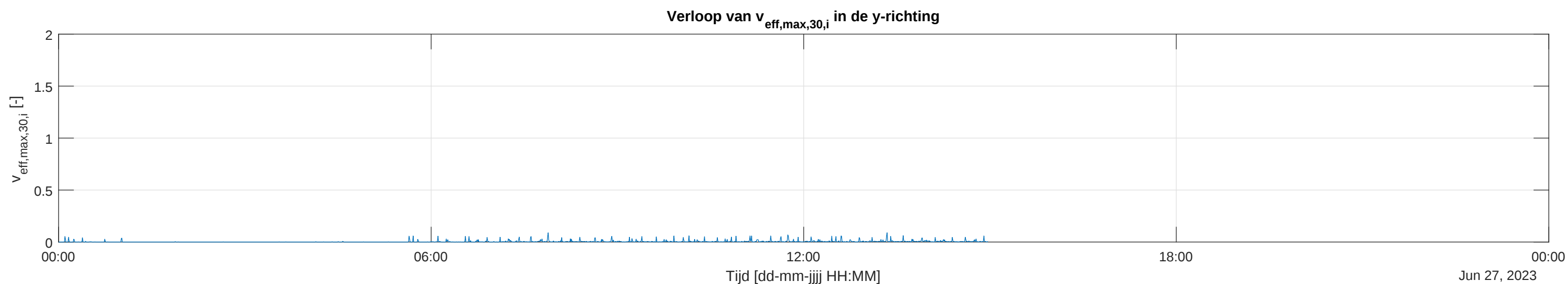
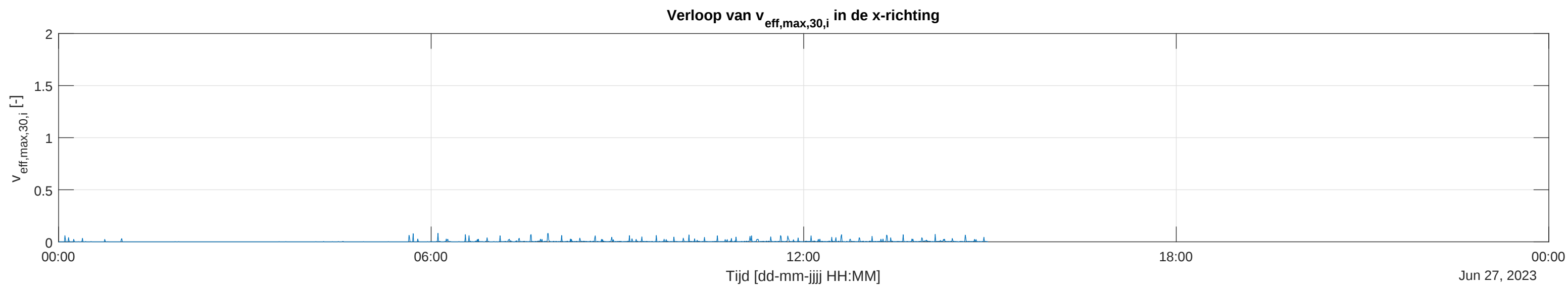
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 25-Jun-2023



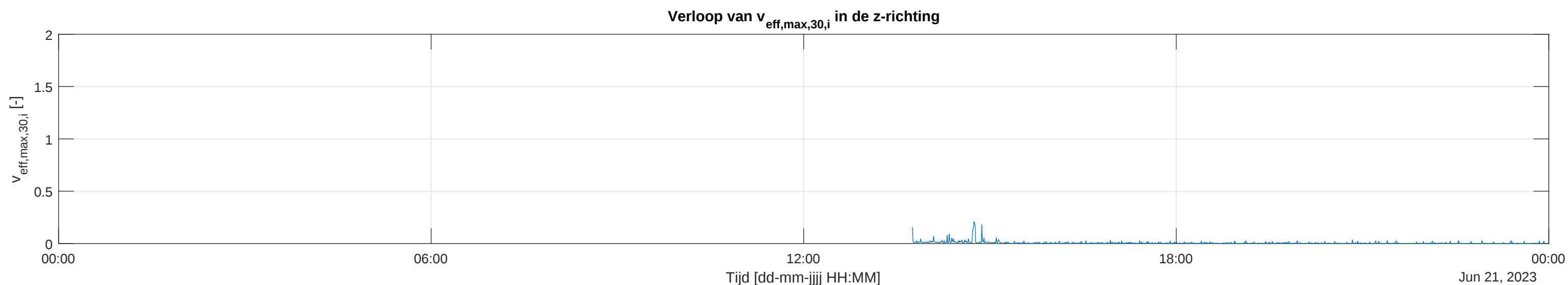
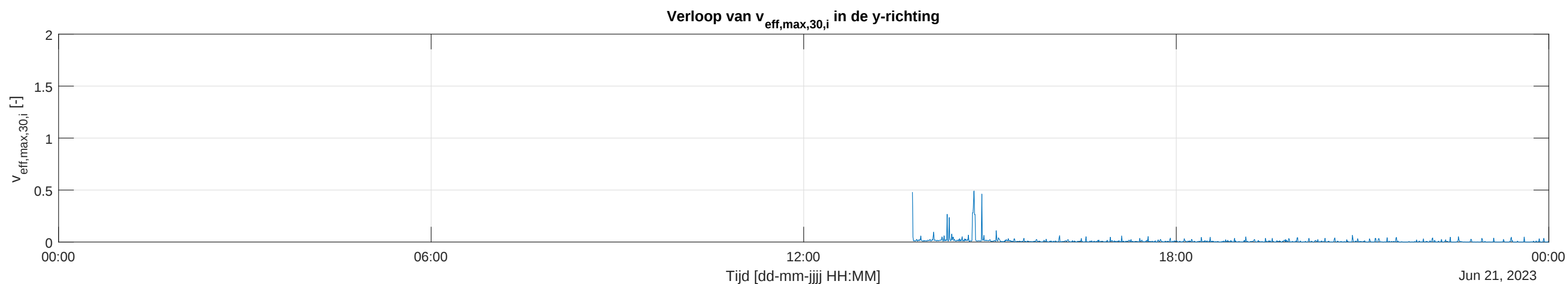
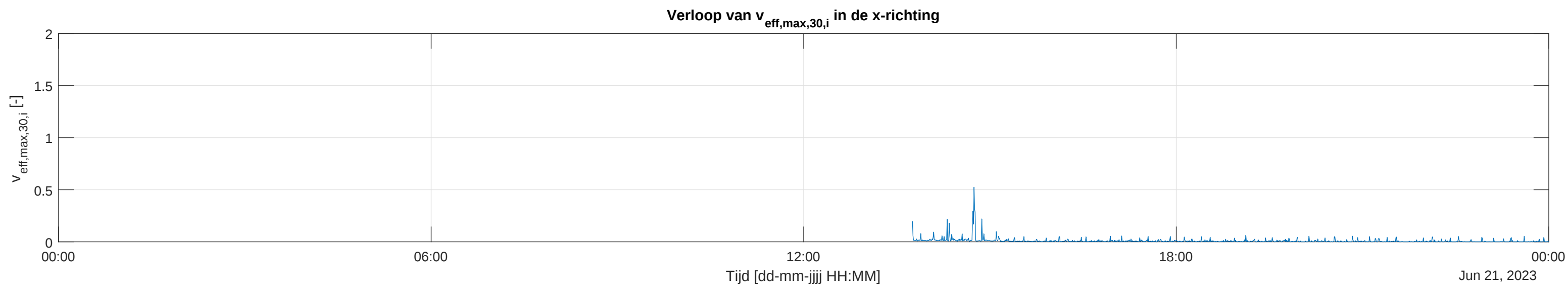
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 26-Jun-2023



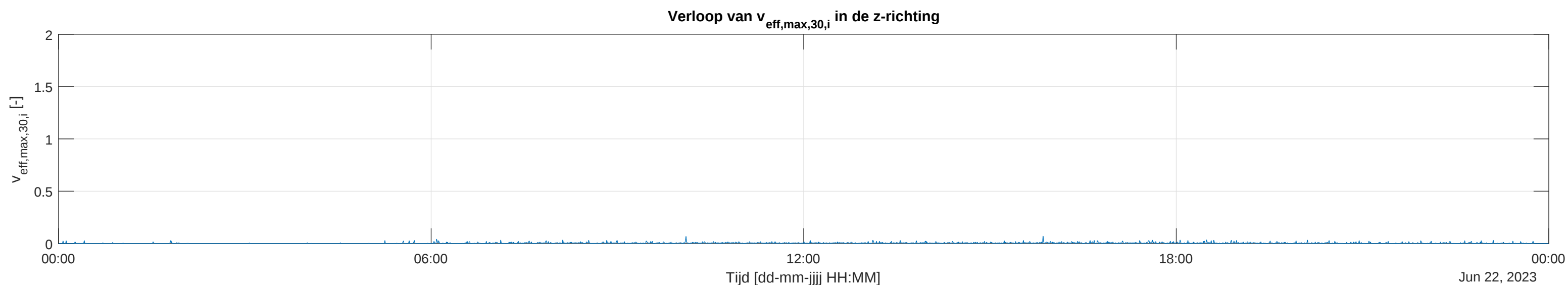
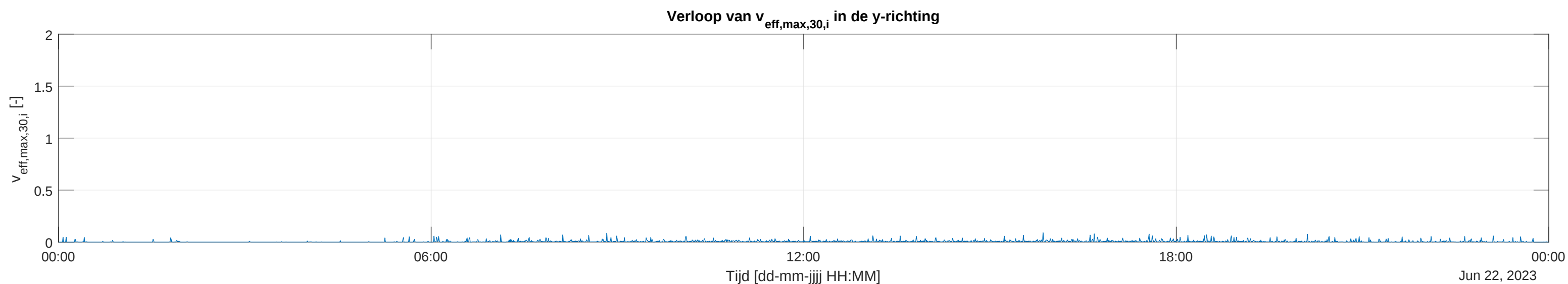
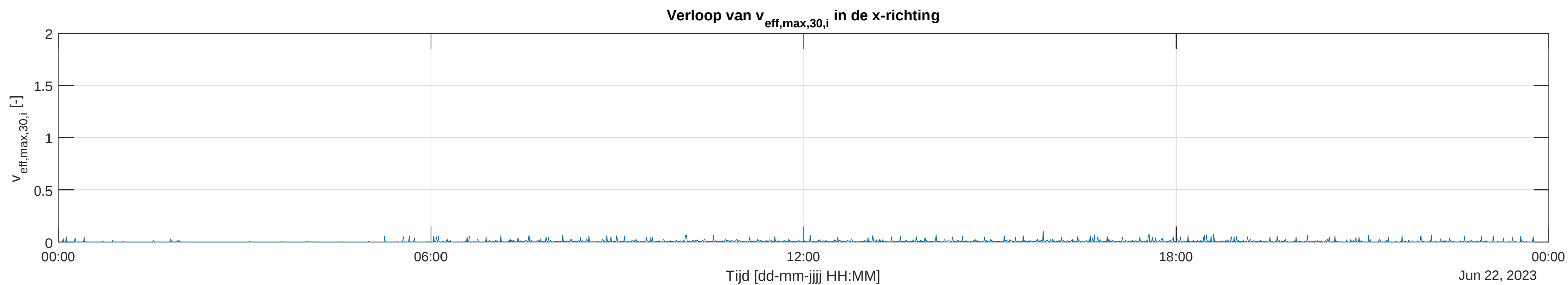
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 3 MT39 GroeneWoud op 27-Jun-2023



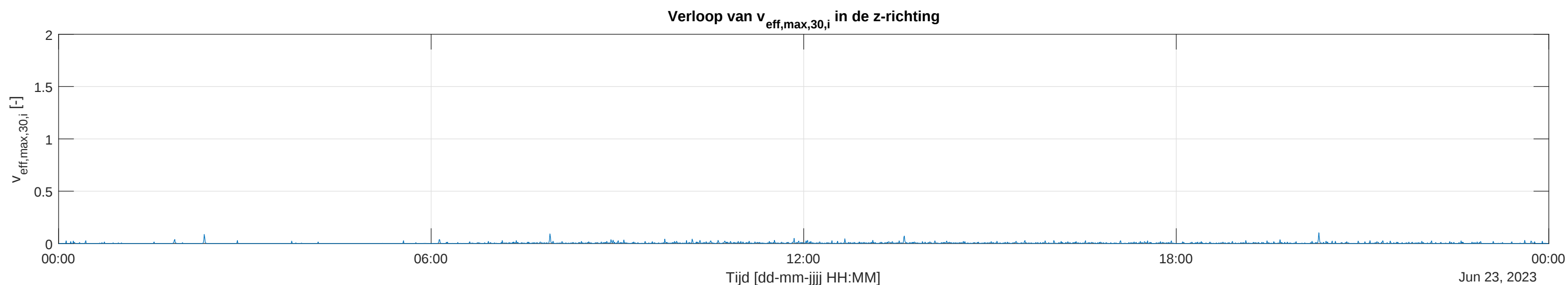
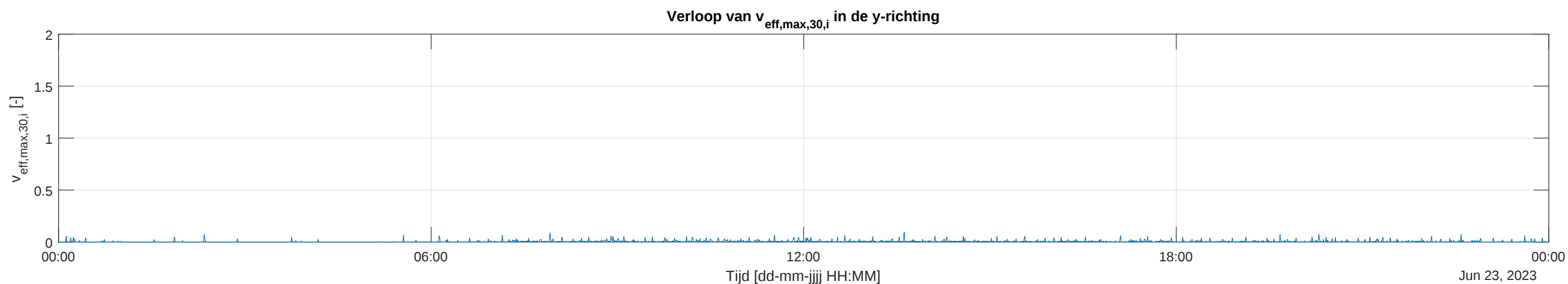
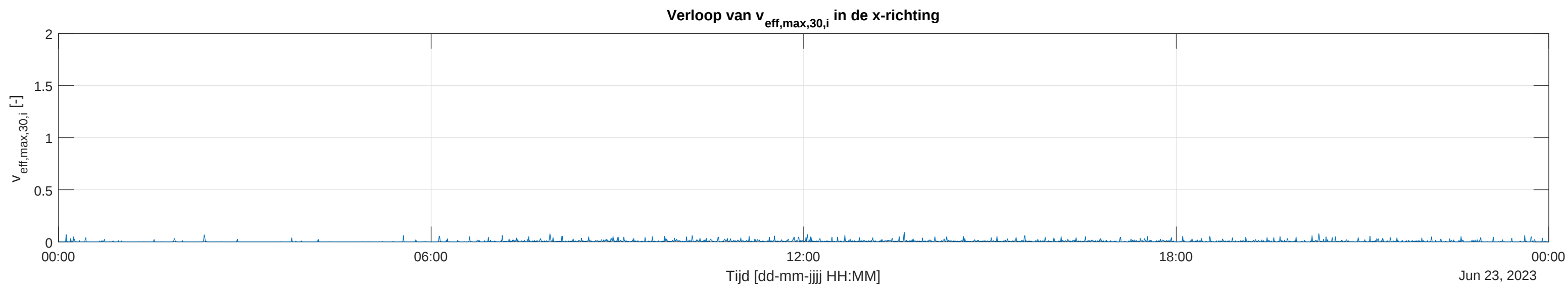
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 21-Jun-2023



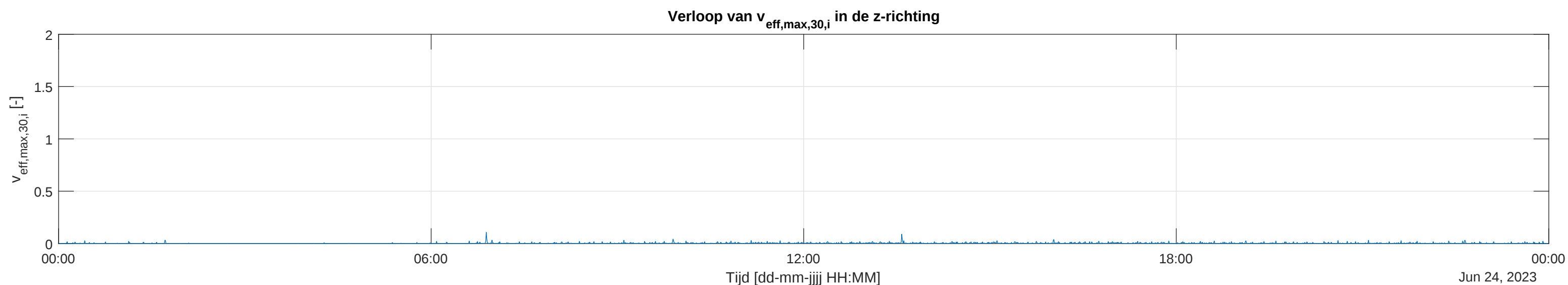
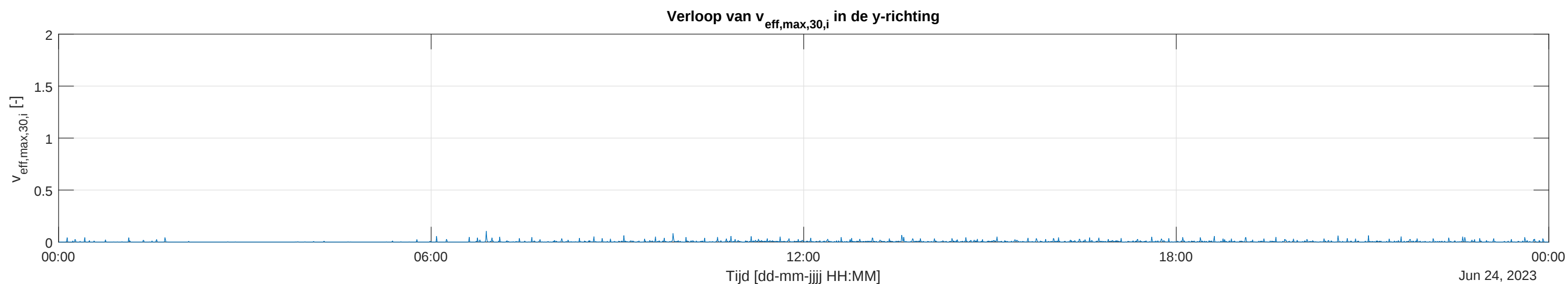
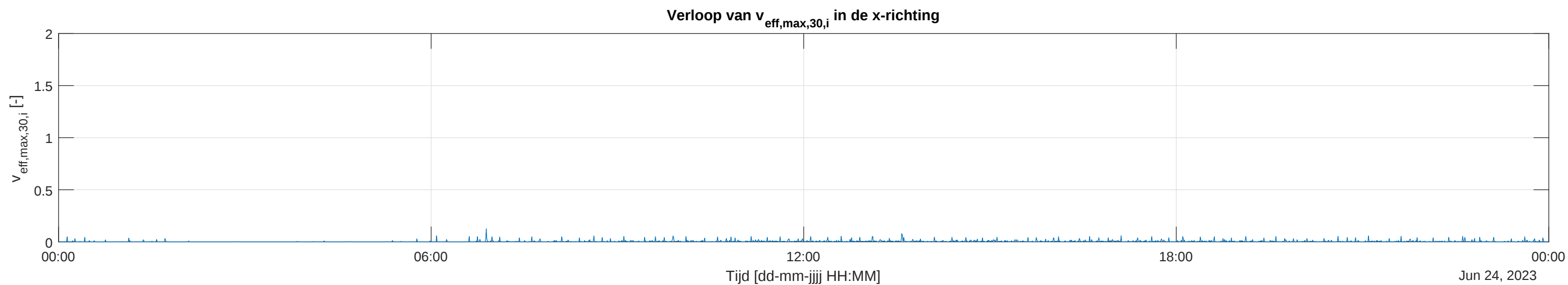
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 22-Jun-2023



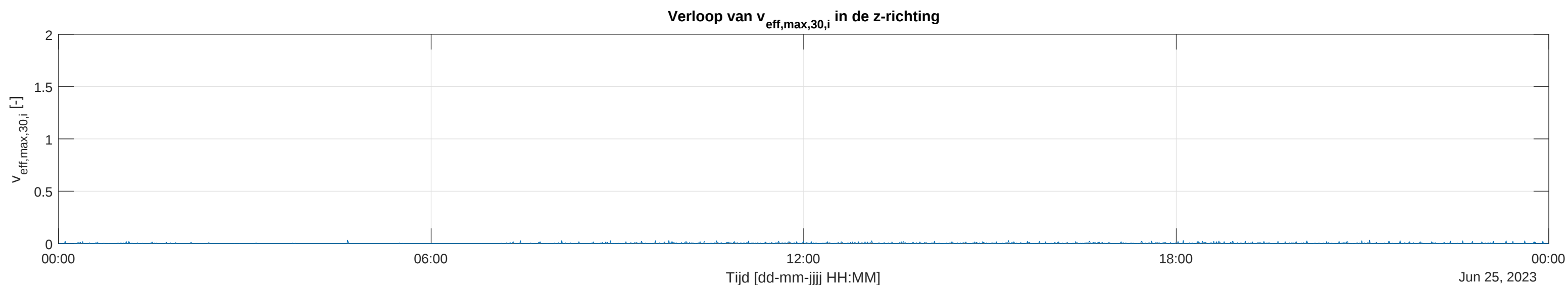
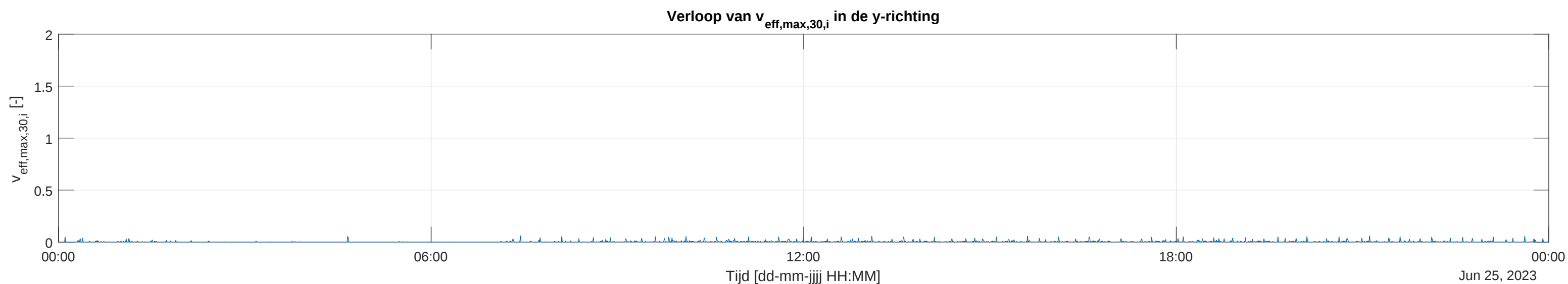
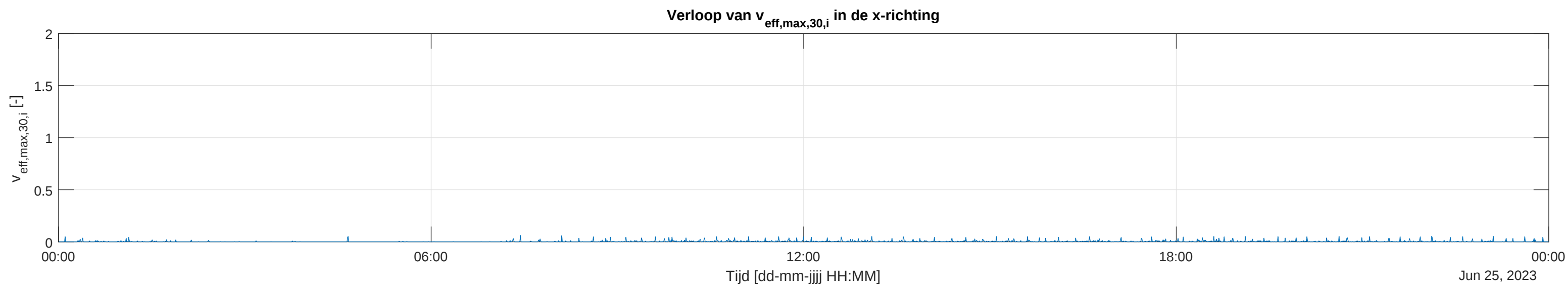
Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 23-Jun-2023



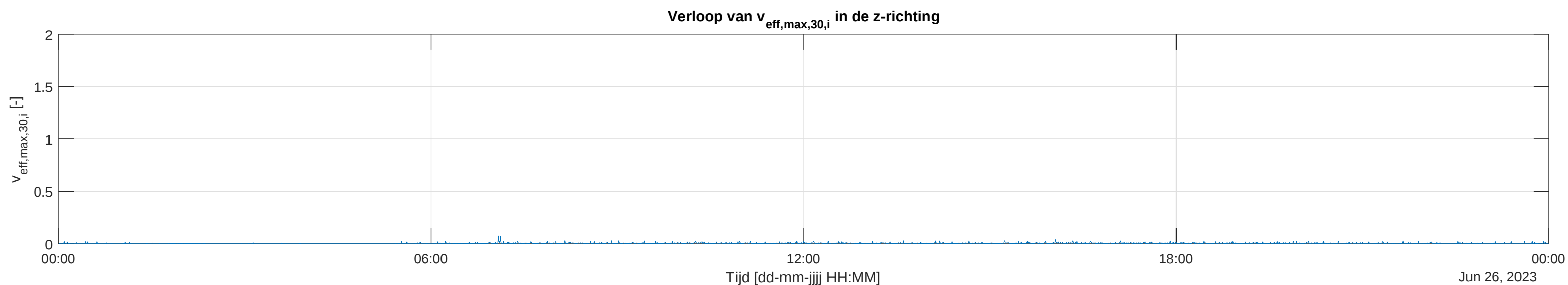
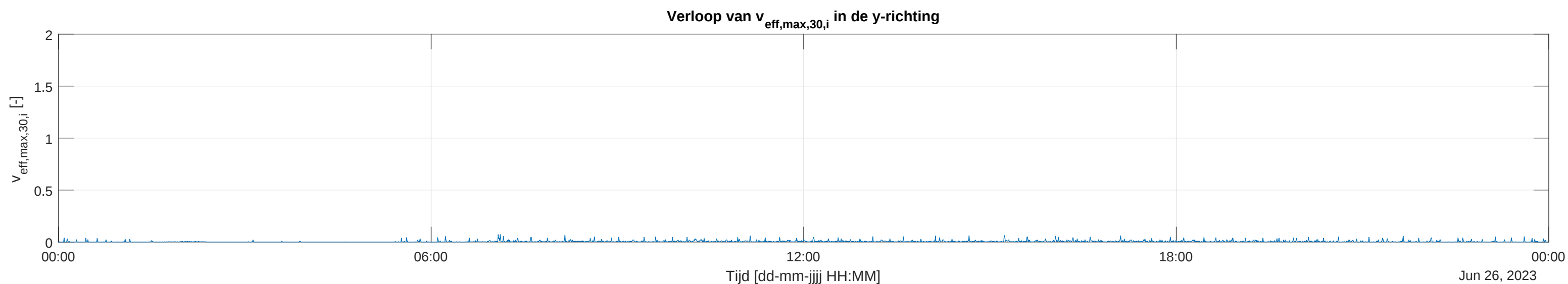
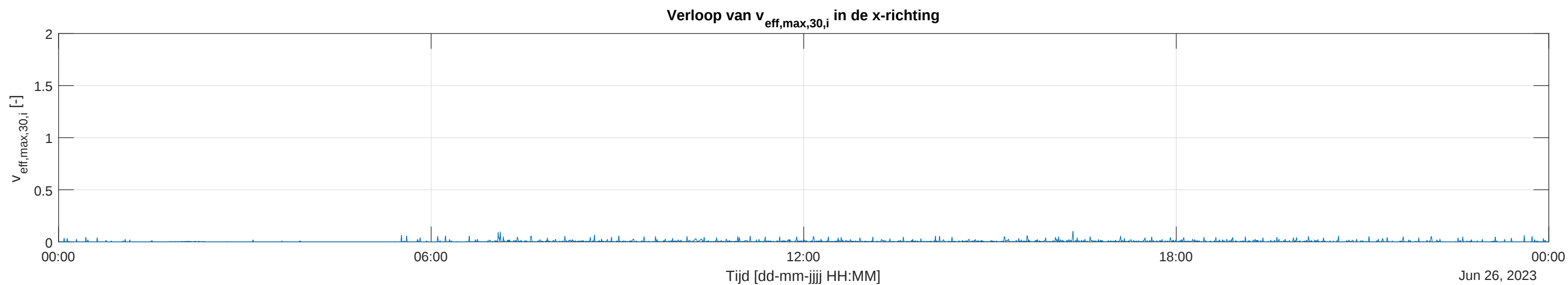
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 24-Jun-2023



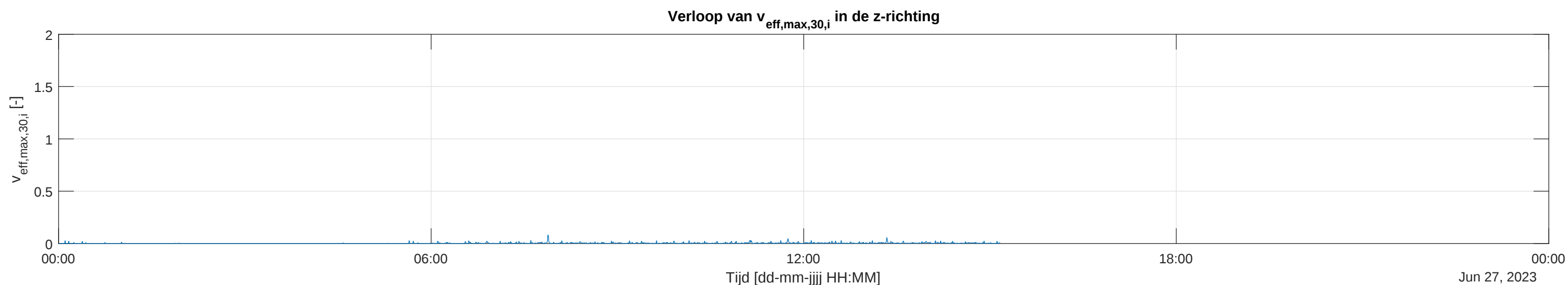
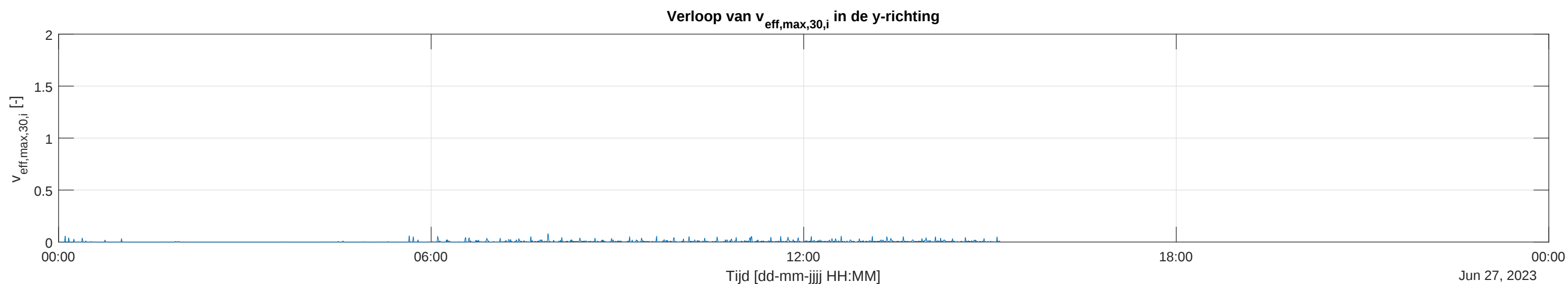
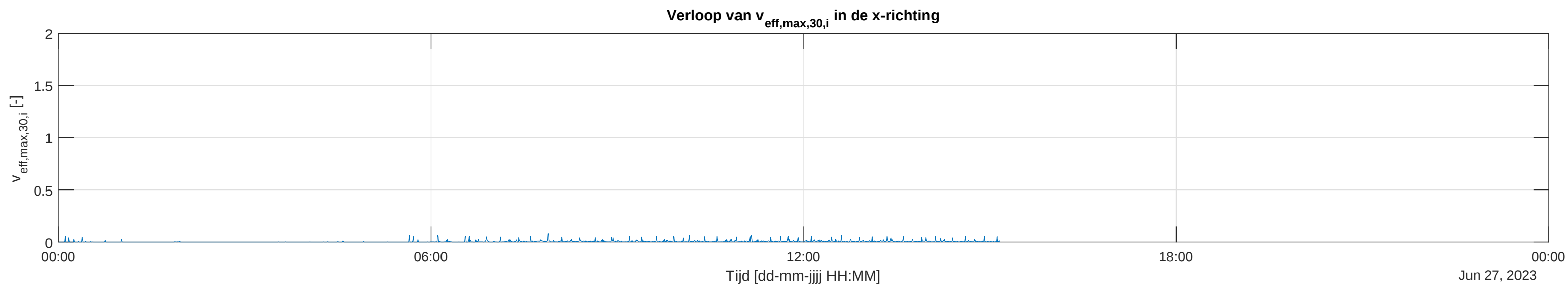
Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 25-Jun-2023



Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 26-Jun-2023

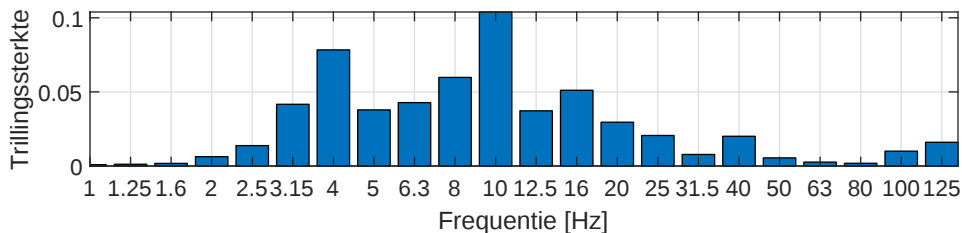
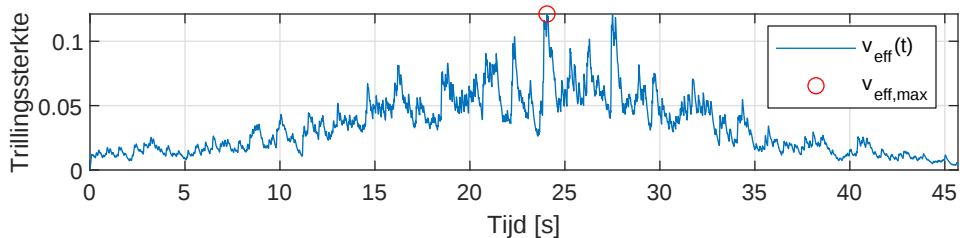
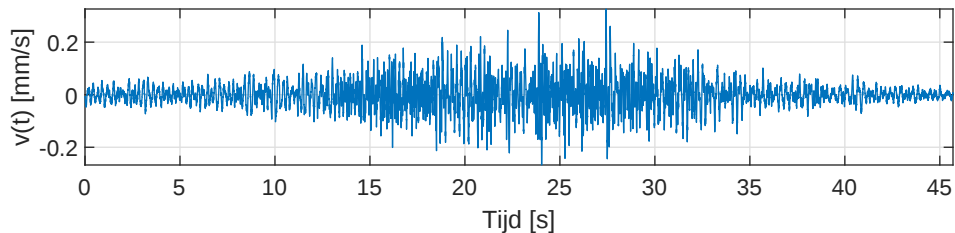


Verloop van v_{eff,max,30,i} gemeten bij background Meetpunt 4 MT36 GroeneWoud op 27-Jun-2023

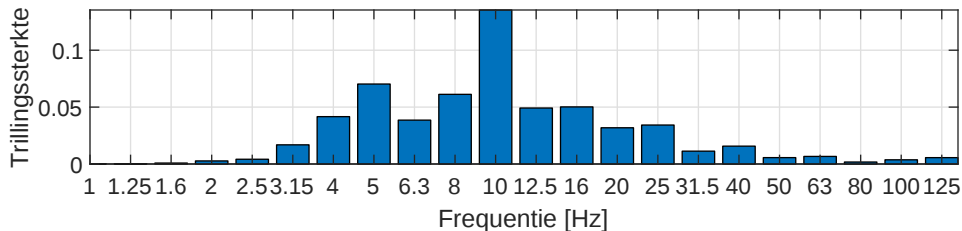
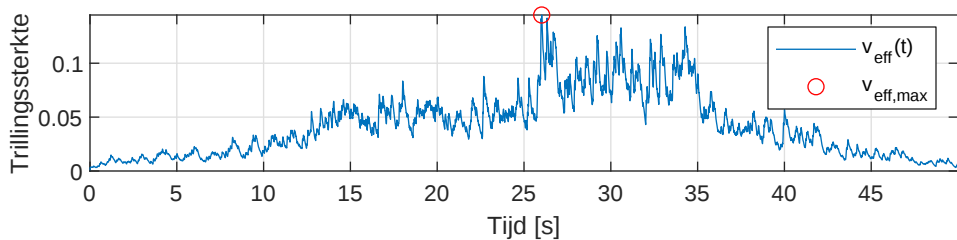
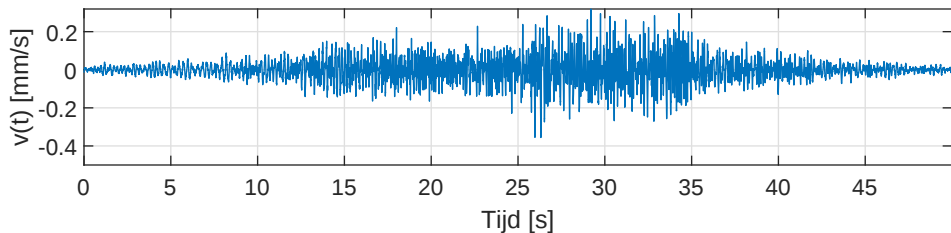


Bijlage II SBR-B gewogen tertsbandspectra per meetpunt

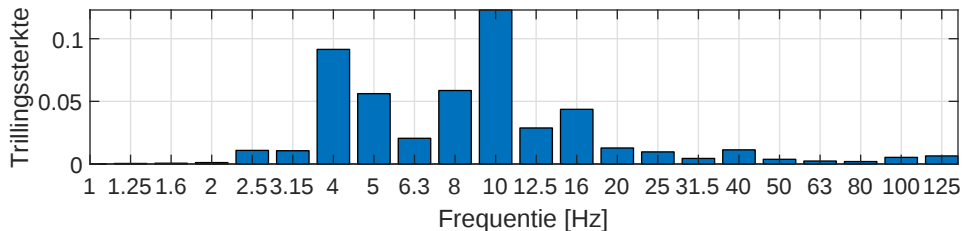
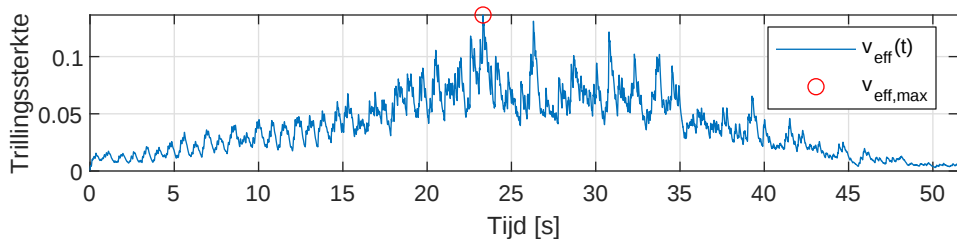
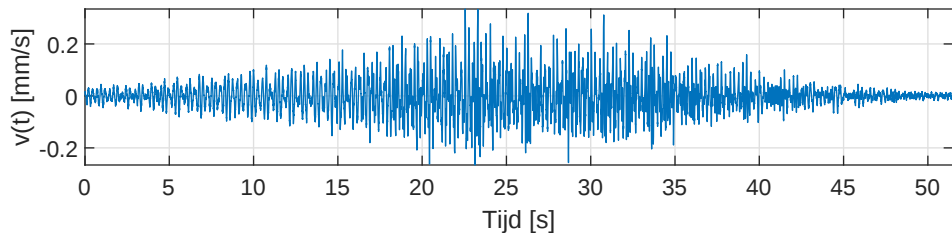
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-23 07:54



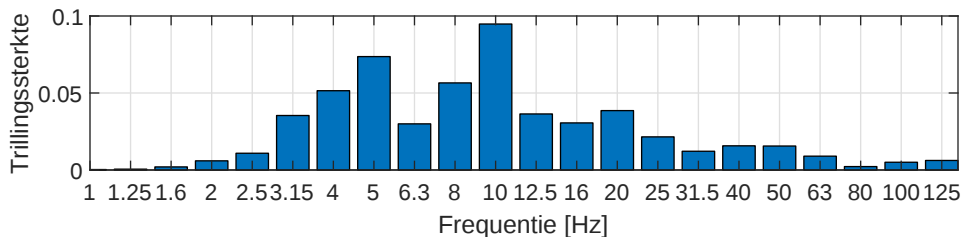
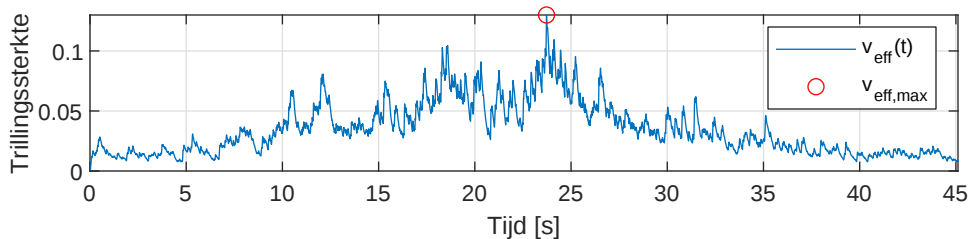
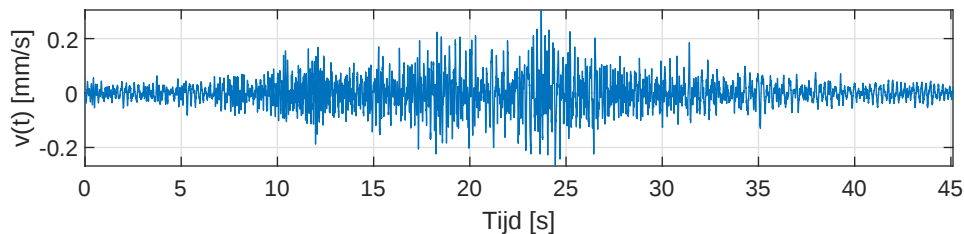
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-24 06:52



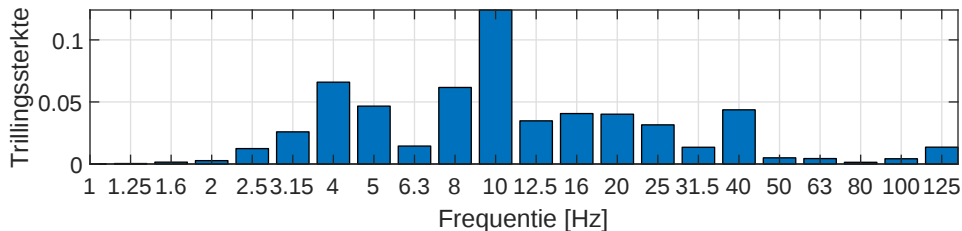
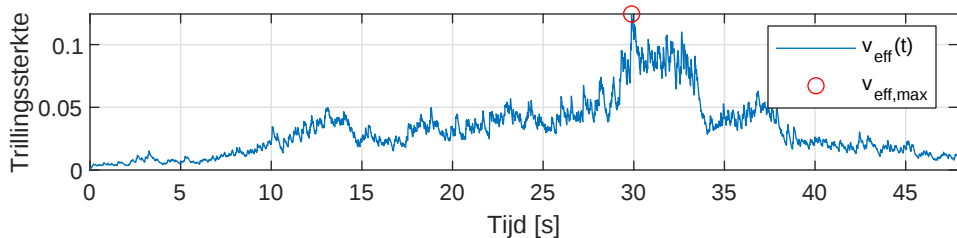
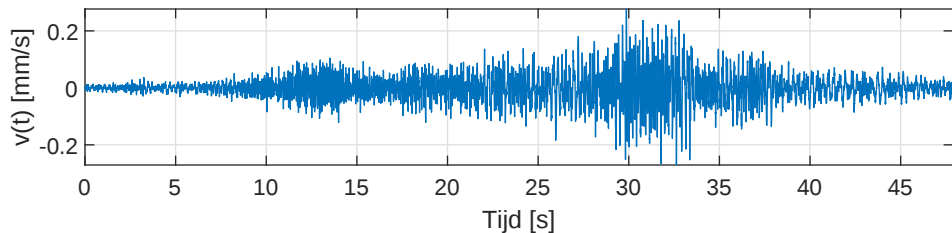
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-23 02:20



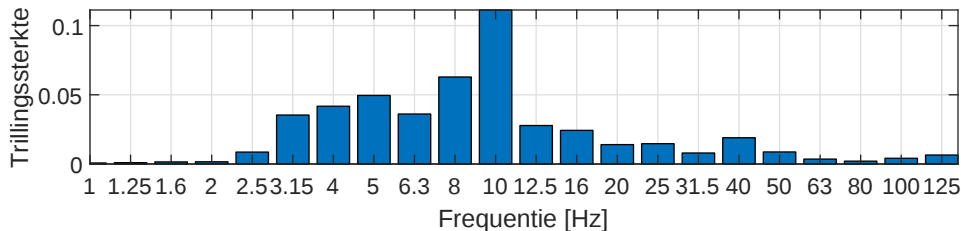
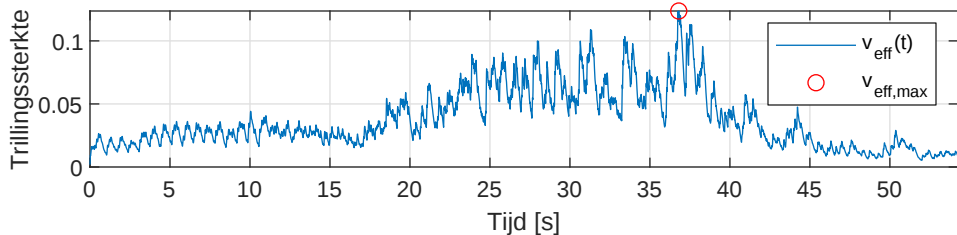
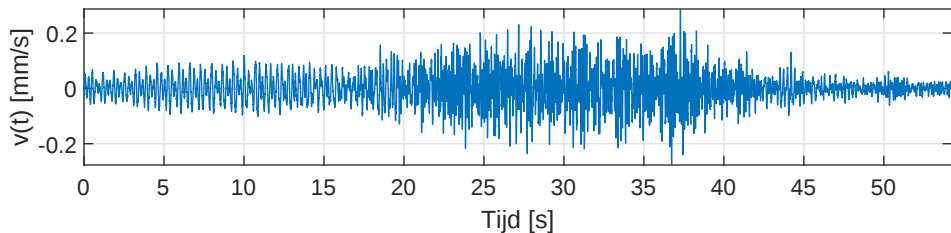
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-24 13:34



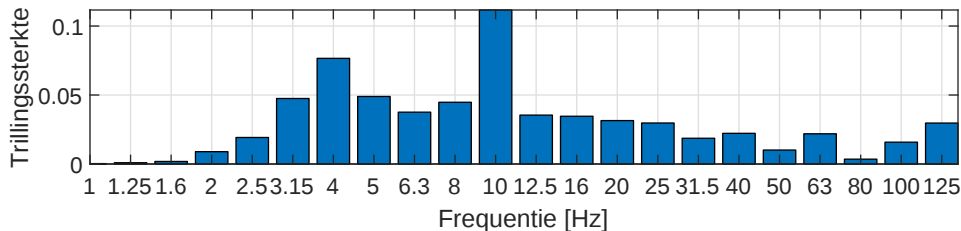
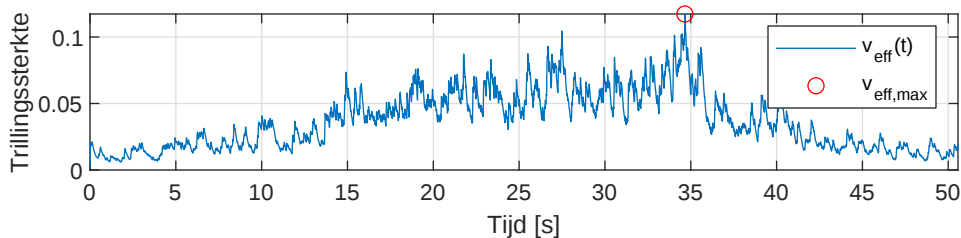
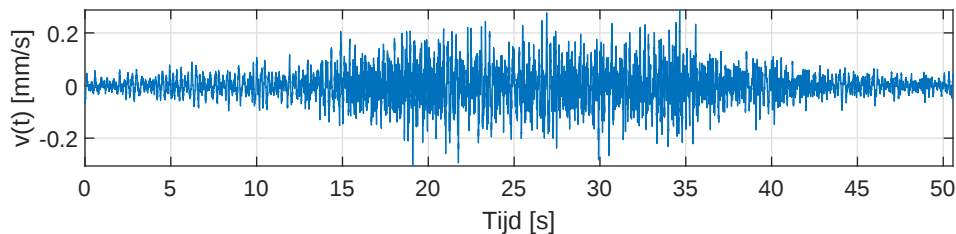
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-22 10:05



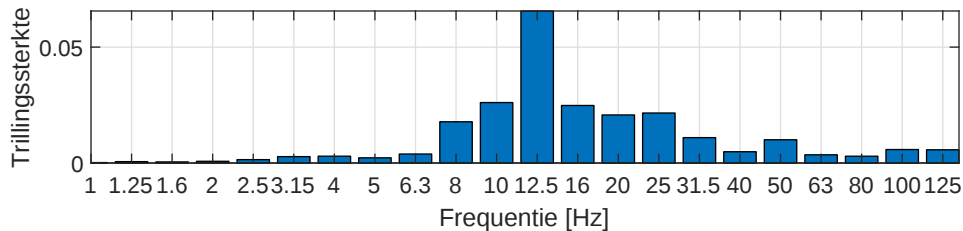
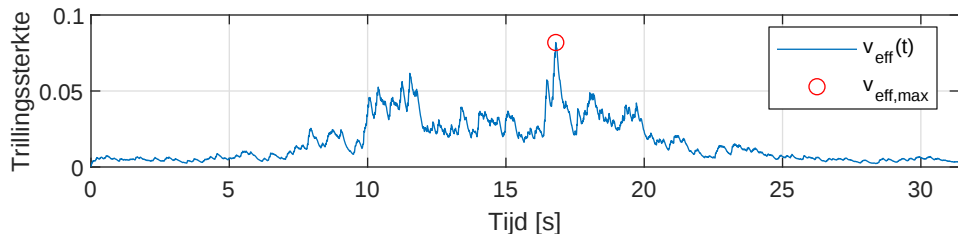
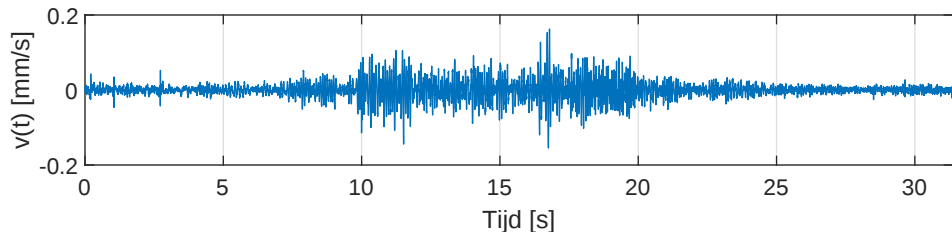
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-23 20:17



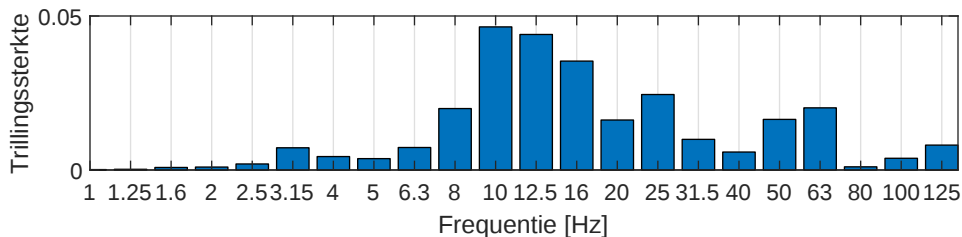
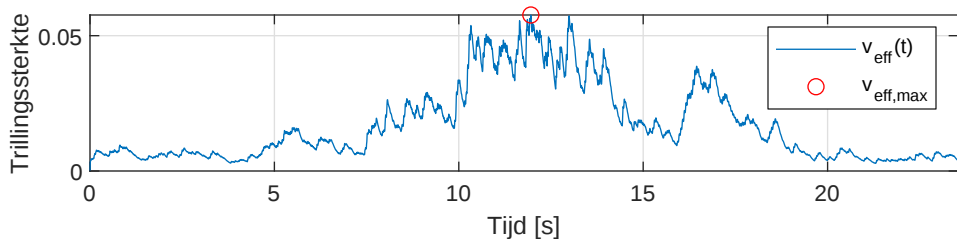
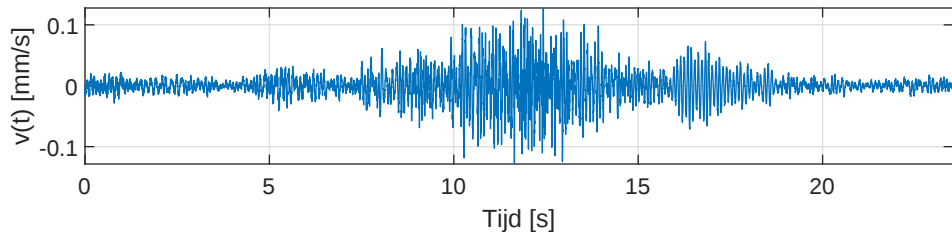
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-27 07:52



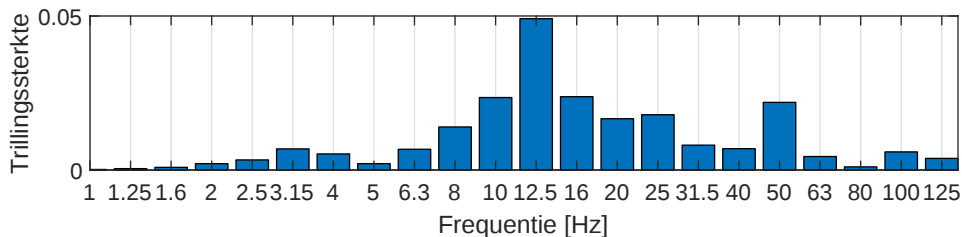
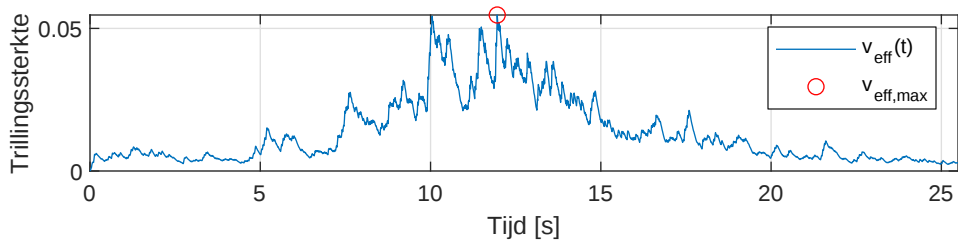
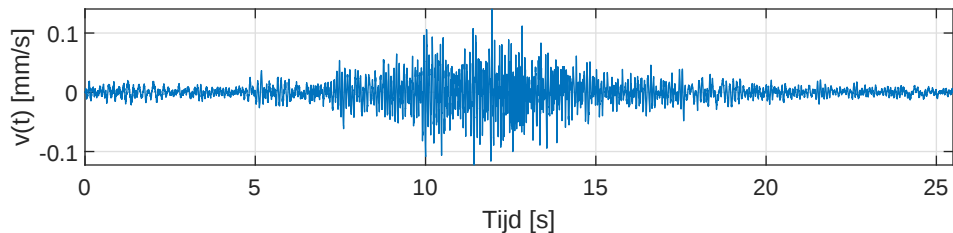
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-22 17:33



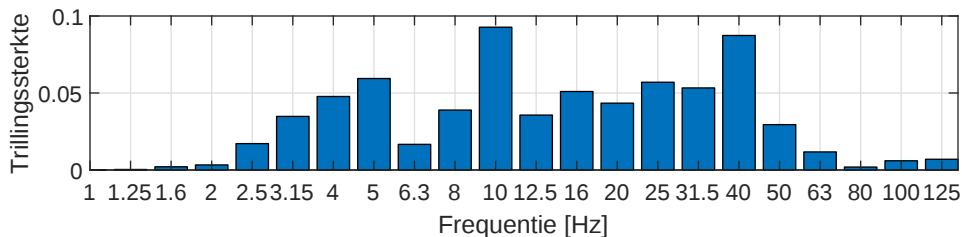
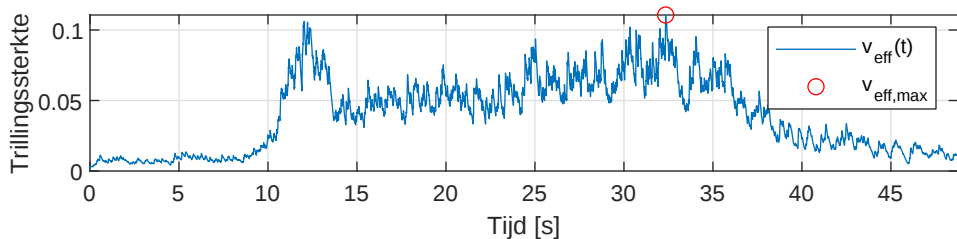
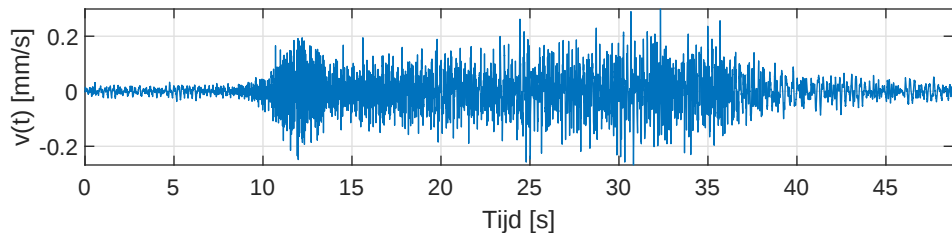
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-22 08:49



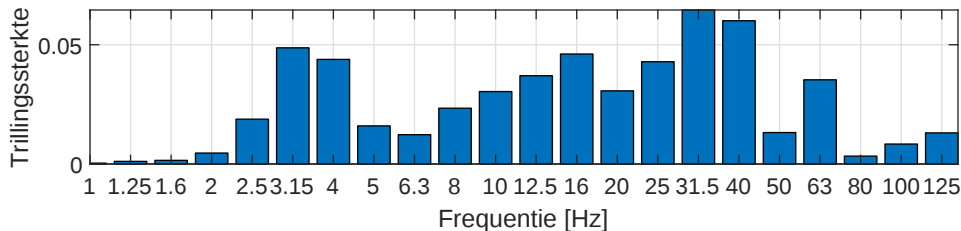
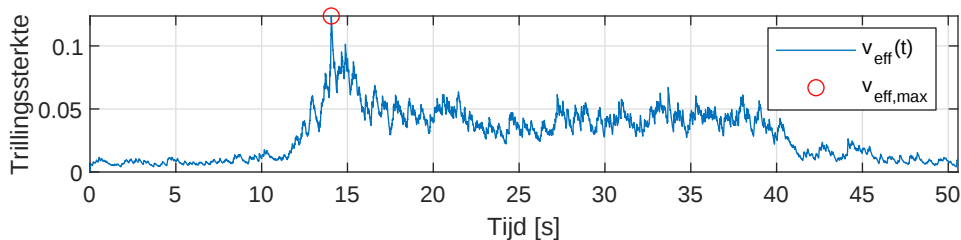
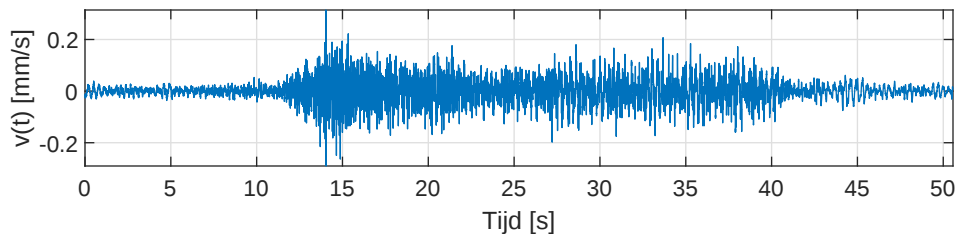
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 1 om 2023-06-26 16:19



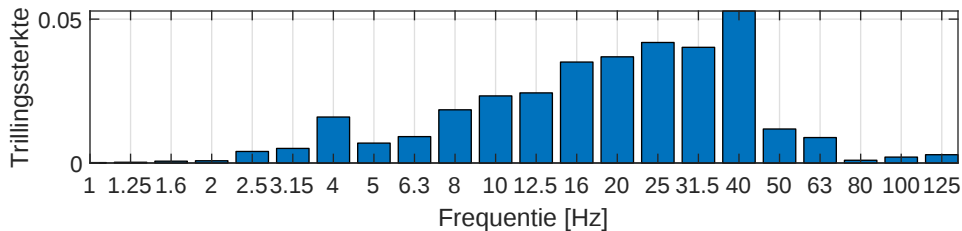
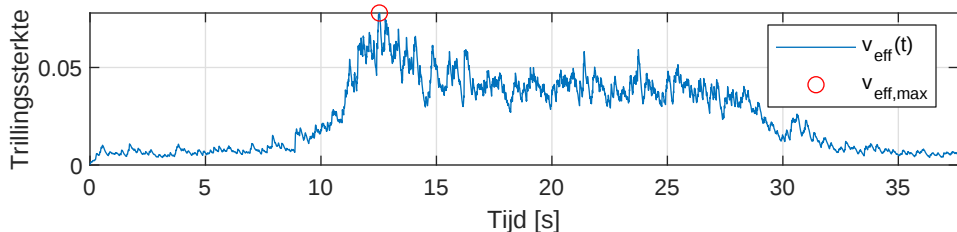
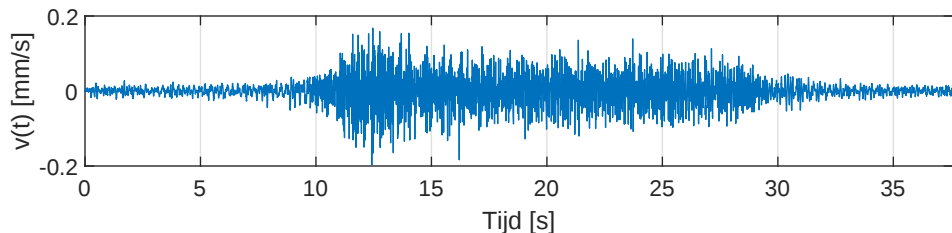
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-22 10:05



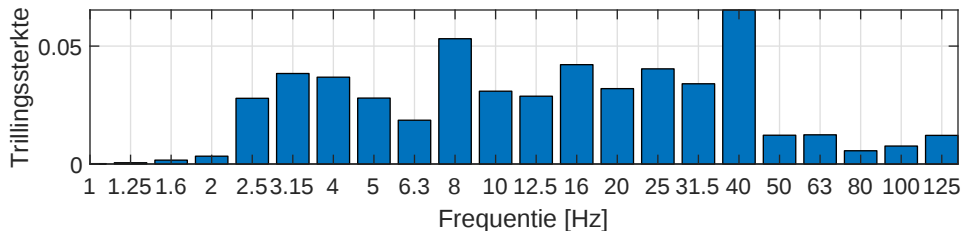
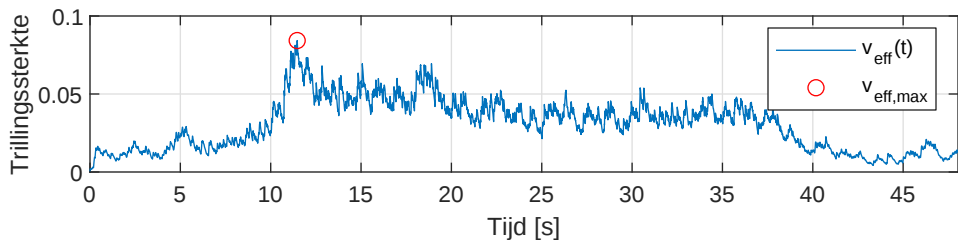
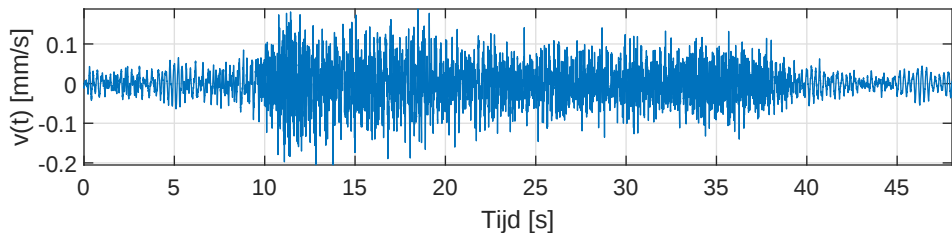
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-23 06:07



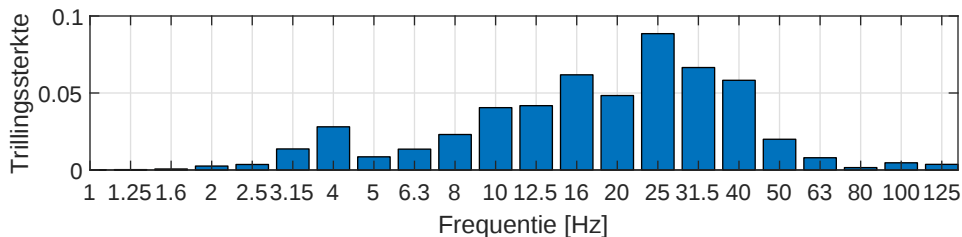
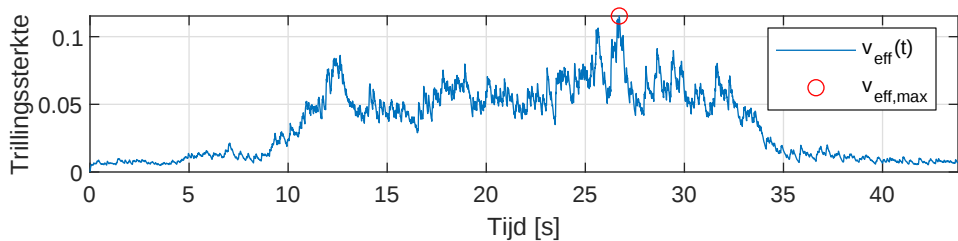
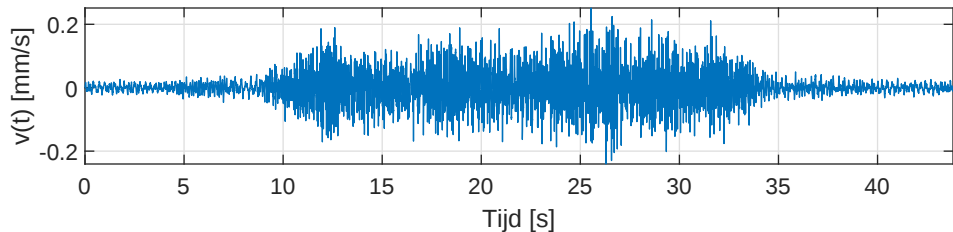
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-23 16:01



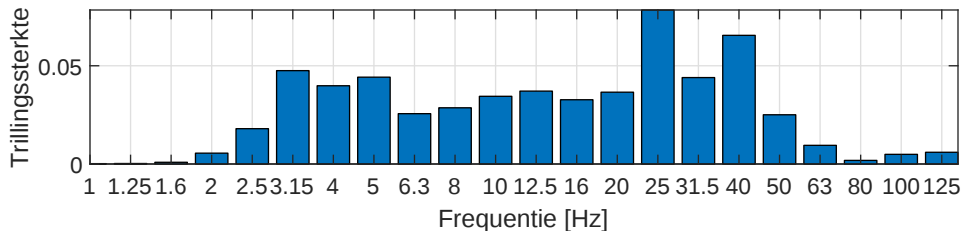
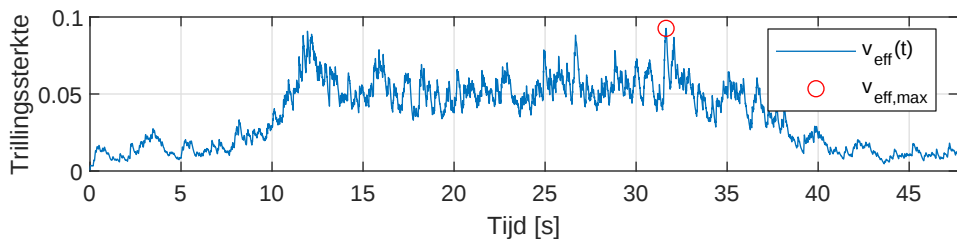
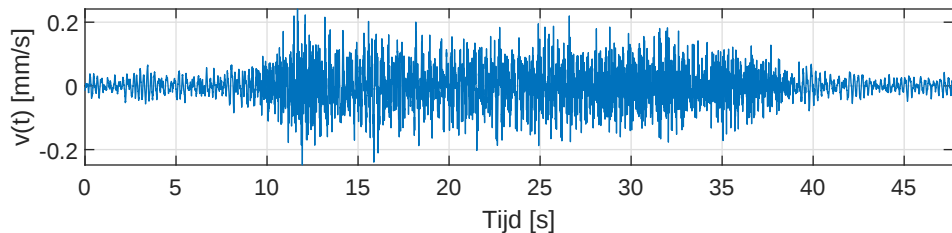
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-22 06:04



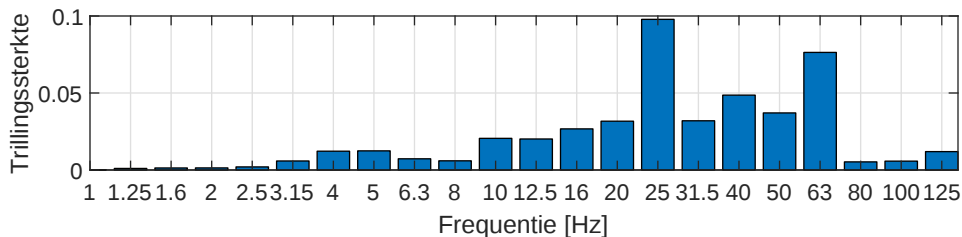
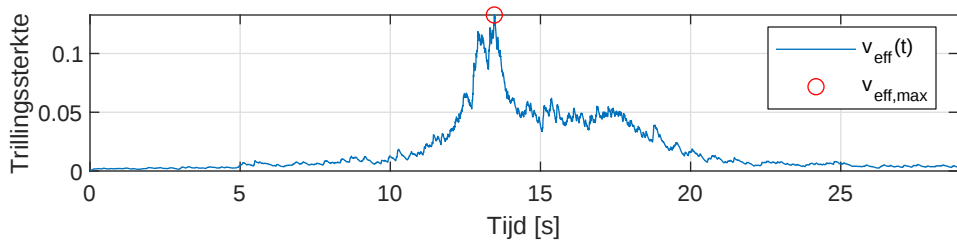
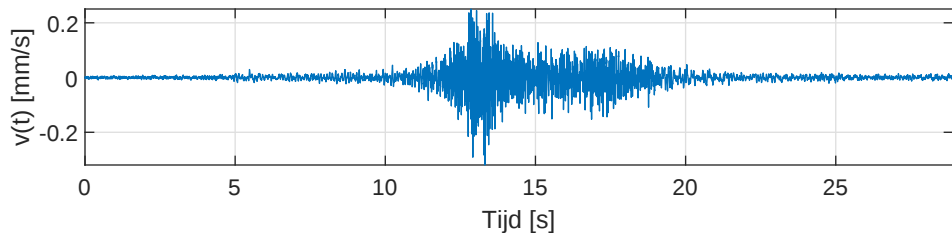
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-26 16:02



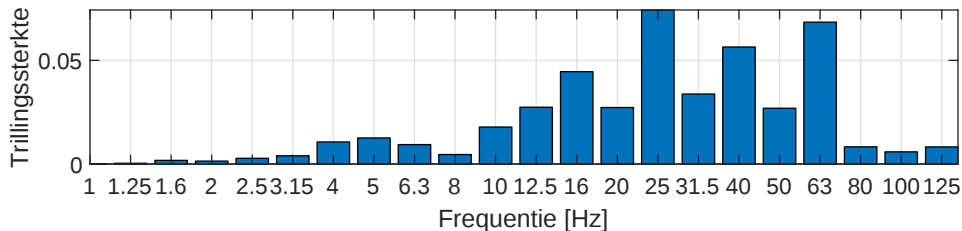
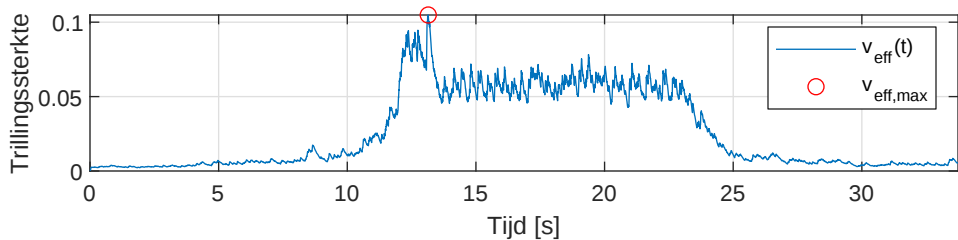
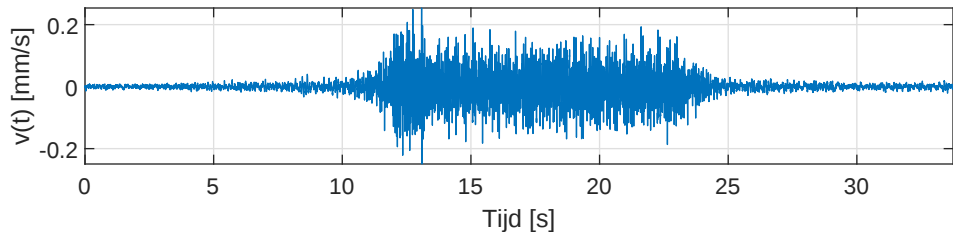
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-27 11:44



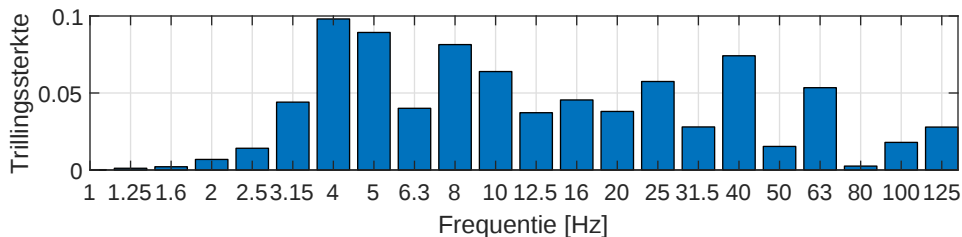
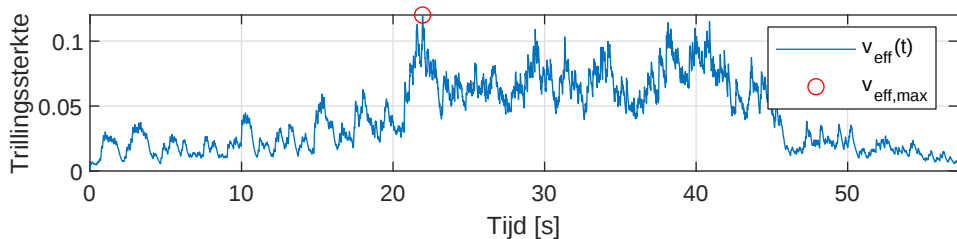
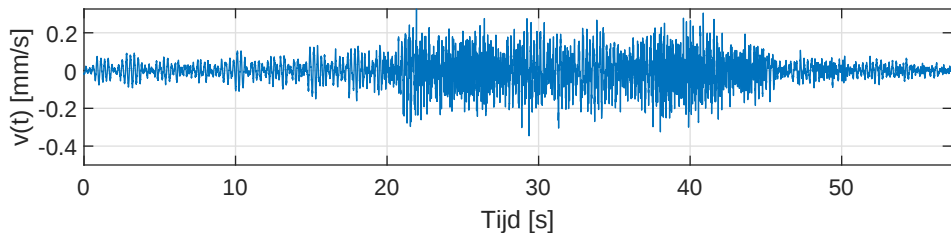
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-28 09:03



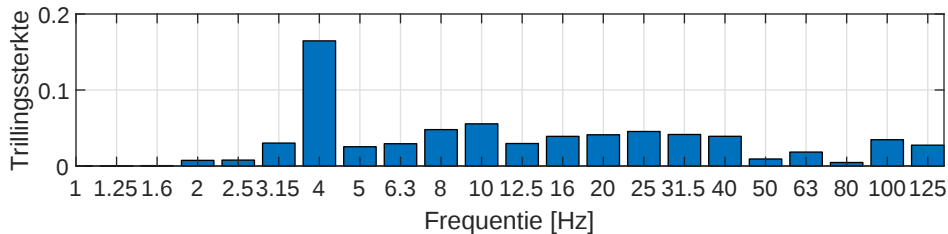
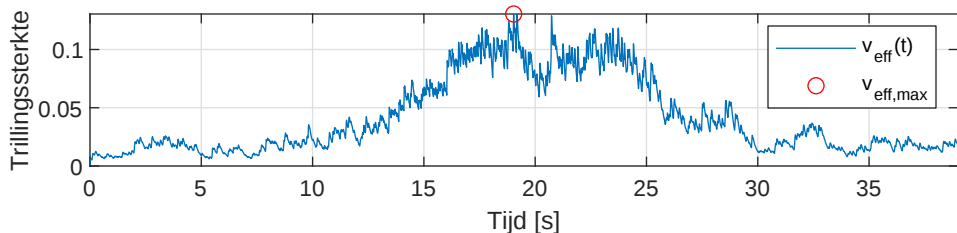
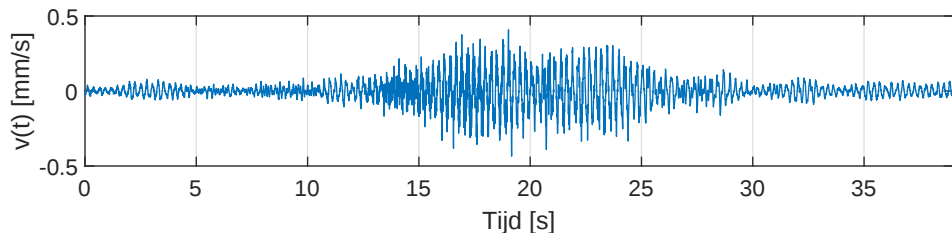
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-22 13:48



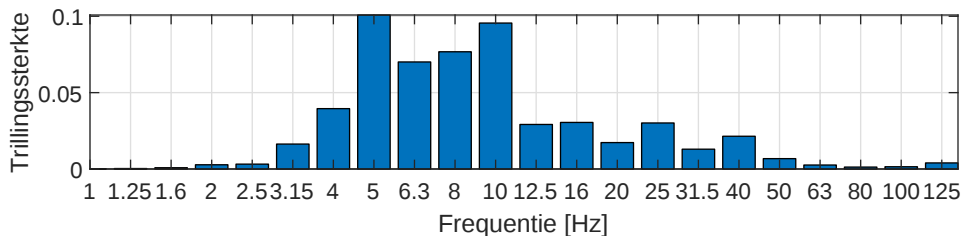
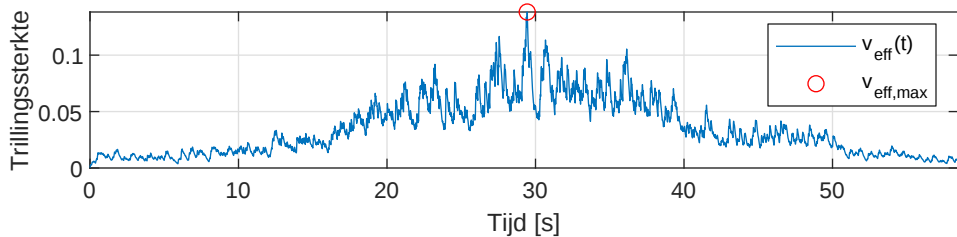
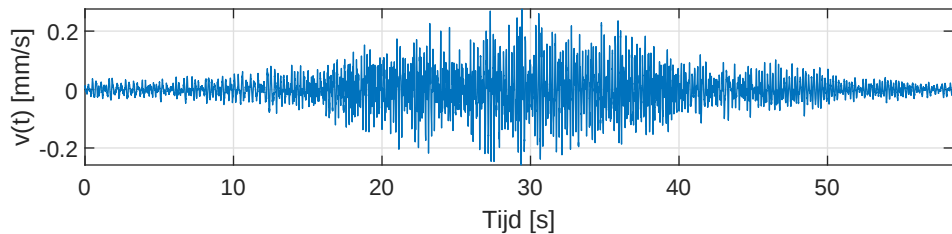
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-27 07:52



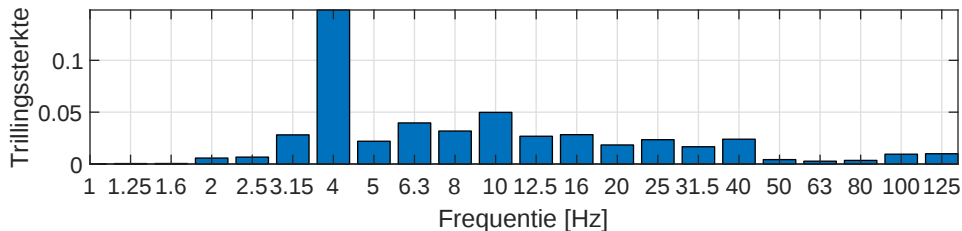
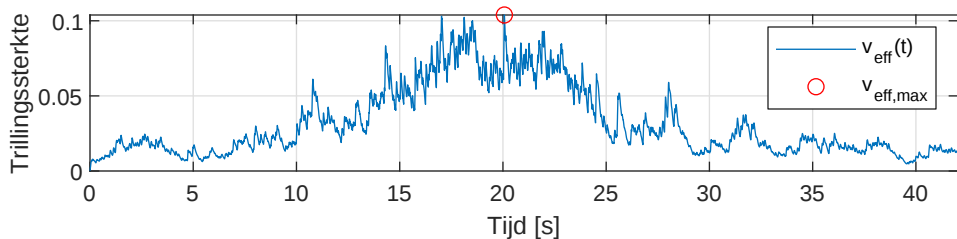
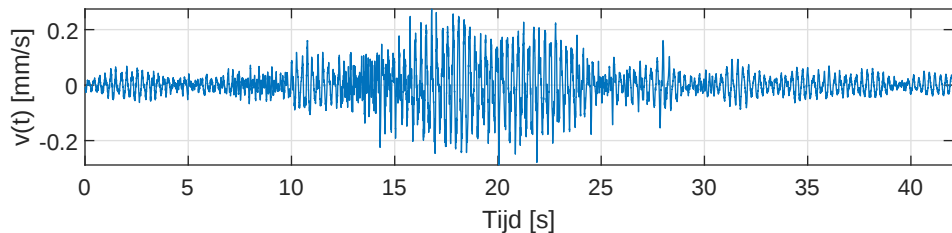
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 2 om 2023-06-23 13:36



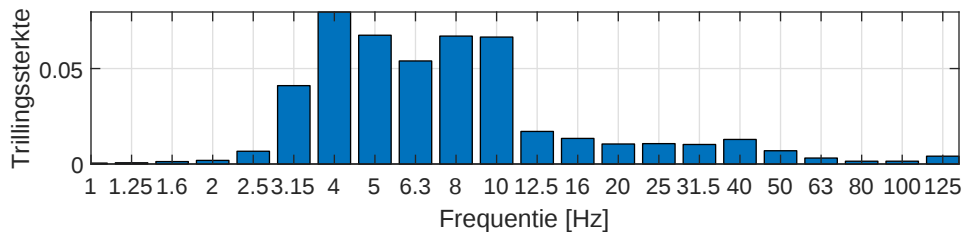
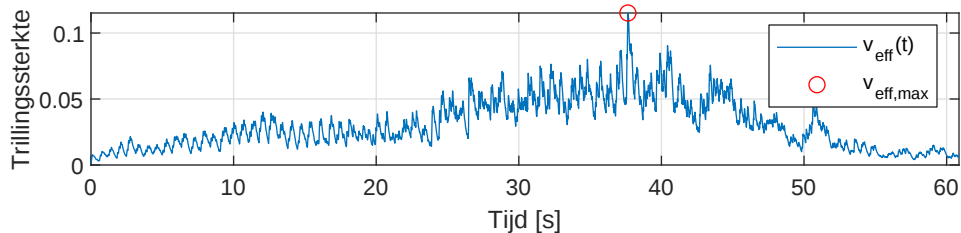
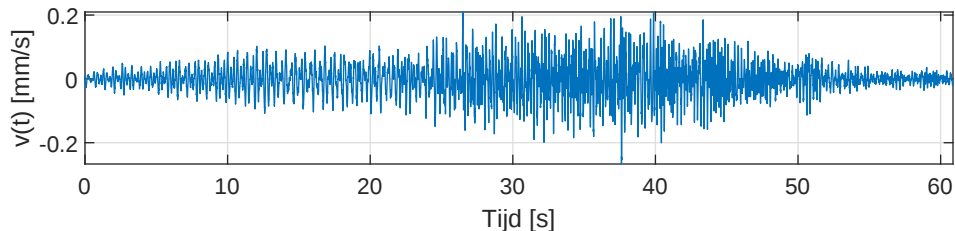
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-24 06:52



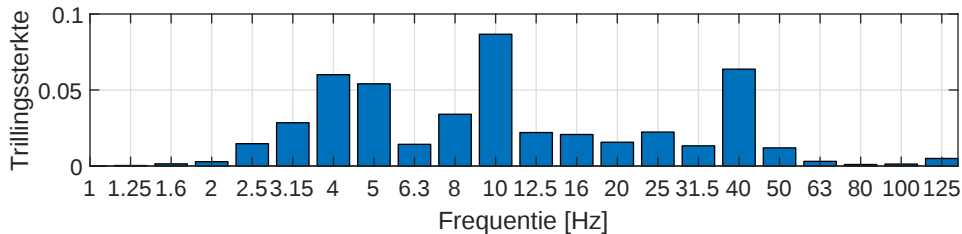
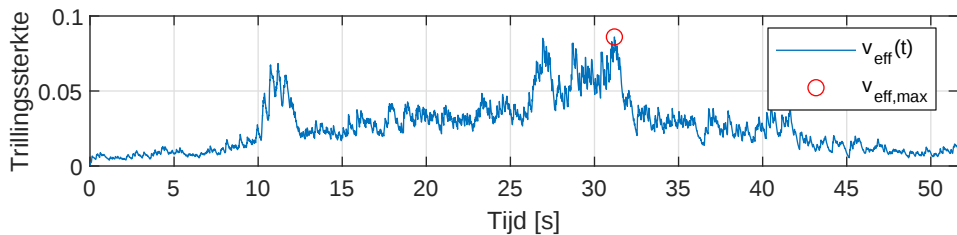
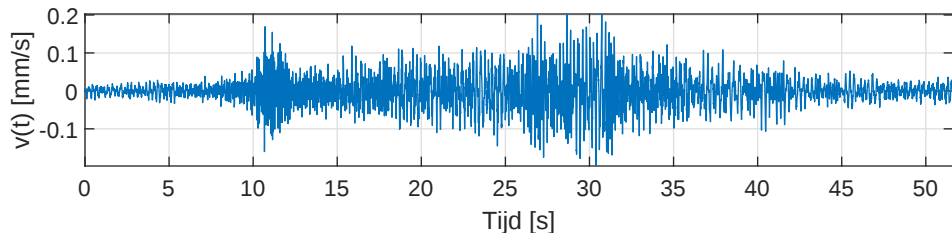
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-23 13:36



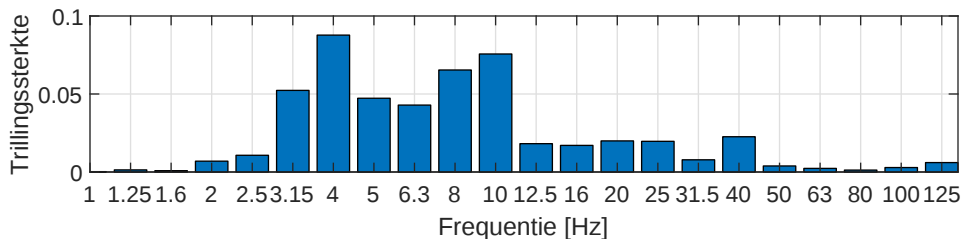
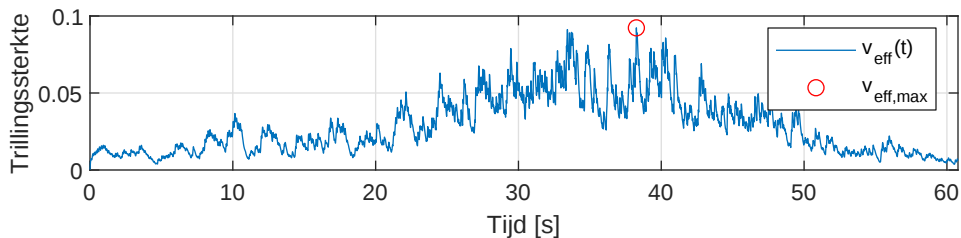
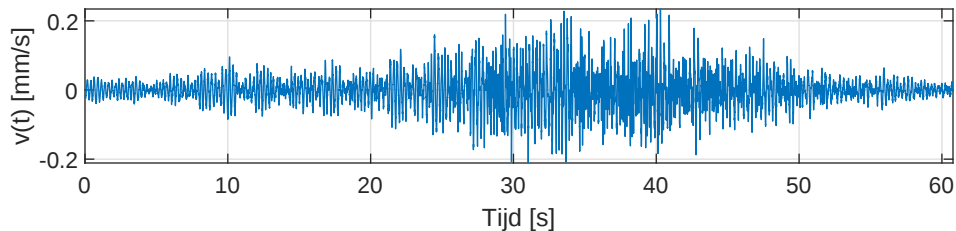
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-23 20:17



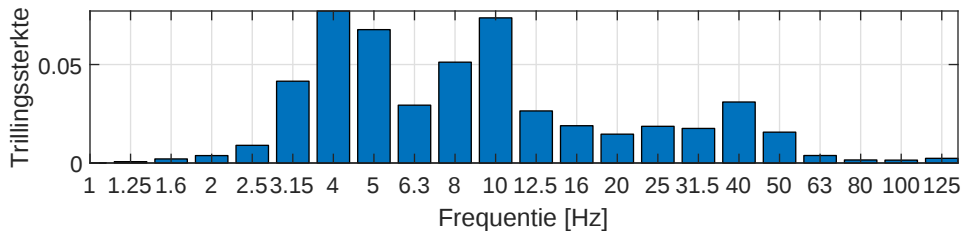
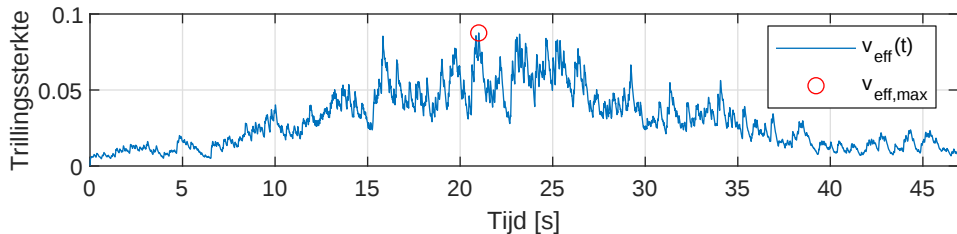
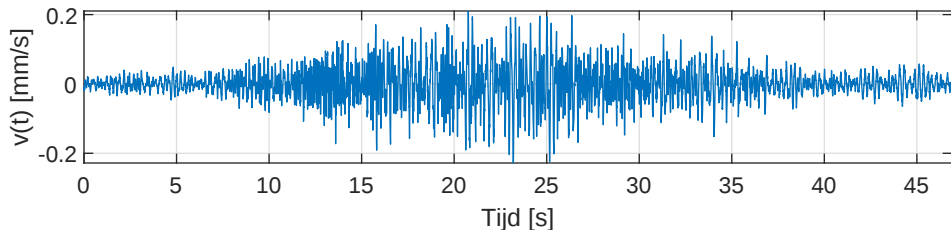
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-22 10:05



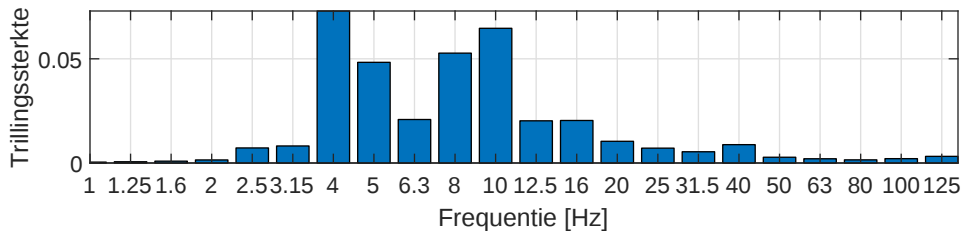
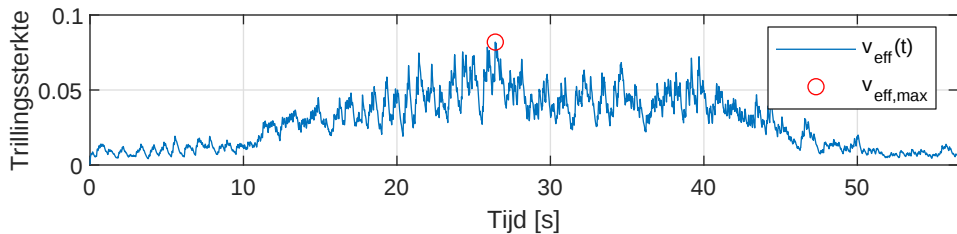
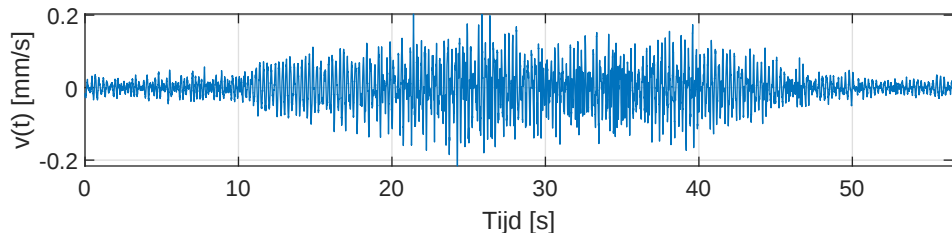
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-23 07:54



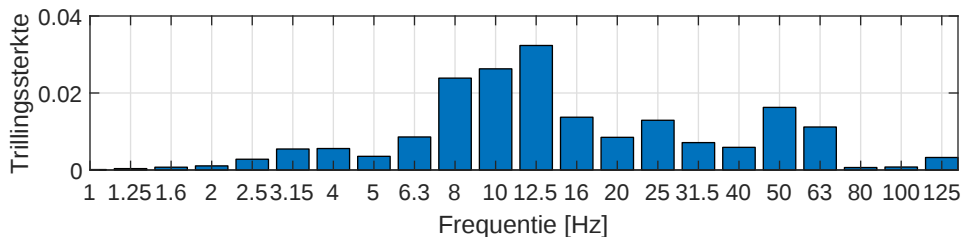
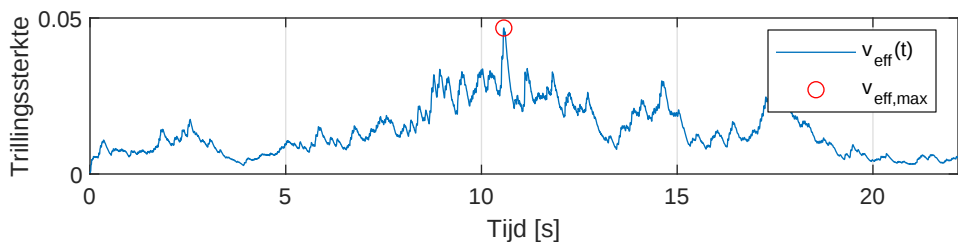
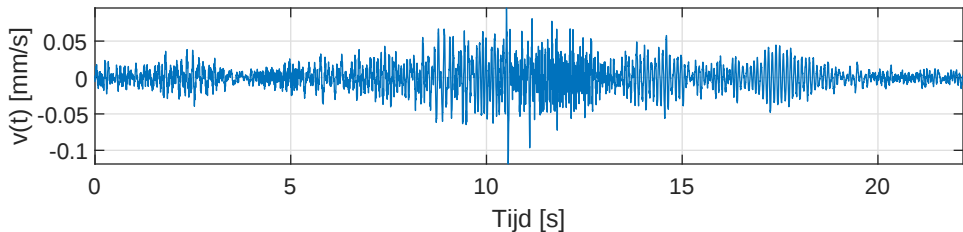
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-24 13:34



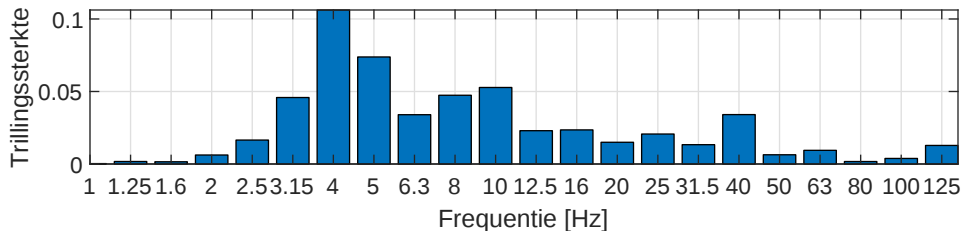
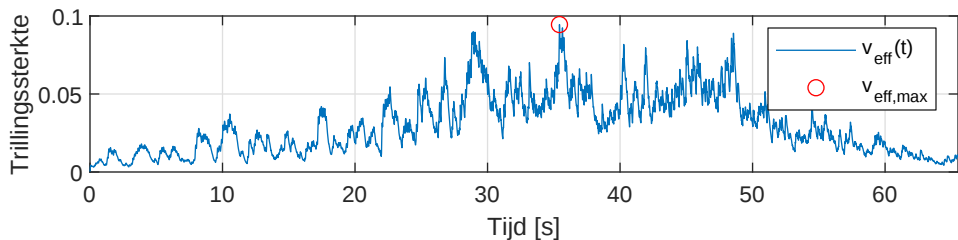
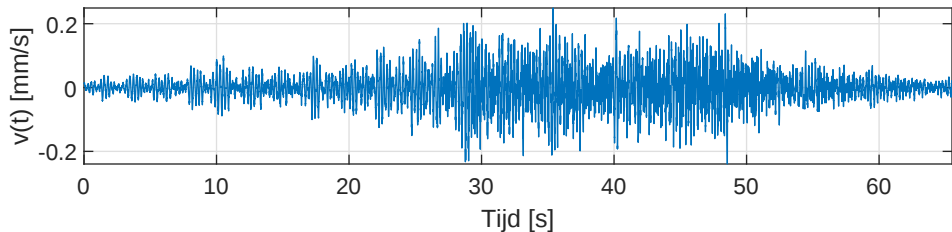
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-23 02:20



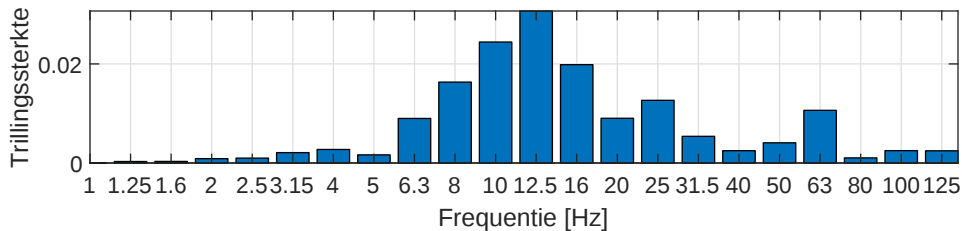
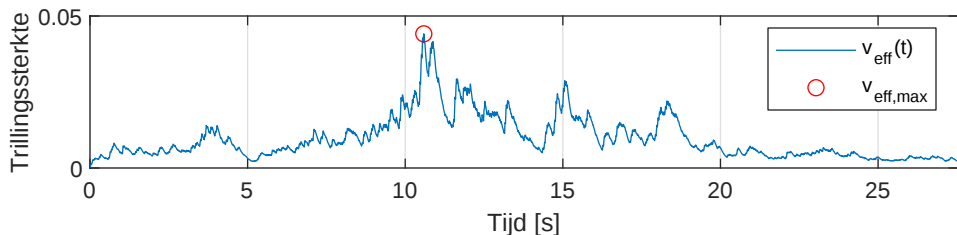
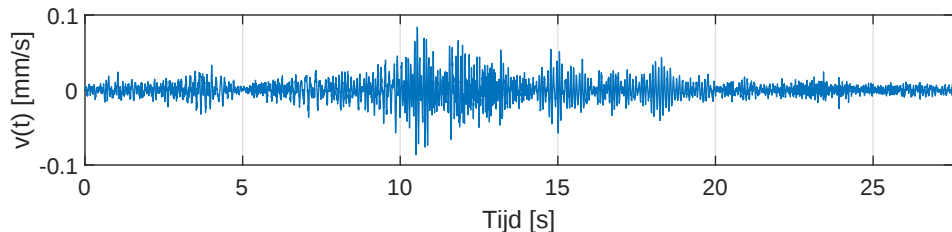
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-22 08:49



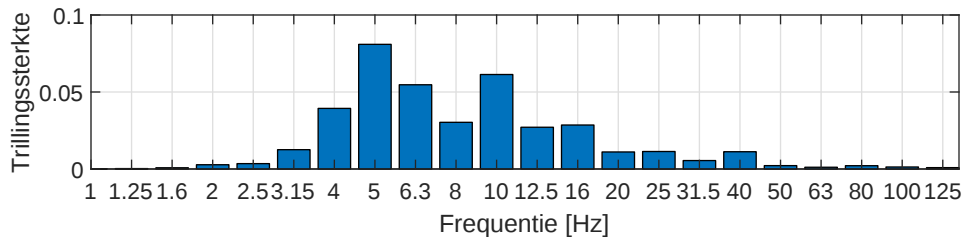
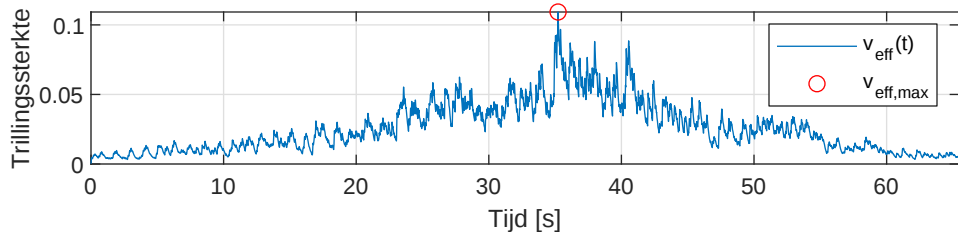
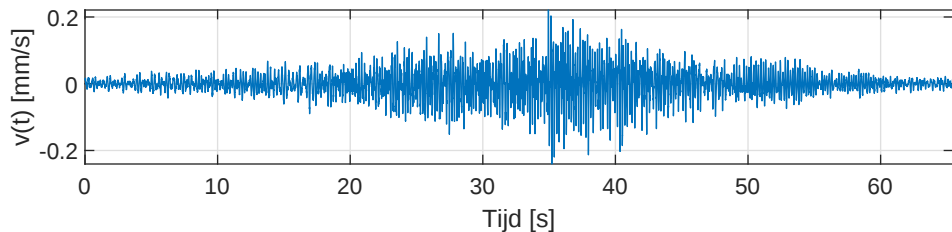
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-27 07:52



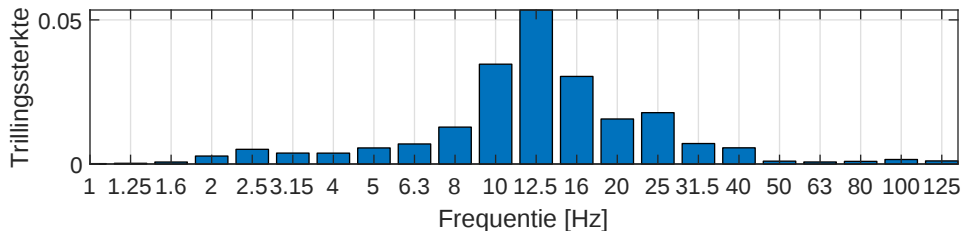
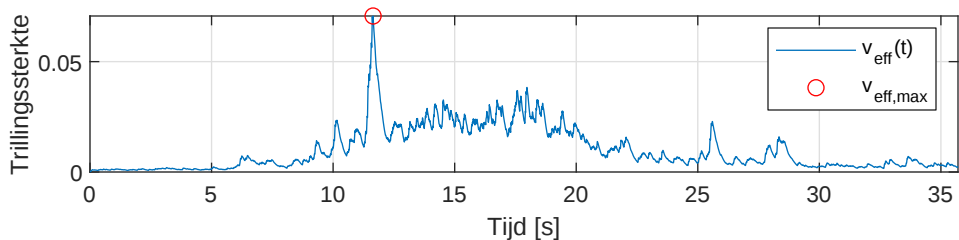
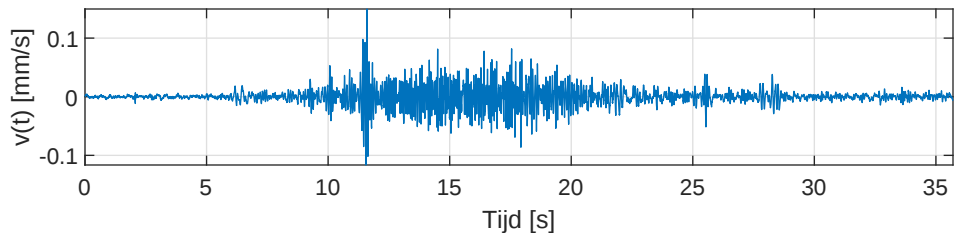
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 3 om 2023-06-22 18:26



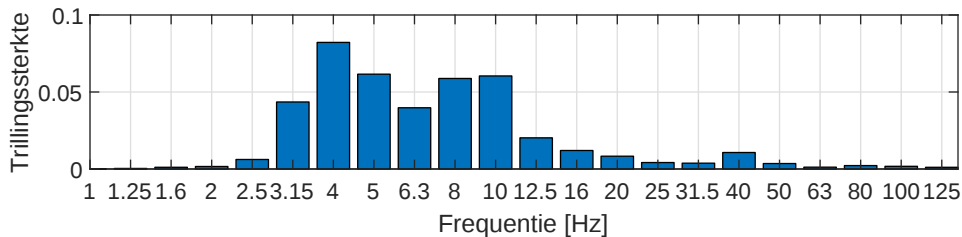
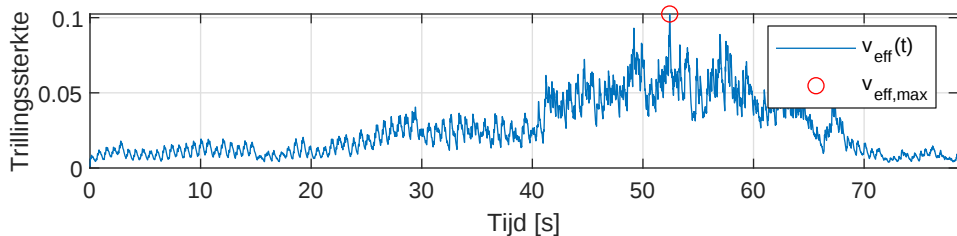
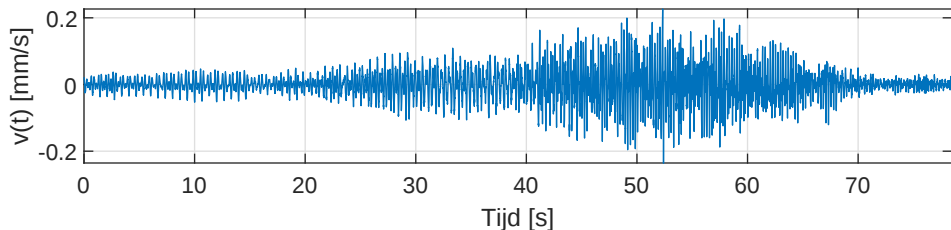
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-24 06:52



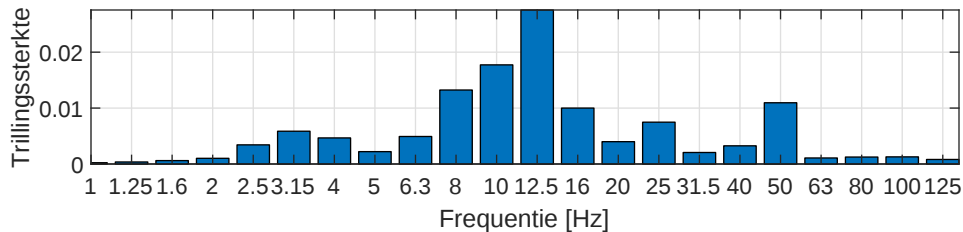
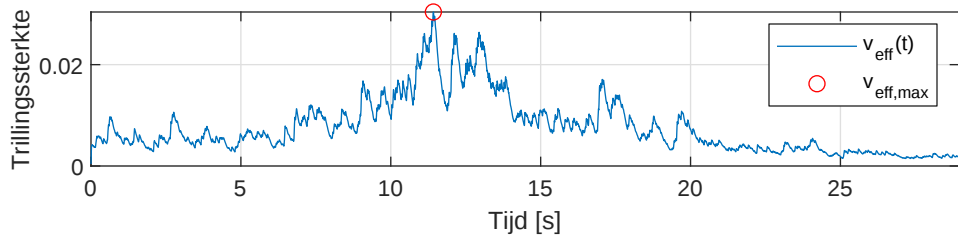
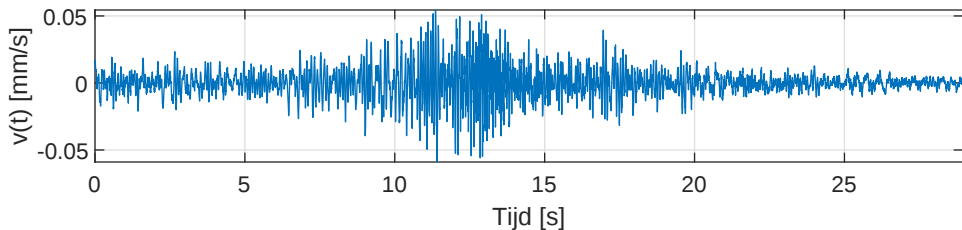
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-22 15:50



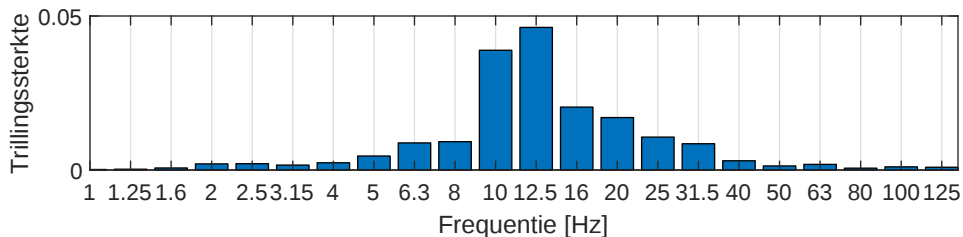
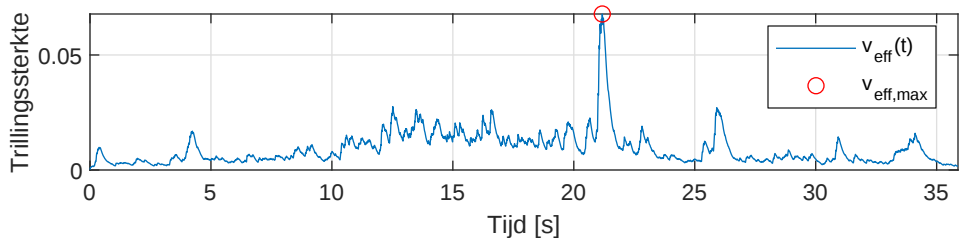
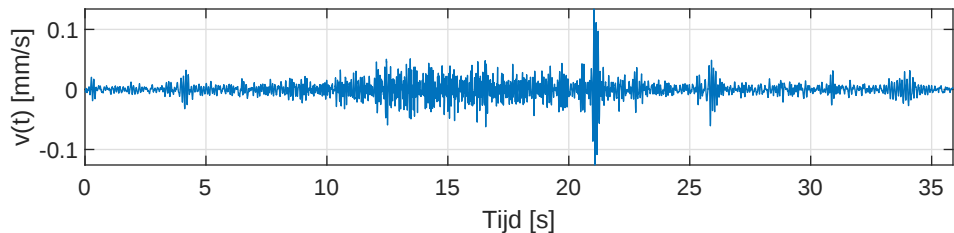
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-23 20:16



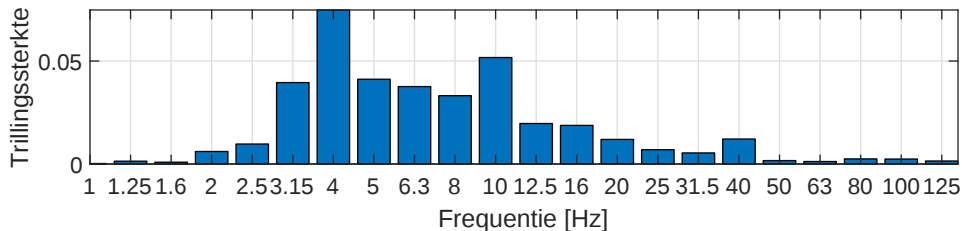
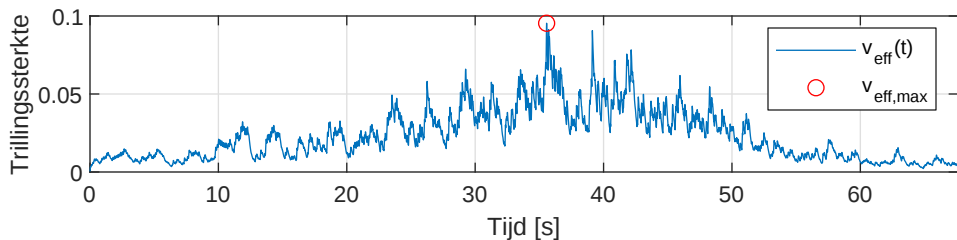
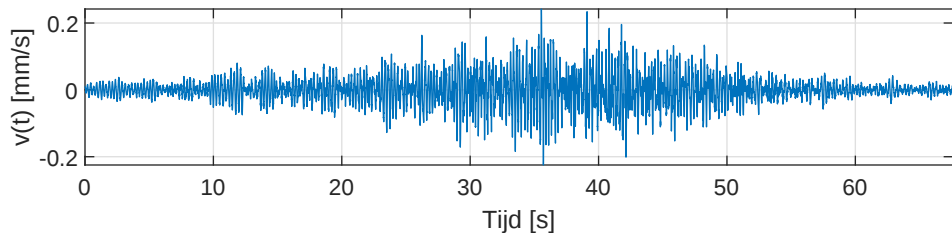
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-26 16:19



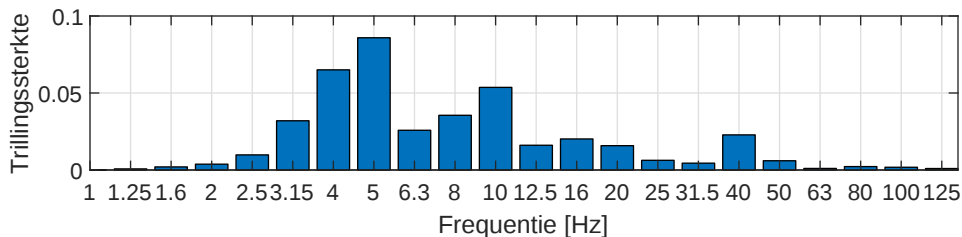
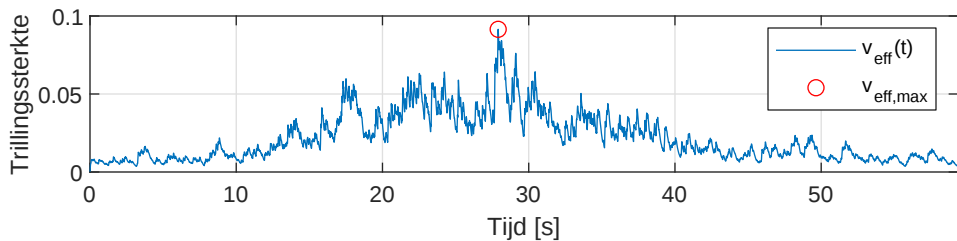
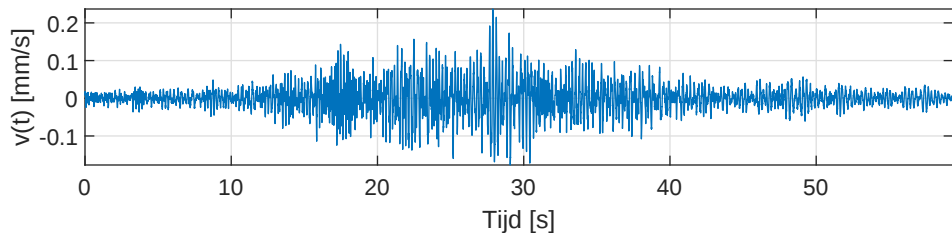
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-26 07:06



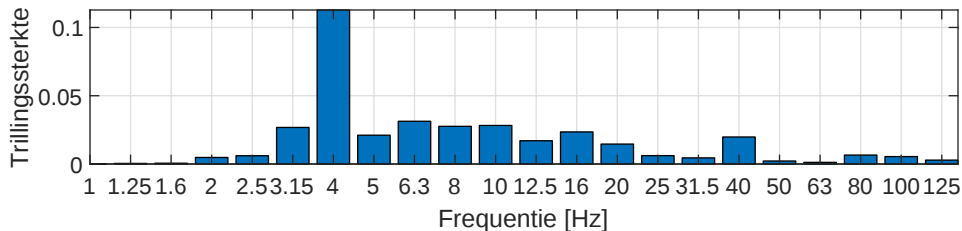
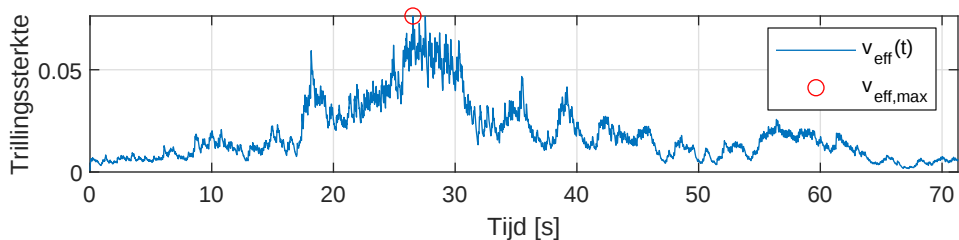
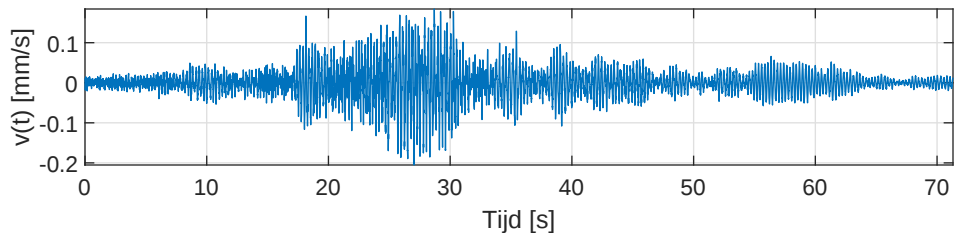
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-23 07:54



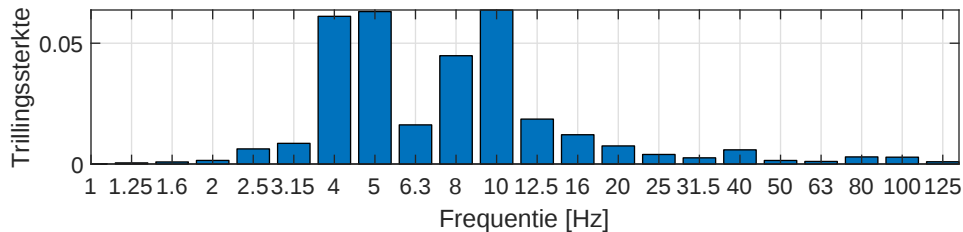
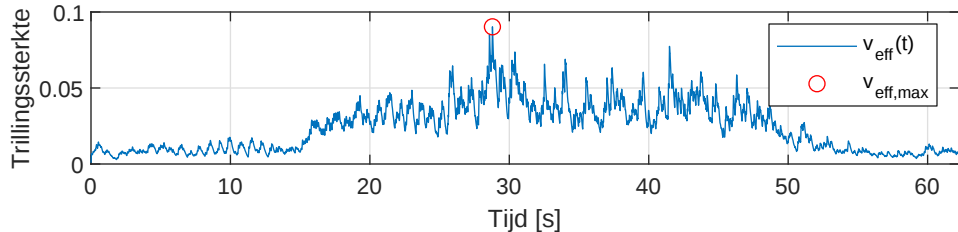
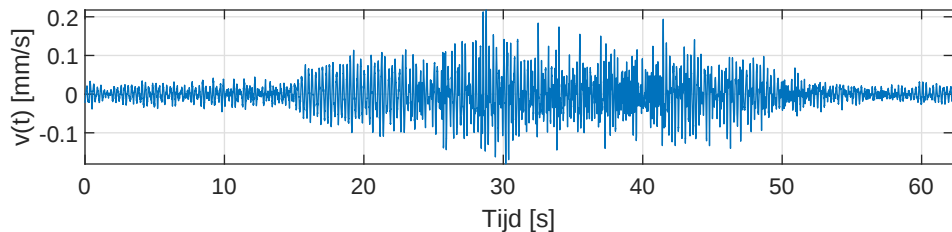
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-24 13:34



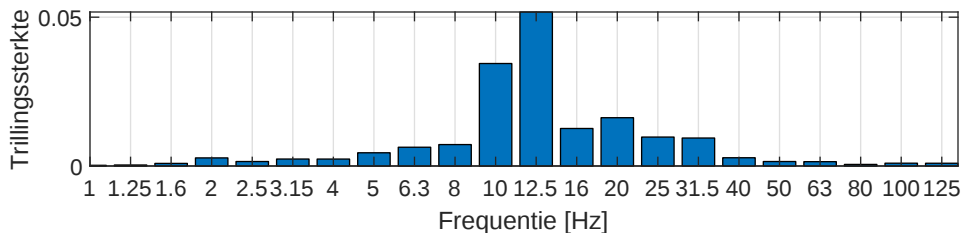
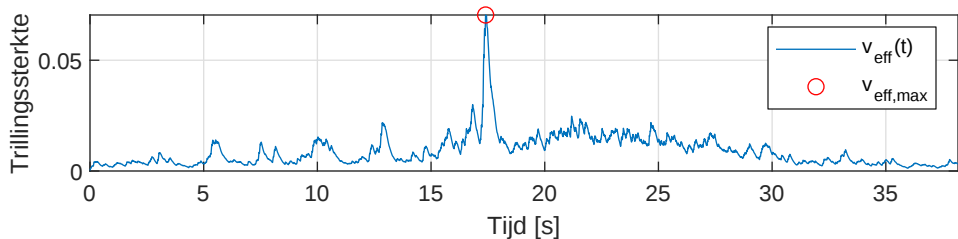
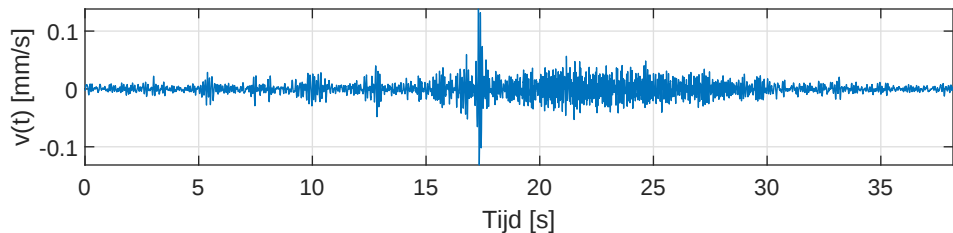
Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-23 13:36



Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-23 02:19

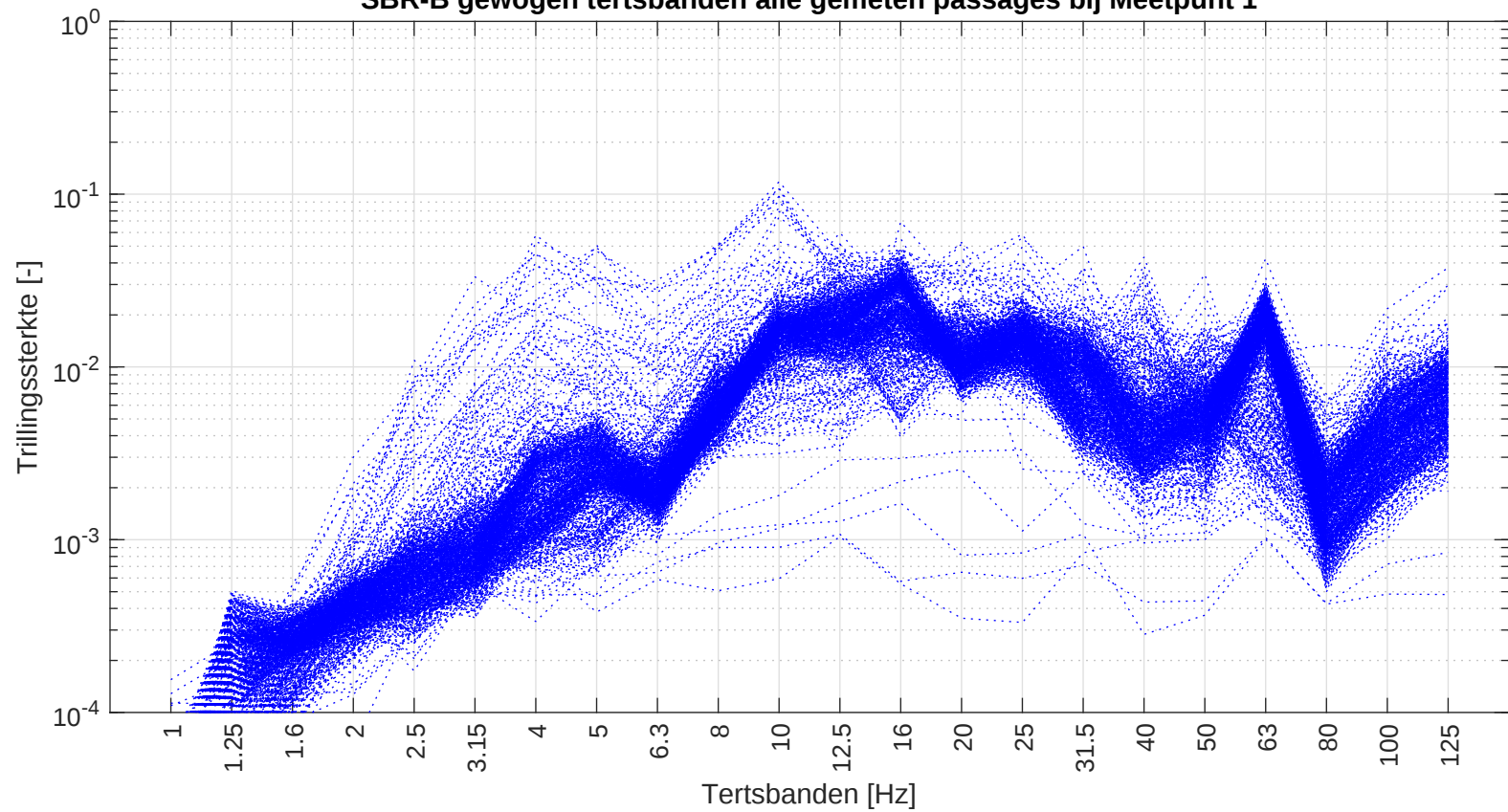


Treinpassage gemeten bij Meetpunt 4 om 2023-06-26 07:04

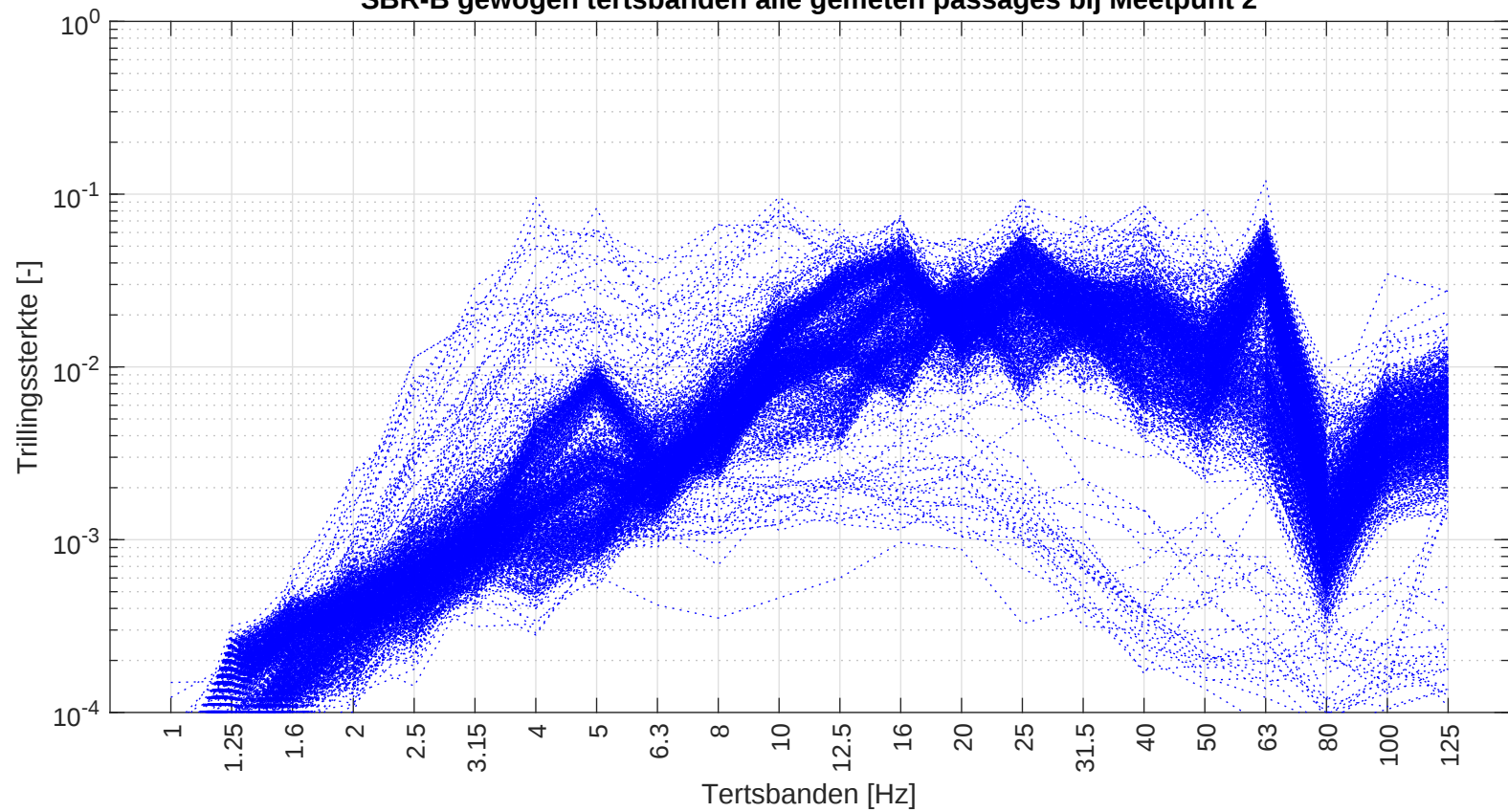


Bijlage III Tijdsignaal, trillingssterkte en spectrum van top 10 maatgevende passages per meetpunt

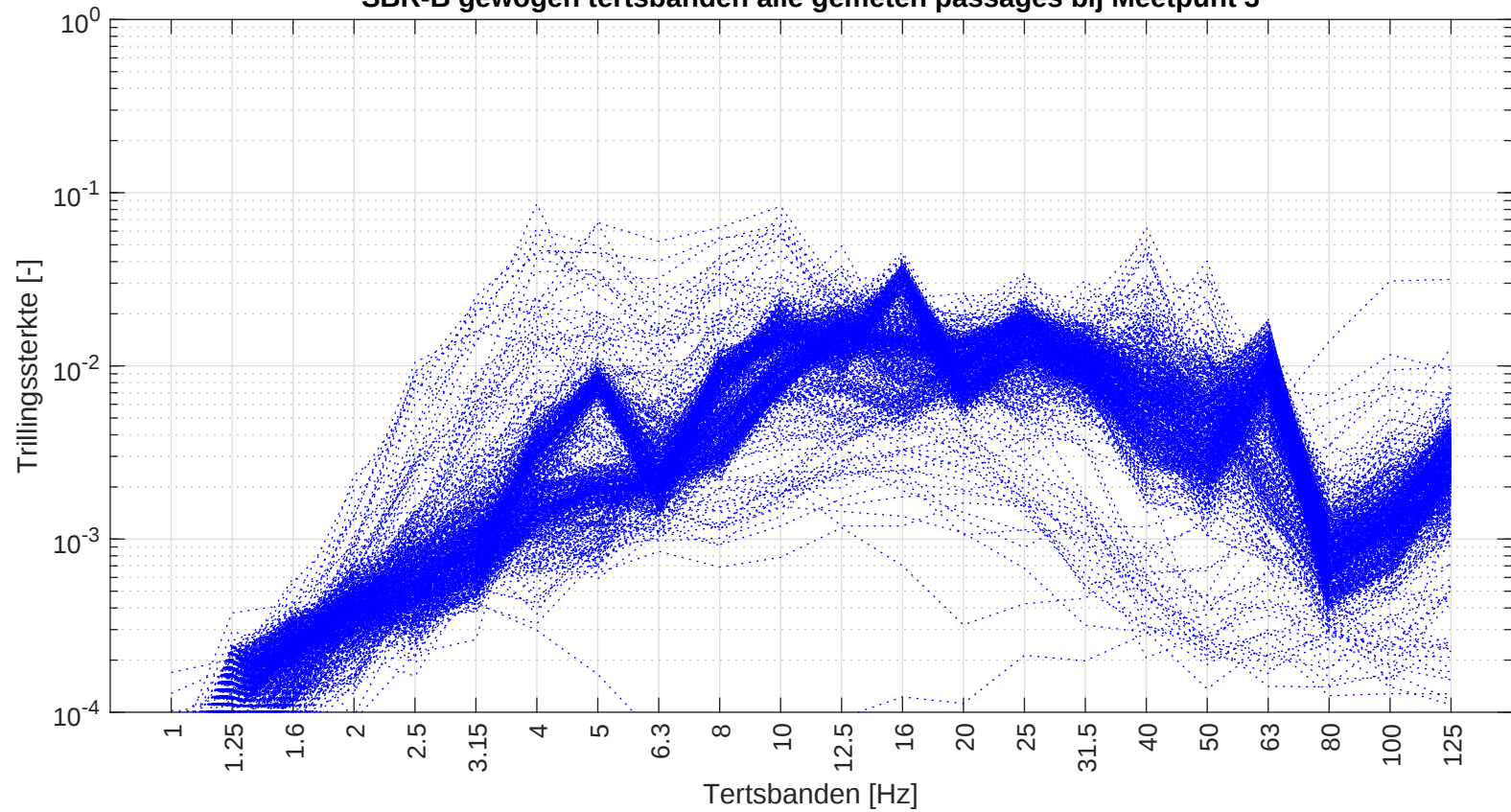
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 1



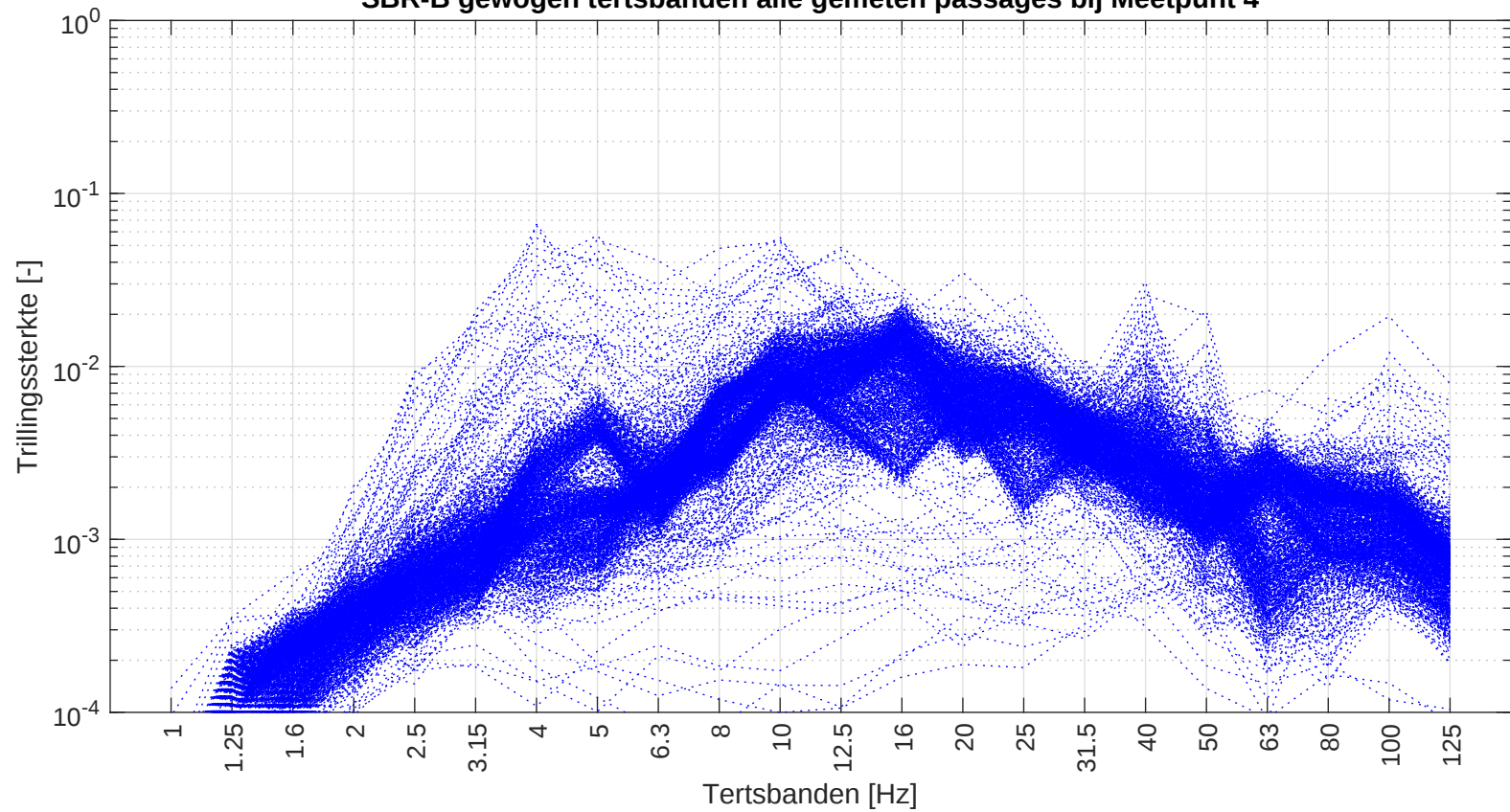
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 2



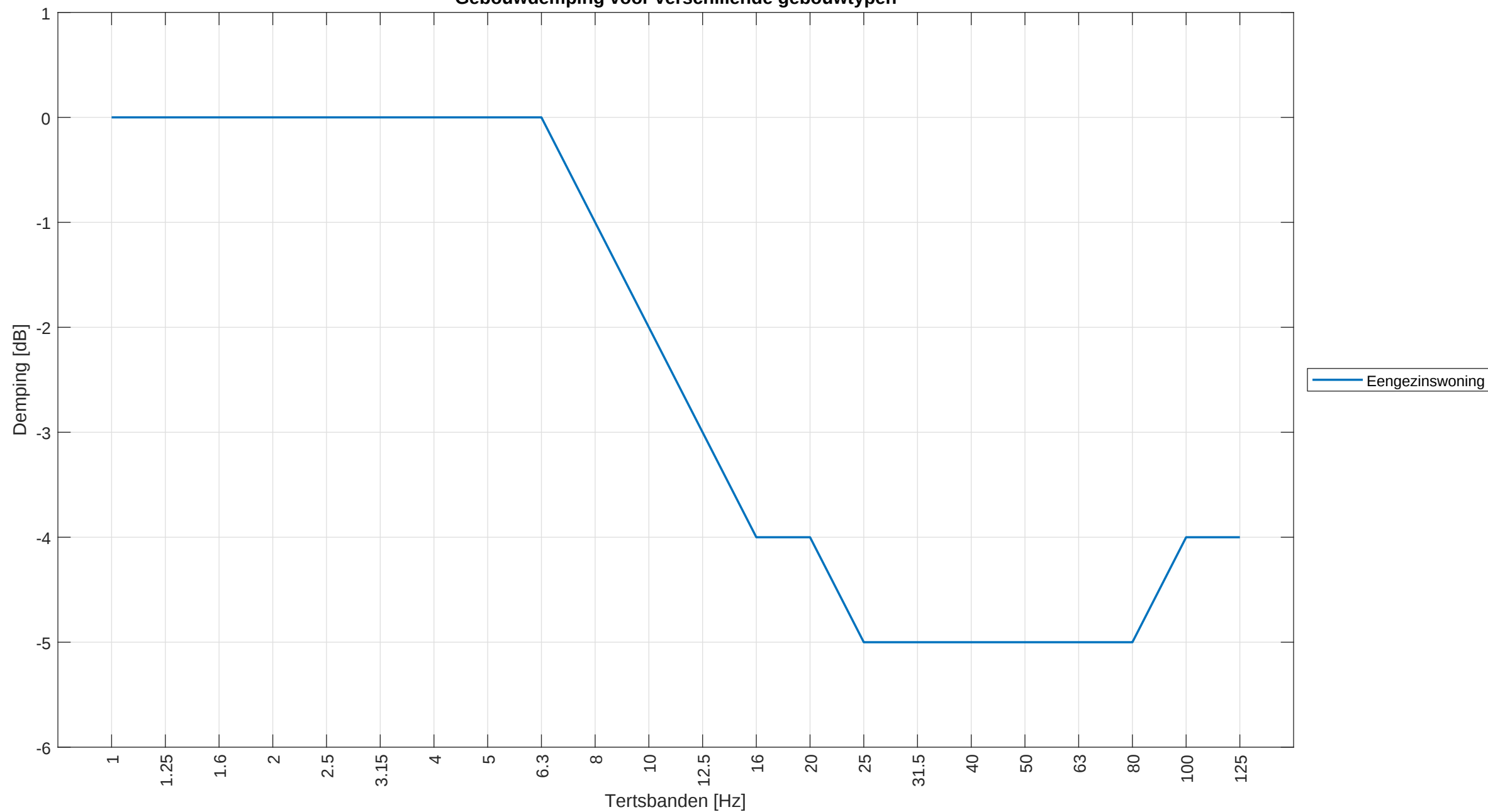
SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 3



SBR-B gewogen tertsbanden alle gemeten passages bij Meetpunt 4



Gebouwdemping voor verschillende gebouwtypen



Opslingering per eigenfrequentie van de vloer

