

Bezoekadres:

De Waal 18

5684 PH Best

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 Matsertterrein Utrecht; prognose hinder van het spoor

Datum **7 april 2025**
Referentie **11552-60417-03v2**

Referentie 11552-60417-03v2
Rapporttitel Trillingsonderzoek Matserterrein Utrecht;
prognose hinder van het spoor

Datum 7 april 2025

Opdrachtgever Deerns Nederland B.V.
Westerlaan 111
8011 CA ZWOLLE

Contactpersoon De heer [REDACTED]

Behandeld door De heer [REDACTED]
Cauberg Huygen B.V.
Bezoekadres:
De Waal 18
5684 PH Best
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	Omgevingsplan	6
2.3	SRB-B Beoordelingskader	6
2.4	Beschrijving situatie	7
3	Trillingsmetingen	9
3.1	Algemeen	9
3.2	Meetposities	9
3.3	Meetparameters	10
4	Meetresultaten	11
5	Prognose trillingssterkte	13
5.1	Niet-technische samenvatting prognose trillingssterkte en beoordeling	13
5.2	Werkwijze	13
5.3	Invoergegevens	13
5.4	Resultaat prognosemodel	16
5.5	Maximale trillingssterkte	17
6	Beschouwing	19
6.1	Conservatief model	19
6.2	Keuze eigenfrequentie van de vloeren	19
6.3	Bouwen in hout	19
7	Conclusie	20

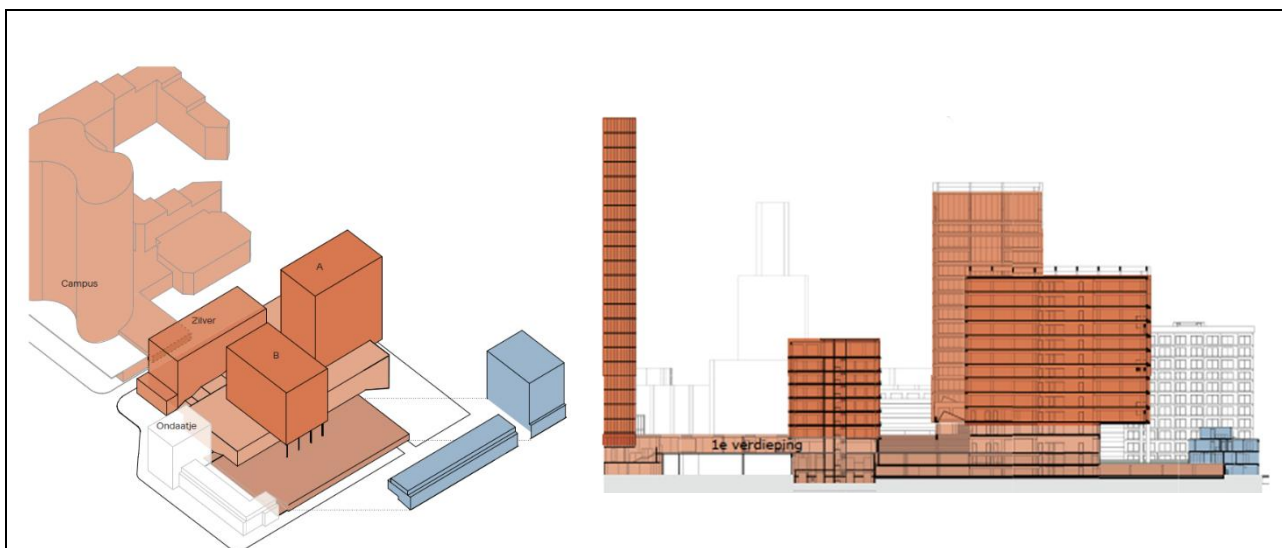
Bijlagen

Bijlage I	Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ per meetpunt
Bijlage II	SBR-B gewogen tertsbandspectra voor prognosemodel

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

In opdracht van Deerns Nederland b.v. is door Cauberg Huygen B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling van het bouwplan Matserterrein Utrecht. Het project ligt op korte afstand van het spoor waardoor passerende treinen mogelijk hinder kunnen veroorzaken in de toekomstige kantoren en woningen.



Figuur 1.1: Situatieschets van het bouwplan

De locatie van het project is gelegen aan de Croeselaan te Utrecht. Op deze locatie wordt de volgende ontwikkeling gerealiseerd:

- Renovatie van kantoorgebouw Zilver.
- Nieuwbouw van kantoorgebouwen A en B op plint met parkeergarage en diverse bijeenkomstfuncties.
- Nieuwbouw van twee woongebouwen aan de Jan van Foreeststraat.

Het doel van het onderzoek is om te bepalen of de trillingen als gevolg van het treinverkeer kunnen leiden tot hinder voor personen in de toekomstige kantoorruimte en woningen. Om dat vast te kunnen stellen, zijn ter plekke trillingsmetingen uitgevoerd en is een prognose van de in de kantoren en woningen te verwachten trillingssterkte opgesteld.

Het plan bevat nieuw te bouwen woningen en kantoren in strijd met de regels in het Omgevingsplan. Om de nieuwbouw mogelijk te maken moet een evenwichtig toedeling van functies aan locaties worden toegepast. Hiervoor hanteert de Gemeente Utrecht in het Beleidsnota Geluid en Trillingen (januari 2024) het beleid dat voor nieuwbouwplannen wordt voldaan aan de streefwaarden uit de trillingsrichtlijn deel B van SBR CURnet "hinder voor personen in gebouwen" (SBR-B). Tevens is bij de uitvoering van de trillingsmetingen gebruik gemaakt van SBR-B. Voorliggende rapportage beschrijft de uitgangspunten van het onderzoek, de meetresultaten, de prognose en de beoordeling van de trillingen.

1.2 Samenvatting

Op basis van trillingsmetingen ter plekke en een empirische prognose, zijn de te verwachten trillingen in de toekomstige woningen en kantoren berekend. De berekende trillingssterkte is beoordeeld aan de hand van SBR-B. De conclusies uit het onderzoek luiden samenvattend als volgt:

- De locatie van het bouwplan is zodanig dat hinder door trillingen als gevolg van het treinverkeer niet te verwachten is.
- In het bestaande kantoorgebouw (zilver) voldoet de maximale trillingssterkte aan de streefwaarden uit SBR-B.
- De prognosticeerde trillingssterkte in de nieuwbouw woningen en kantoren voldoet ook aan de streefwaarden uit SBR-B. Zelfs bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloeren wordt er aan de SBR-B streefwaarde voldaan. Hierdoor kan er geconcludeerd worden dat er geen trillingsreducerende maatregelen getroffen hoeven te worden.

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 februari 2025 en zijn gebruikt om de meetopstelling te toetsen en de kenmerken van de trillingen van passerende treinen 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 t/m 28 februari 2025 voor een periode van 7 dagen. 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 Omgevingsplan

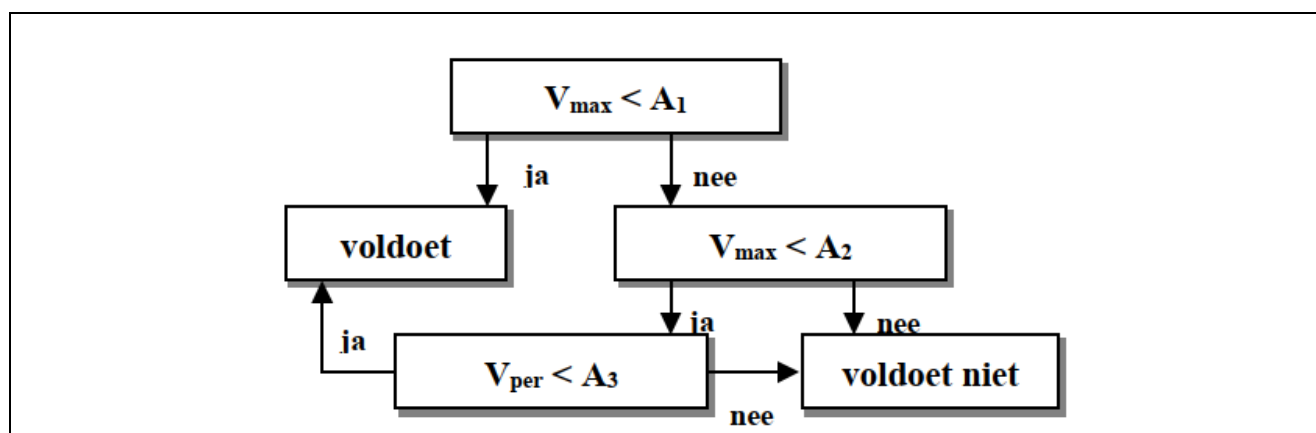
De Omgevingswet stelt als eis dat bij het toedelen van functies aan locaties rekening wordt gehouden met gezondheid en milieu. In het Beleidsnota Geluid en Trillingen (januari 2024) is het beleid dat voor nieuwbouwplannen wordt voldaan aan de streefwaarden uit de trillingsrichtlijn deel B van SBRCURnet “hinder voor personen in gebouwen” (SBR-B):

- De SBR-streefwaarde van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voor ‘nieuwe situaties’ wordt niet overschreden;
- De maximale trillingssterkte V_{max} kan hoger zijn dan de streefwaarde voor ‘nieuwe situaties’ als met onderzoek is aangetoond dat dit niet te vermijden is;
- De soepelere richtwaarde van de maximale V_{max} voor ‘bestaande situaties’ mag niet worden overschreden.

De invulling van deze eisen wordt behandeld in navolgend paragraaf.

2.3 SRB-B Beoordelingskader

Voor de beoordeling van de trillingssterkte in de toekomstige kantoren en woningen is gebruik de streefwaarden van SBR-B uit 2006. De beoordeling vindt plaats op basis van twee parameters 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 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 kantoor en 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 bestaande en nieuwe situatie want er is sprake van nieuw te bouwen woningen en kantoren en bestaande kantoren. In tabel 2.1 zijn de streefwaarden opgenomen voor $V_{\max}$ en V_{per} voor de relevante situaties conform SBR-B.

Tabel 2.1: SBR-B Streefwaarden ter voorkoming van trillingshinder bij gebouwfunctie wonen en kantoor

Gebouwfunctie en situatie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
Wonen, nieuw situaties	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Kantoor, nieuw situaties	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
Kantoor, bestaande situaties	0,30	1,2	0,15	0,30	1,2	0,15

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

2.4 Beschrijving situatie

Op het moment van meten zijn op de projectlocatie het bestaande kantoor Zilver, auditorium en parkeerplaatsen aanwezig. In figuur 2.1 is een luchtfoto te zien van het terrein aan de Croeselaan. De projectlocatie is met een rood vierkant aangeduid.



Figuur 2.1: Luchtfoto van de projectlocatie, bron PDOK Luchtfoto Actueel Ortho

3 Trillingsmetingen

3.1 Algemeen

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd van 21 tot en met 28 februari 2025. 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 internettimeservers gesynchroniseerd in tijd.

3.2 Meetposities

De meetpunten zijn geplaatst op maaiveld op verschillende afstanden tot het spoor op de posities van de toekomstige funderingen. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de meetpunten. Meetpunt 1 bevindt zich in het bestaande Rabobank kantoor. Meetpunt 2 en 3 bevinden zich op 100m van het spoor en meetpunt 4 op 150m van het spoor.



Figuur 3.1: Overzicht van de meetpunten

Op iedere meetpunt is de trillingssnelheid in drie richtingen gemeten:

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

In figuur 3.2 zijn foto's opgenomen van de meetopstelling bij meetpunt 3.



Figuur 3.2: Meetopstelling bij meetpunt 3

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.

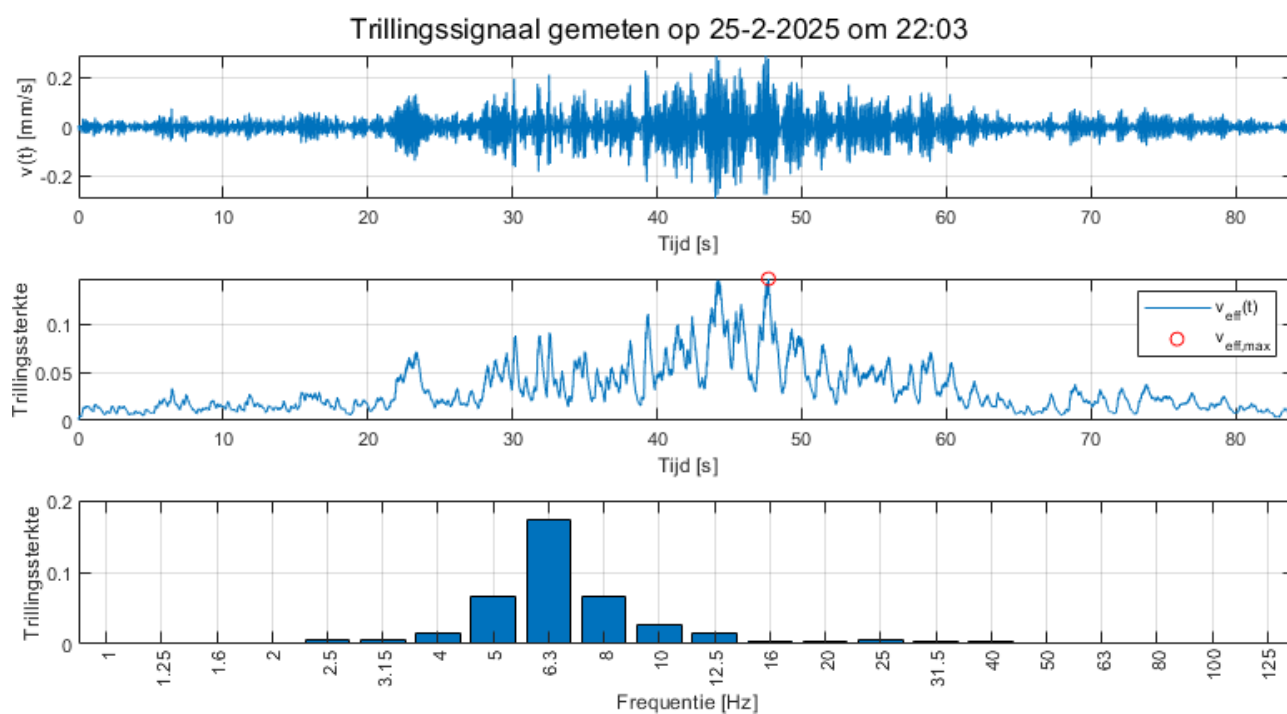
4 Meetresultaten

Op 21 februari 2025 is de bemande meting uitgevoerd tussen 12:48 en 14:43 bij alle meetpunten. Tijdens de bemande trillingsmetingen is vastgesteld dat er sprinters, intercity's en goederentreinen over het traject rijden. Direct aansluitend aan de bemande meting is de onbemande meting gestart voor de duur van een week. Onderstaande tabel 4.1 geeft een overzicht van de maximale trillingssterkte per etmaal. De hoogste waarden zijn groen gemarkeerd. In bijlage I is het verloop van de trillingssterkte tijdens de gehele meetperiode grafisch weergegeven.

Tabel 4.1: Overzicht maximale trillingssterkte op maaiveld tijdens de onbemande meting

Etmaal	$V_{\max}$ MP1	$V_{\max}$ MP2	$V_{\max}$ MP3	$V_{\max}$ MP4
Vrijdag 21 februari 2025	0,15 Z	0,08 Z	0,10 Z	0,10 Z
Zaterdag 22 februari 2025	0,15 Z	0,08 Z	0,06 Z	0,08 Z
Zondag 23 februari 2025	0,15 Z	0,11 Z	0,09 Z	0,08 Z
Maandag 24 februari 2025	0,16 Z	0,08 Z	- -	0,11 Z
Dinsdag 25 februari 2025	0,18 Z	0,14 Z	- -	0,09 Z
Woensdag 26 februari 2025	0,19 Z	0,10 Z	- -	0,11 Z
Donderdag 27 februari 2025	0,18 Z	0,13 Z	- -	0,08 Z
Vrijdag 28 februari 2025	0,15 Z	0,07 Z	- -	0,11 Z

Bij Meetpunt 3 is alleen de eerste 3 dagen gemeten. De hoogste trillingssterkte op maaiveld is gemeten op 25 februari om 10:36 bij meetpunt 2. De gemeten trillingssterkte bedroeg 0,14. Van deze maatgevende treinpassage toont figuur 4.3 het verloop van de (bij meetpunt 2) gemeten trilling in de tijd in de verticale richting (bovenste grafiek). De voortschrijdende effectieve waarde $v_{\text{eff}(t)}$ en de bijbehorende maximale trillingssterkte $v_{\text{eff,max}}$ zijn te zien in de middelste grafiek en het gemeten max-hold tertsbandspectrum in de figuur 4.1.



Figuur 4.1: Treinpassage bij meetpunt 2 op 25 februari om 22:03

In figuur 4.1 is te zien dat de trillingssterkte het hoogst is ongeveer 48 seconde na het begin van het signaal en dat de 6,3 Hz in deze passage tertsbanden maatgevend is.

5 Prognose trillingssterkte

5.1 Niet-technische samenvatting prognose trillingssterkte en beoordeling

Het bepalen van de trillingssterkte in de toekomstige kantoren en woningen is bepaald door de gemeten spectrale trillingssterkte op maaiveld te vermenigvuldigen met de demping van de fundering en de versterking afhankelijk van de eerste eigenfrequentie van de vloer. Omdat de dimensies van de vloeren nog niet bekend zijn is gerekend met eigenfrequenties van de vloeren tussen de 5 en 20 Hz.

De berekende trillingssterktes zijn beoordeeld volgens de streefwaarden uit SBR-B. Zelfs in het geval van een ongunstige eigenfrequentie van de vloer, voldoen alle kantoorgebouwen en woningen aan de A2 streefwaarde. Er zijn geen trillingsreducerende maatregelen benodigd om te kunnen voldoen aan de streefwaarden uit SBR-B. Voor een gedetailleerde technische uitleg wordt verzocht de navolgende paragrafen te lezen.

5.2 Werkwijze

Voor de berekening van de trillingssterkte in de toekomstige woningen is gebruik gemaakt van een empirisch rekenmodel gebaseerd op het rekenmodel van VROM opgesteld door TNO, en bureauervaring door de jaren heen. De berekening bevat de volgende stappen:

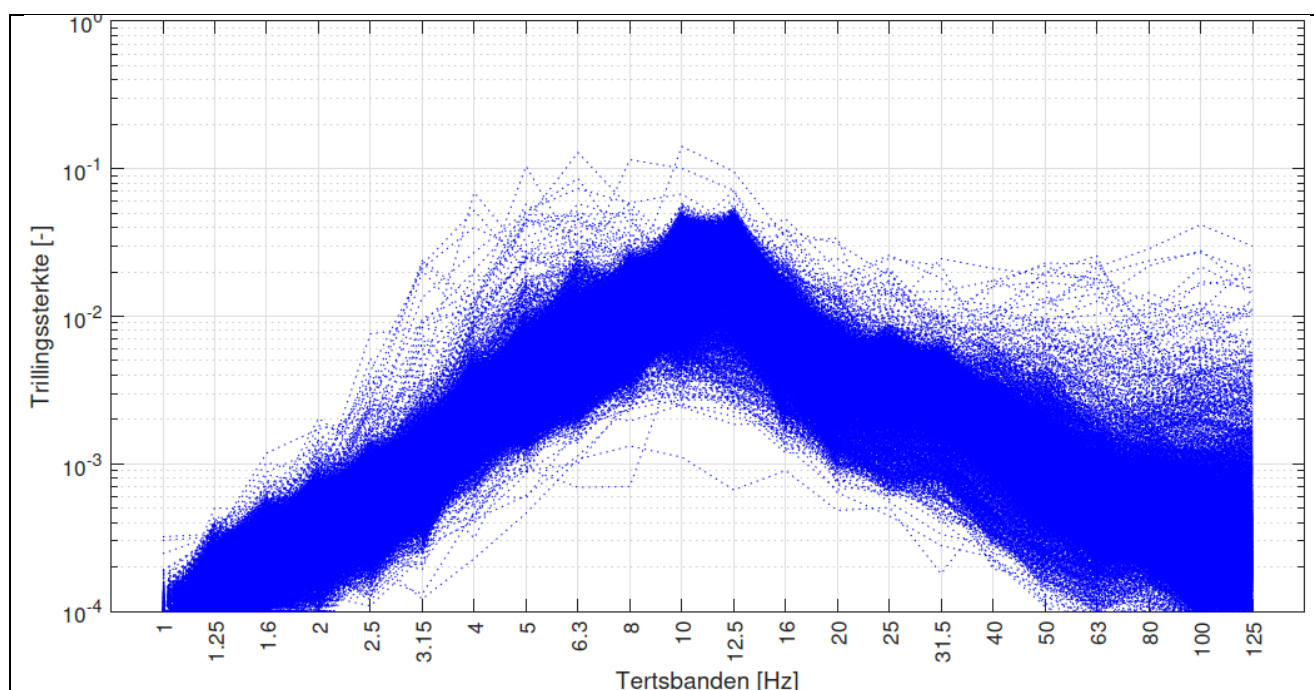
1. De berekening van de trillingssterkte op het fundament op basis van de karakteristieke overdracht van maaiveld op fundering.
2. De berekening van de trillingssterkte op het vloerveld op basis van de te verwachten versterking afhankelijk van de eerste eigenfrequentie van de vloer. Deze versterking 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 overall $V_{\max}$ trillingssterkte wordt vervolgens berekend door de trillingssterkte in de verschillende tertsbanden energetisch bij elkaar op te tellen.

5.3 Invoergegevens

5.3.1 Gemeten spectrale trillingssterkte

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

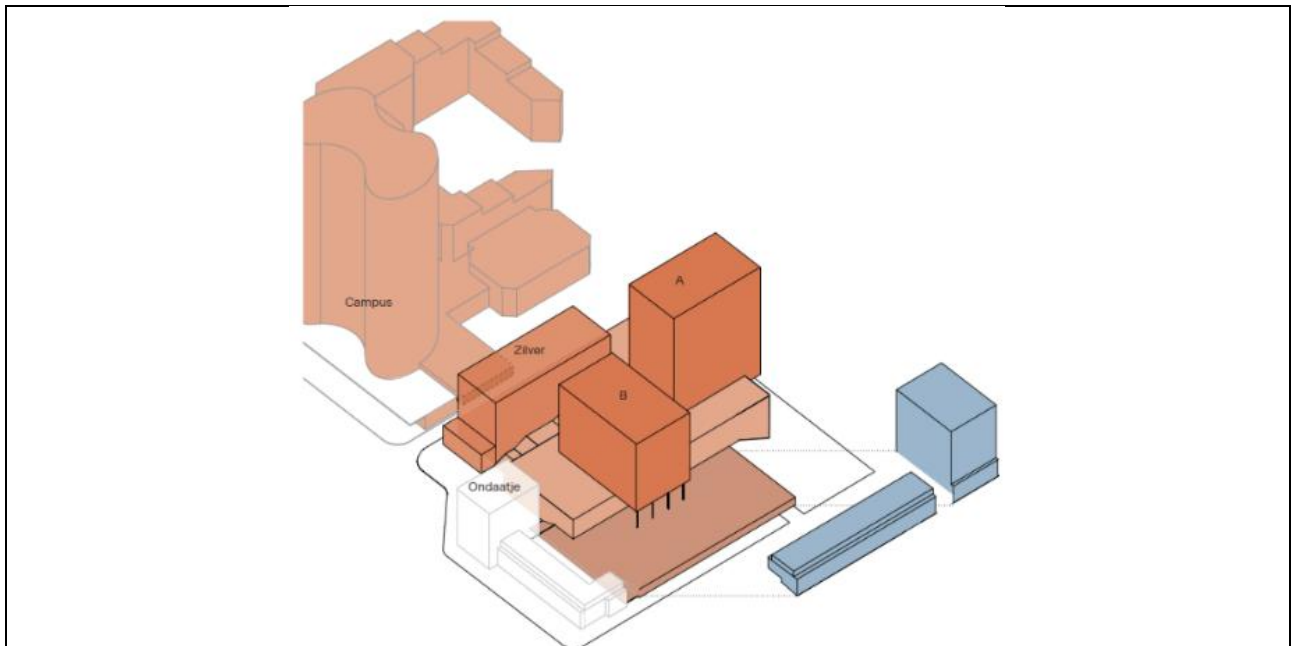


Figuur 5.1: SBR-B gewogen tertsbanden voor alle gemeten passages bij meetpunt 2

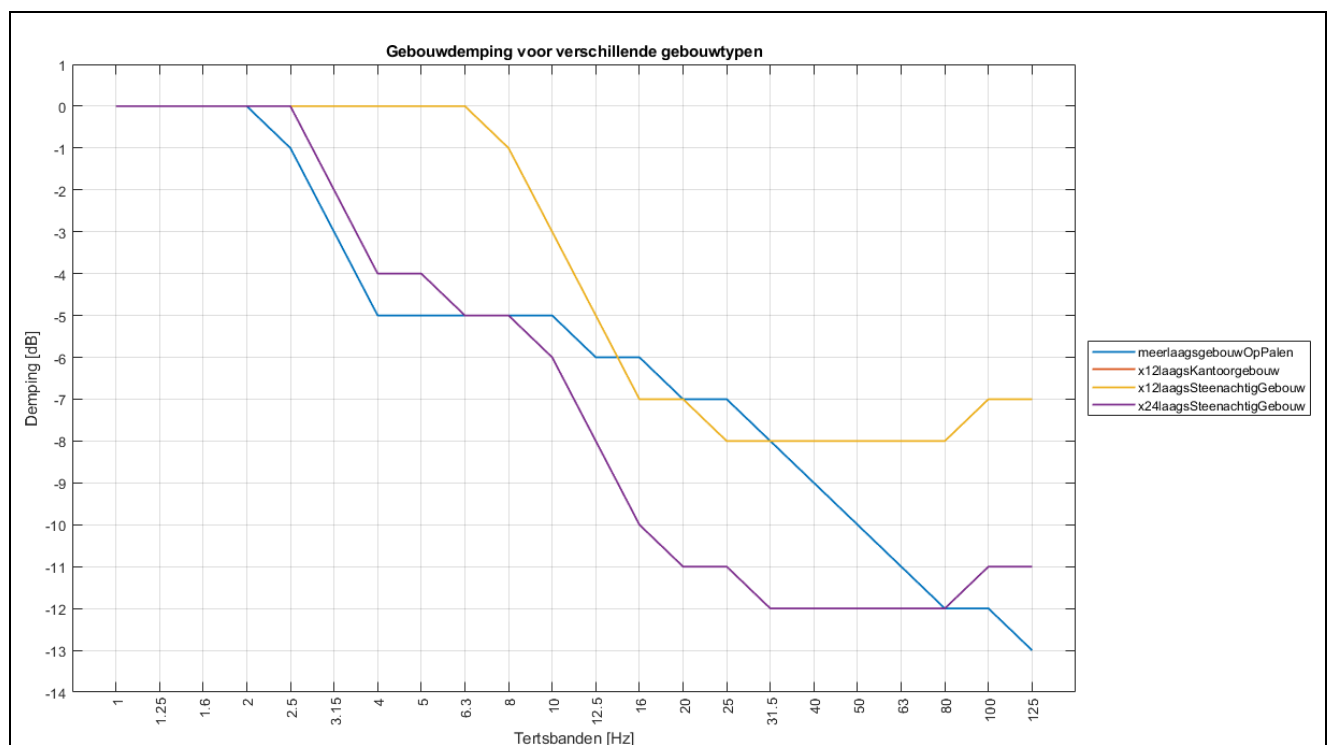
Uit de spectra in figuur 5.1 blijkt dat de trillingssterkten breedbandig aanwezig zijn. Het grootste deel van de treinpassages zijn dominant in de 10 en 12,5 Hz tertsband. De spectra van de overige meetpunten zijn te vinden in bijlage II.

5.3.2 Overdracht op fundering

Verschillende gebouwtypen komen op verschillende plaatsen voor in het ontwerp, zie figuur 5.2. In het prognosemodel komen deze gebouwtypen overeen met “meerlaags gebouw op palen” en “2-4 laags steenachtig gebouw”. Omdat delen van de constructie in hout worden gerealiseerd, wordt voor iedere gebouwtype een minder dempend constructie doorgerekend. In het algemeen is een gebouw met houten constructie slapper dan beton. Voor hout zijn gebruikt: “1-2 laags steenachtig gebouw”, deze heeft een lagere demping dan de overige typen gebruikt in de prognose. Figuur 5.3 geeft de gehanteerde dempingsspectra weer.



Figuur 5.2: Verschillende gebouwtypen in het ontwerp.



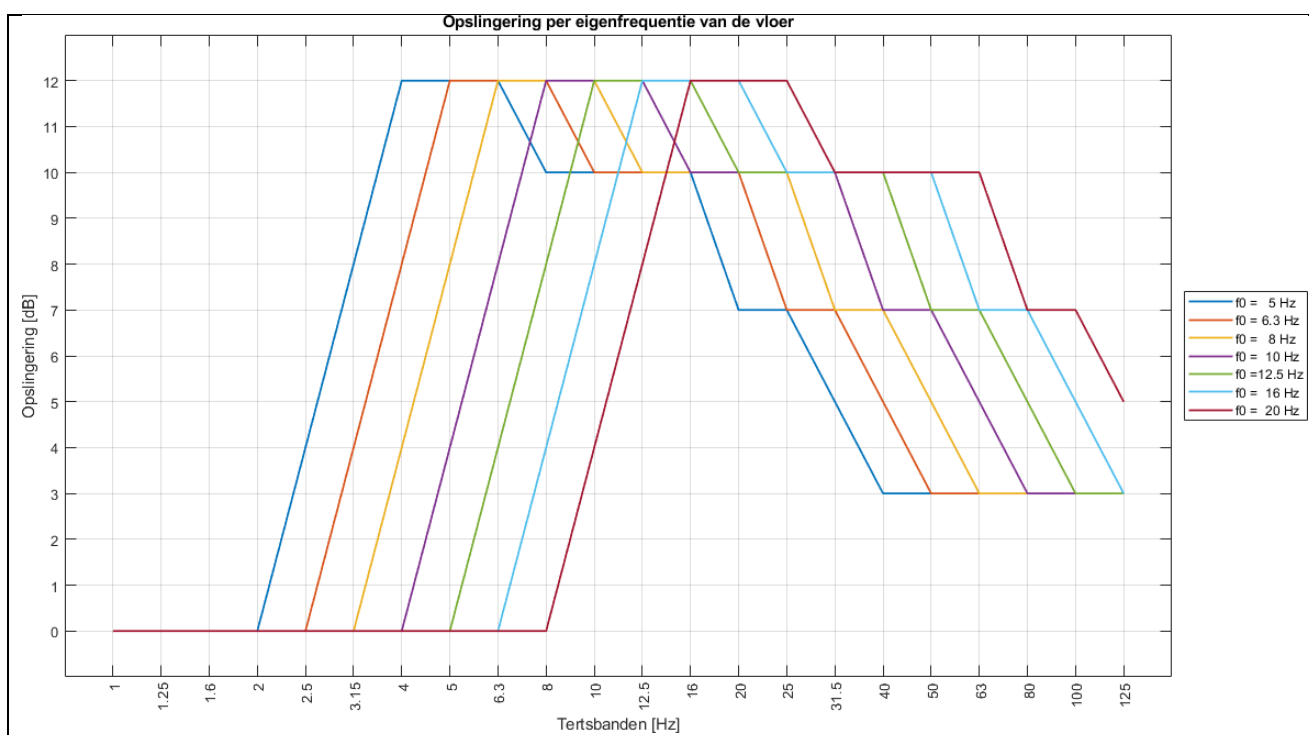
Figuur 5.3 : Gebouwdemping toegepast in het prognosemodel

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 2 Hz tertsbanden heeft de fundering geen reducerende invloed. De grootste verzwakking bedraagt 13 dB, iets meer dan een factor 4.

5.3.3 Versterking in vloerveld

Omdat de vloeren van de kantoren en woningen in het bouwplan nog geen vastgestelde dimensies hebben, is gerekend met vloer-eigenfrequenties die vaak voorkomen in deze gebouwen. Deze eigenfrequenties liggen in de regel tussen 5 en 20 Hz voor steenachtige (beton) constructies en tussen de 10 en 20 Hz voor houten constructies.

Op basis van deze eigenfrequenties is rekening gehouden met een mogelijke resonantie van de vloer waardoor in verticale richting versterking van de trillingssterkte optreedt. Figuur 5.4 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 5.4: Opslinteren trillingssterkte per eigenfrequentie van de vloer (5 t/m 20 Hz)

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

5.4 Resultaat prognosemodel

Het spectrum van de geprognoseerde trillingssterkte $V_{\max}$ is berekend door het gemeten max-hold spectra (figuur 5.1) te vermenigvuldigen met het overdrachtsspectrum voor de fundering (figuur 5.3) en het overdrachtsspectrum voor de invloed van de vloer (figuur 5.4). De uiteindelijk geprognoseerde trillingssterkte $V_{\max}$ is de overallwaarde van het berekende spectrum.

Per meetpunt is voor alle treinpassages, verschillende scenario's voor de gebouwdemping en de gekozen eigenfrequenties van de vloer een prognose opgesteld.

5.5 Maximale trillingssterkte

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) per etmaal.

Tabel 5.1: Samenvatting prognose $V_{\max}$

Type Gebouw	Afstand Van Spoor	Worst case		Best case	
		f_0	$V_{\max}$	f_0	$V_{\max}$
Kantoor (beton)	100 m	10	0,28	20	0,23
Kantoor (houtbouw)	100 m	10	0,55	20	0,28
Woontoren (beton)	100 m	10	0,21	20	0,12
Woontoren (houtbouw)	100 m	10	0,26	20	0,13
Appartementen (beton)	150 m	10	0,27	20	0,19
Appartementen (houtbouw)	150 m	10	0,39	20	0,28

Uit tabel 5.1 blijkt dat voor alle gebouwen een relatief lage eigenfrequentie van de vloeren (10 Hz) ongunstig is voor de trillingssterkte in de gebouwen. Een eigenfrequentie van 20Hz is gunstiger. Daarnaast levert een beton constructie ten opzichte van een houten constructie een lagere trillingssterkte op.

5.5.1 Beoordeling $V_{\max}$

De beoordeling van de trillingssterkte $V_{\max}$ vindt plaats op basis van de streefwaarde A_1 en A_2 , zie tabel 2.1. In tabel 5.2 is een overzicht van de beoordeling te zien. Waarbij een groen gearceerde waarde betekent dat voldaan wordt aan de onderste streefwaarde A_1 en een geel gearceerde waarde betekent dat voldaan wordt aan de bovenste streefwaarde A_2 . De gemeten trillingssterkte in Kantoor Zilver wordt beoordeeld samen met de *worse case* scenario van de maximale trillingssterkte voor de overige gebouwen.

Tabel 5.2: Beoordeling van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$

Gebouw	$V_{\max}$ nacht	$V_{\max}$ dag	$V_{\max}$ avond
Kantoor Zilver	0,16	0,21	0,16
Kantoor A (beton)	0,16	0,28	0,23
Kantoor A (houtbouw)	0,21	0,55	0,38
Woontoren (beton)	0,11	0,21	0,12
Woontoren (houtbouw)	0,13	0,26	0,19
Appartementen (beton)	0,09	0,27	0,20
Appartementen (houtbouw)	0,13	0,39	0,29

Uit tabel 5.2 volgt dat in geval van de bestaande kantoor Zilver, er ruimschoots wordt voldaan aan de streefwaarde A_1 (0,3 alle perioden voor een bestaande situatie met functie kantoor). Voor de overige gebouwen wordt overal voldaan aan de streefwaarde A_2 , maar niet aan de streefwaarde A_1 , behalve in geval van de appartementen in de nachtperiode. Omdat niet overal voldaan wordt aan de streefwaarde A_1 maar wel aan A_2 is een verdere beoordeling van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} noodzakelijk. Daarover gaat paragraaf 5.5.2.

5.5.2 Beoordeling V_{per}

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. De berekening is uitgevoerd voor alle beoordelingsperioden per etmaal en de hoogste waarde van V_{per} is opgenomen in tabel 5.3. Een groen gearceerde waarde betekent dat voldaan wordt aan de streefwaarde A_3 .

Tabel 5.3: Beoordeling V_{per}

Gebouw	V_{per} nacht	V_{per} dag	V_{per} avond
Kantoor A (beton)	0,021	0,048	0,038
Kantoor A (houtbouw)	0.036	0.067	0.066
Woontoren (beton)	0,010	0,014	0,011
Woontoren (houtbouw)	0.006	0.027	0.021
Appartementen (beton)	n.v.t.	0,013	0,010
Appartementen (houtbouw)	0.008	0.026	0.020

Uit tabel 5.3 blijkt dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voor alle gebouwen voldoet aan de streefwaarde A_3 . In combinatie met de beoordeling in tabel 5.2 betekenen de resultaten uit tabel 5.3 dat de kans op trillingshinder in de nieuwbouw klein is, zelfs als geen rekening wordt gehouden met een gunstige eigenfrequentie van de vloeren.

6 Beschouwing

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.

6.2 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 ordegrootte 10 Hz ongunstig is voor woningen en kantoren omdat de aanstoting veel energie in deze frequenties bevat. De meest gunstige eigenfrequentie is 20 Hz (of hoger). Dit is tevens de hoogste frequentie waarmee in het prognosemodel gerekend is. Het is mogelijk dat een hogere eigenfrequentie gunstiger is, maar dat is lastig in de praktijk te realiseren.

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

- Toepassen van een kleinere overspanning.
- Toepassen van een grotere vloerdikte.
- Toepassen van een lichtere vloer met grote stijfheid.

Uit de prognose volgt dat een stijvere vloer niet per se nodig is om te kunnen voldoen aan de streefwaarden uit SBR-B. Er zijn trillingen groter dan 0,1 geprognosticeerd waardoor het mogelijk is dat trillingen voelbaar zijn voor toekomstige gebruikers. Daarom kan het nog relevant zijn om vloeren stijver dan normaal uit te voeren om de trillingssterkte te reduceren.

6.3 Bouwen in hout

Delen van de constructie van alle geprognosticeerde gebouwen zullen uitgevoerd worden in hout. In het algemeen geldt dat houten constructies slapper dan beton constructies zijn omdat deze lichter zijn. Verder is de eerste eigenfrequentie van houten constructies vaak hoger dan bij beton bij standaard afmetingen van vloeren en overspanningen. In de geprognosticeerde situatie zullen de trillingsniveaus in de houten delen van de gebouwen hoger liggen dan in de betonnen onderdelen van de constructie. Ondanks deze hogere trillingssterktes wordt geen hinder verwacht in de toekomstige gebouwen ongeacht de keuze voor een hout of beton hoofddragconstructie.

7 Conclusie

Het uitgevoerde trillingsonderzoek voor het bouwplan Matserterrein Utrecht leidt samenvattend tot de volgende conclusies:

- Op de locatie van het bouwplan wordt geen hinder door trillingen als gevolg van het treinverkeer verwacht. Trillingen kunnen wel voelbaar zijn voor personen in de gebouwen.
- In het bestaande kantoorgebouw voldoet de trillingssterkte aan de streefwaarden uit SBR-B.
- De geprognosticeerde trillingssterkte in de nieuwbouw woningen en kantoren voldoet ook aan de streefwaarden uit SBR-B. Zelfs bij de meest ongunstige eigenfrequentie van de vloeren wordt er aan de SBR-B streefwaarde voldaan.
- Omdat overal aan de streefwaarde uit SBR-B wordt voldaan en daarmee ook aan het trillingsbeleid van de gemeente Utrecht, zijn geen trillingsmaatregelen of verder -onderzoek benodigd.

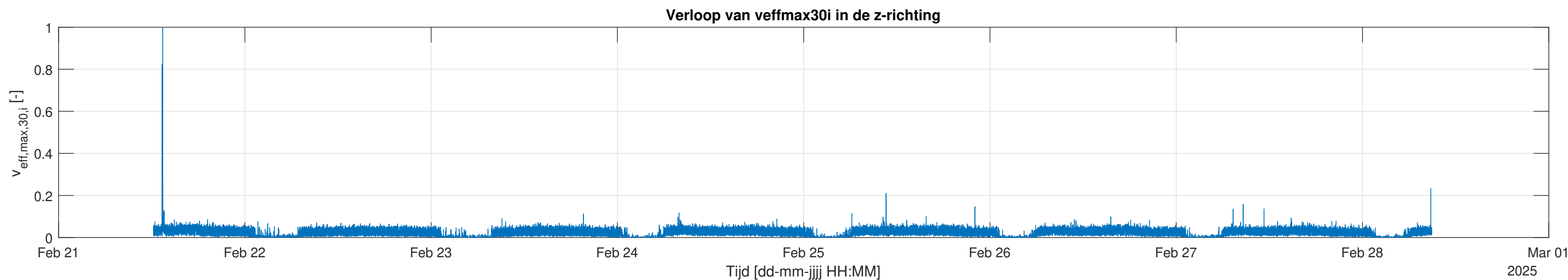
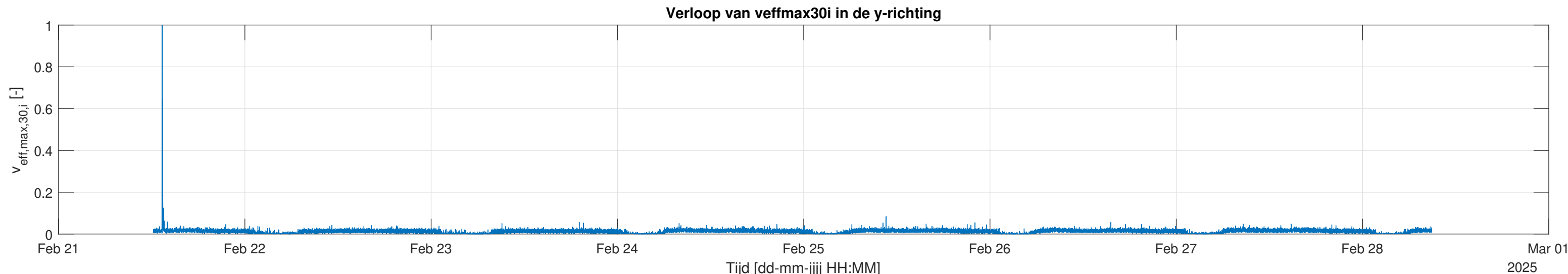
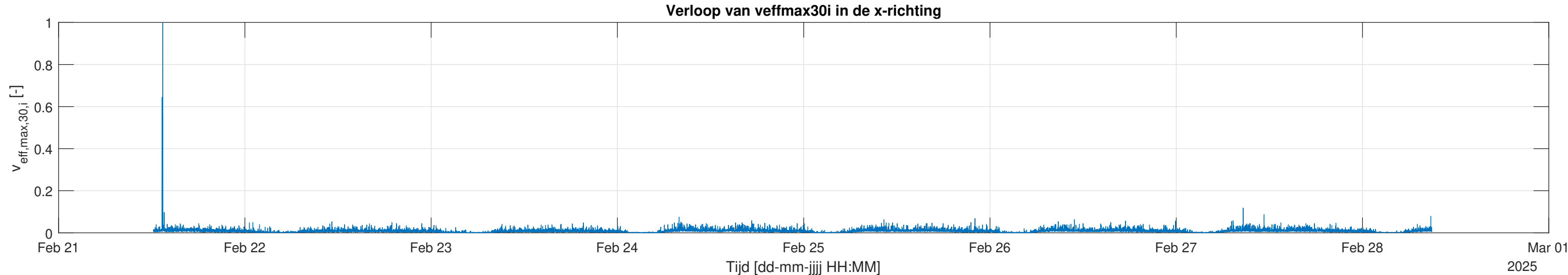
Cauberg Huygen B.V.



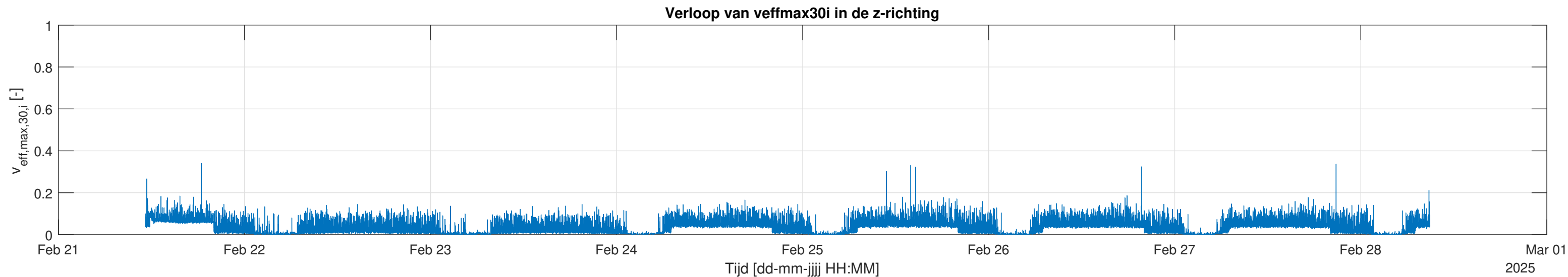
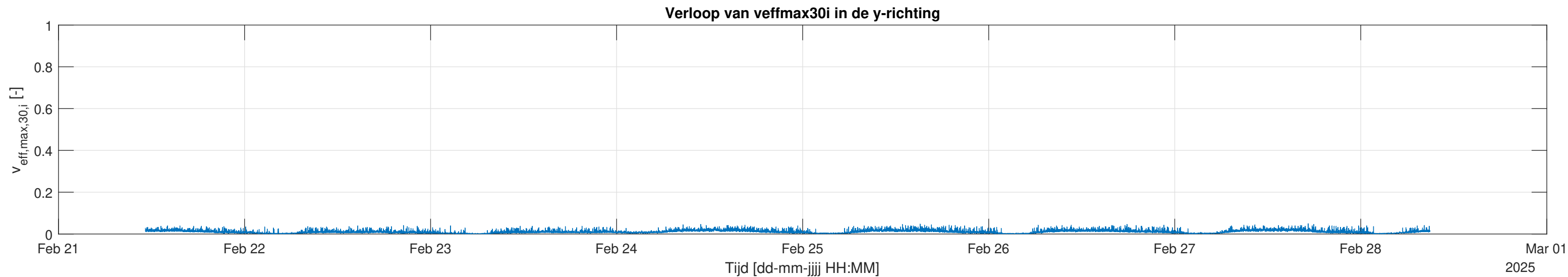
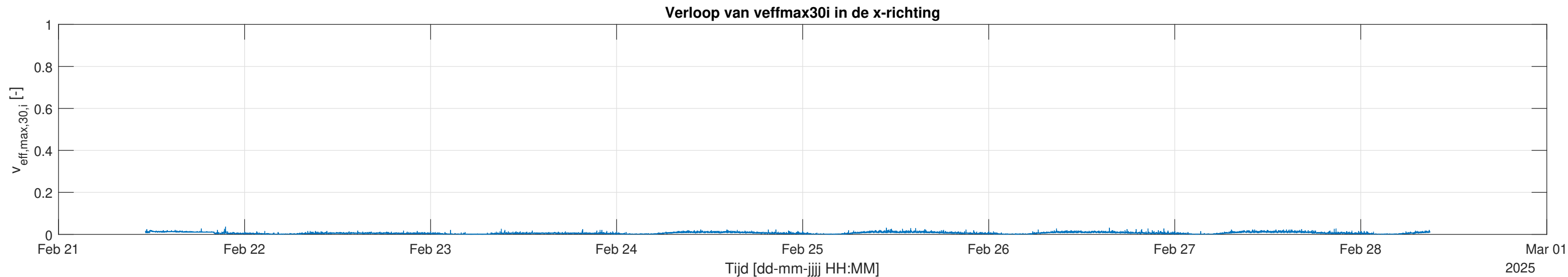
Adviseur

Bijlage I Verloop van $v_{\text{eff,max},30,i}$ per meetpunt

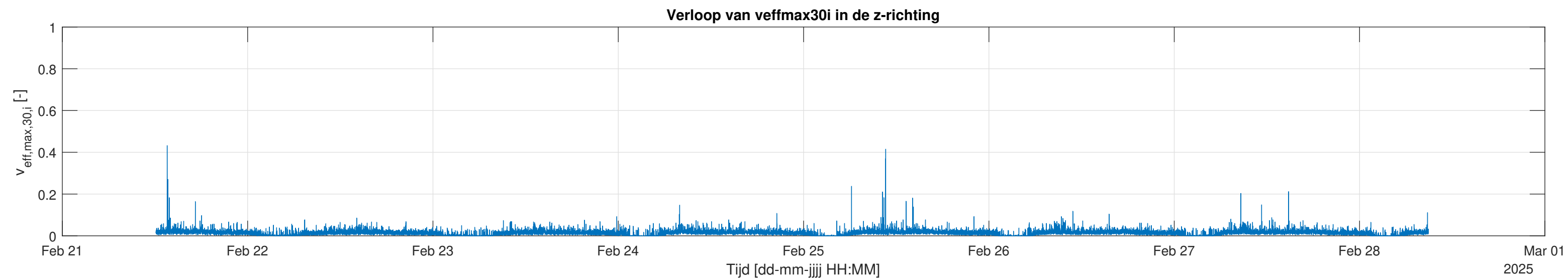
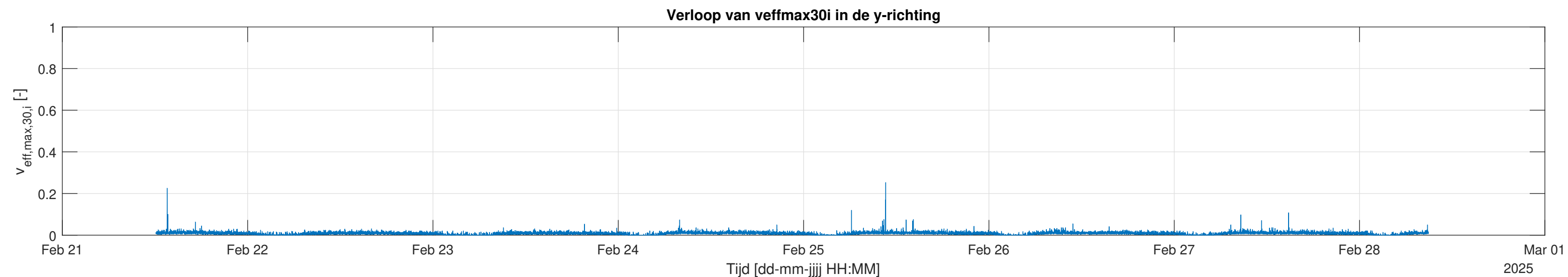
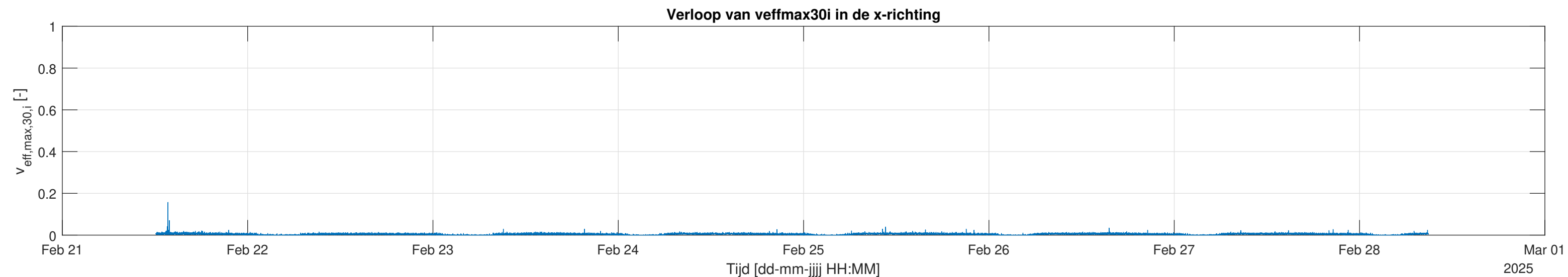
Verloop van veffmax30i gemeten bij background MT31 matser pk100 tussen 21-02-2025 en 01-03-2025



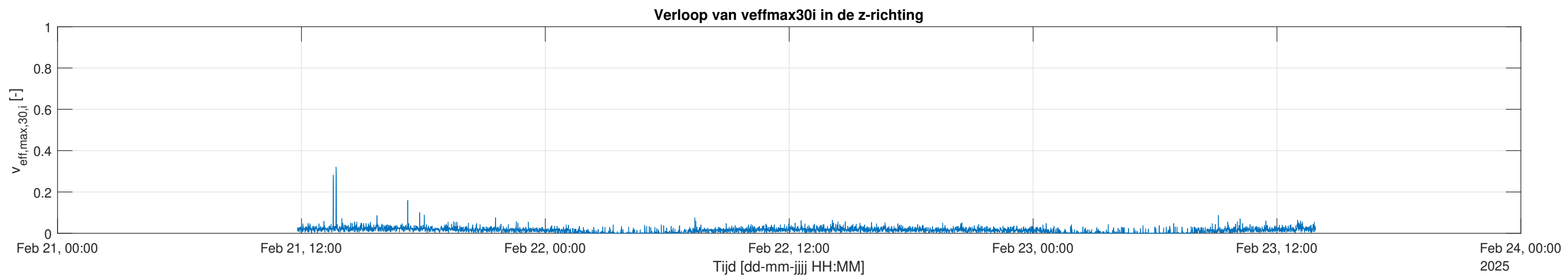
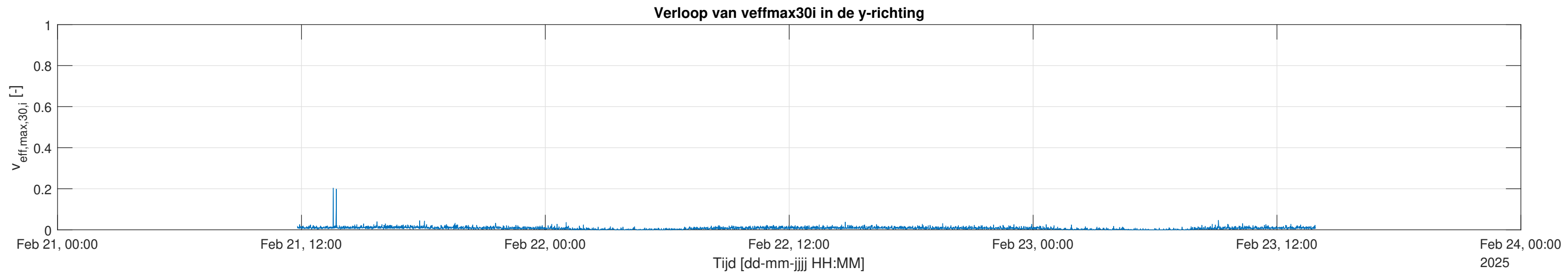
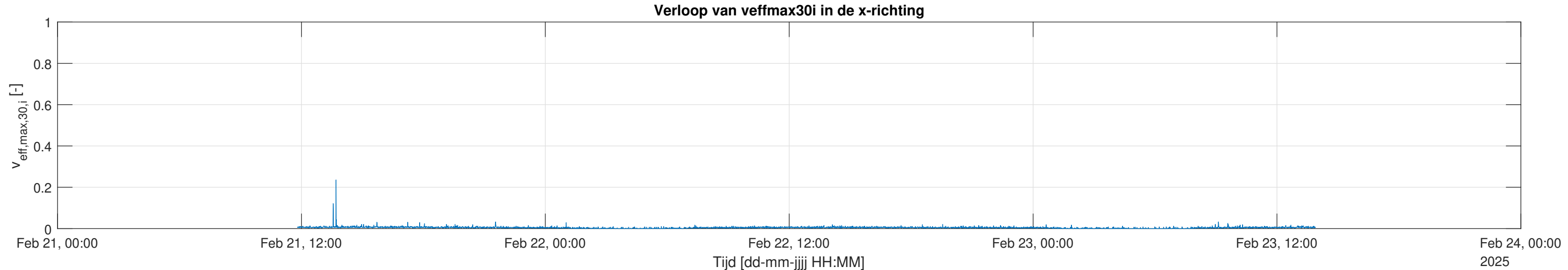
Verloop van veffmax30i gemeten bij background MT34 matser 8evd tussen 21-02-2025 en 01-03-2025



Verloop van veffmax30i gemeten bij background MT36 matser mv150 tussen 21-02-2025 en 01-03-2025

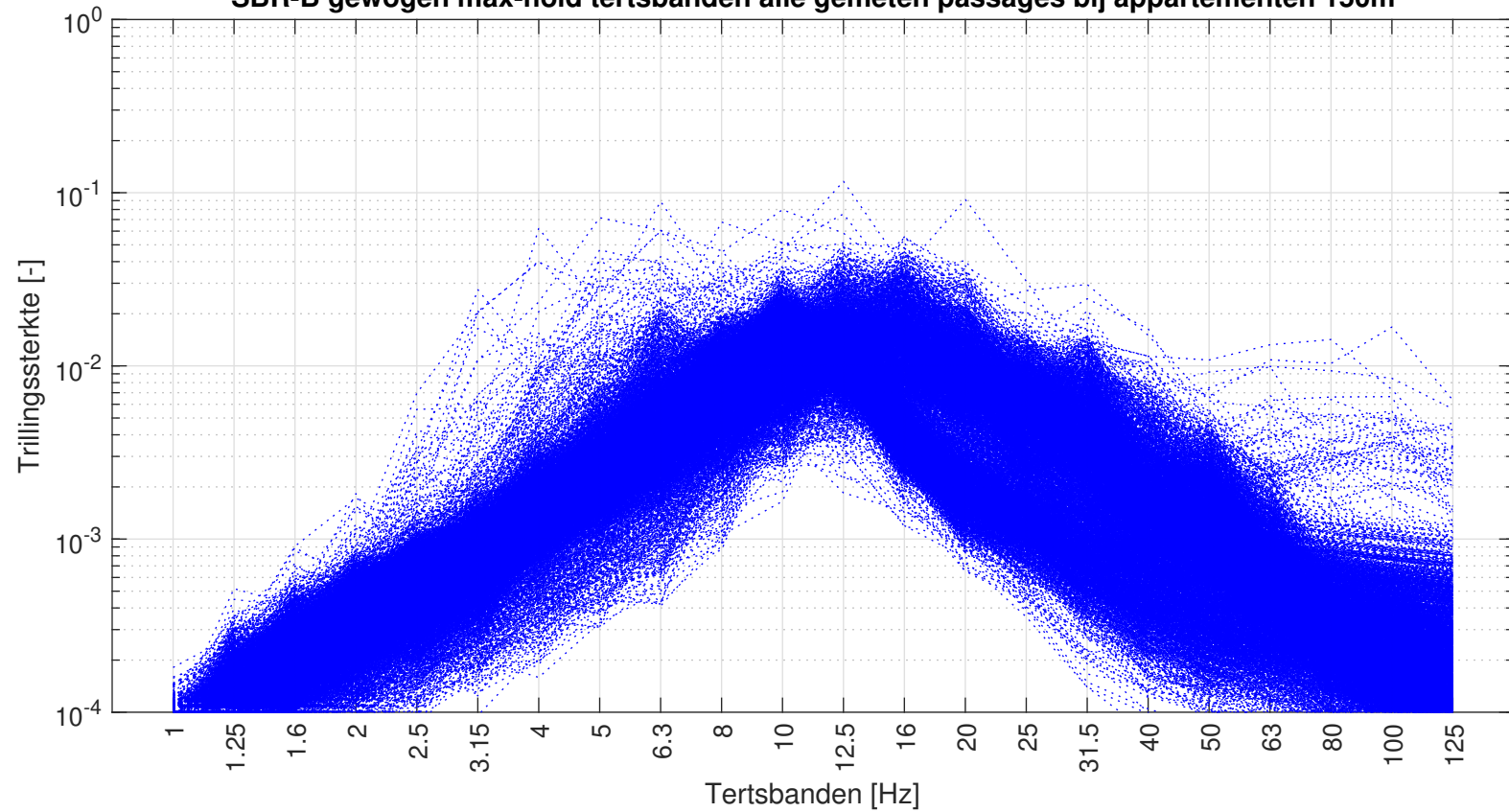


Verloop van veffmax30i gemeten bij background ZT44 matser mv100 tussen 21-02-2025 en 24-02-2025

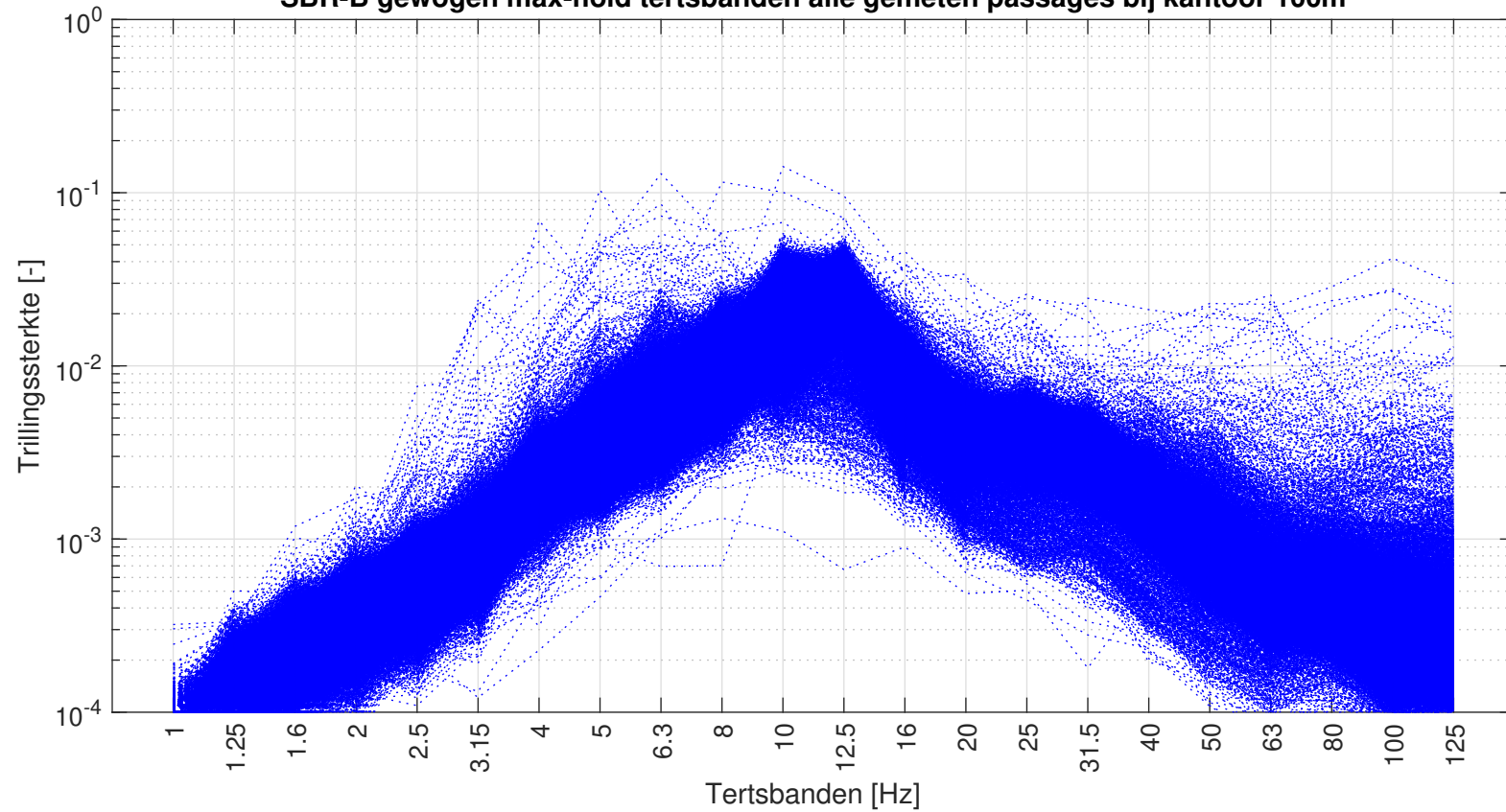


Bijlage II SBR-B gewogen tertsbandspectra voor prognosemodel

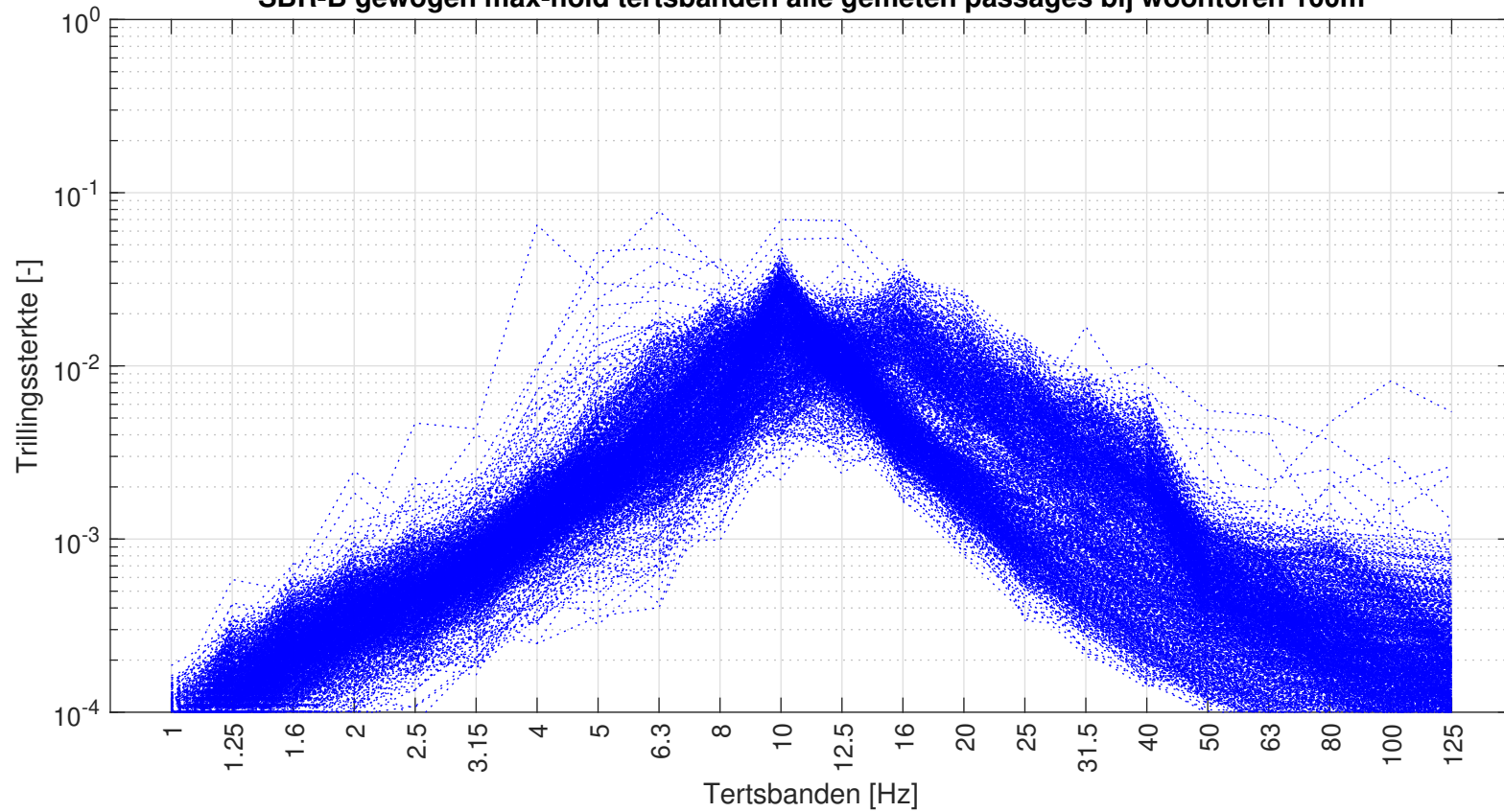
SBR-B gewogen max-hold tertsbanden alle gemeten passages bij appartementen 150m



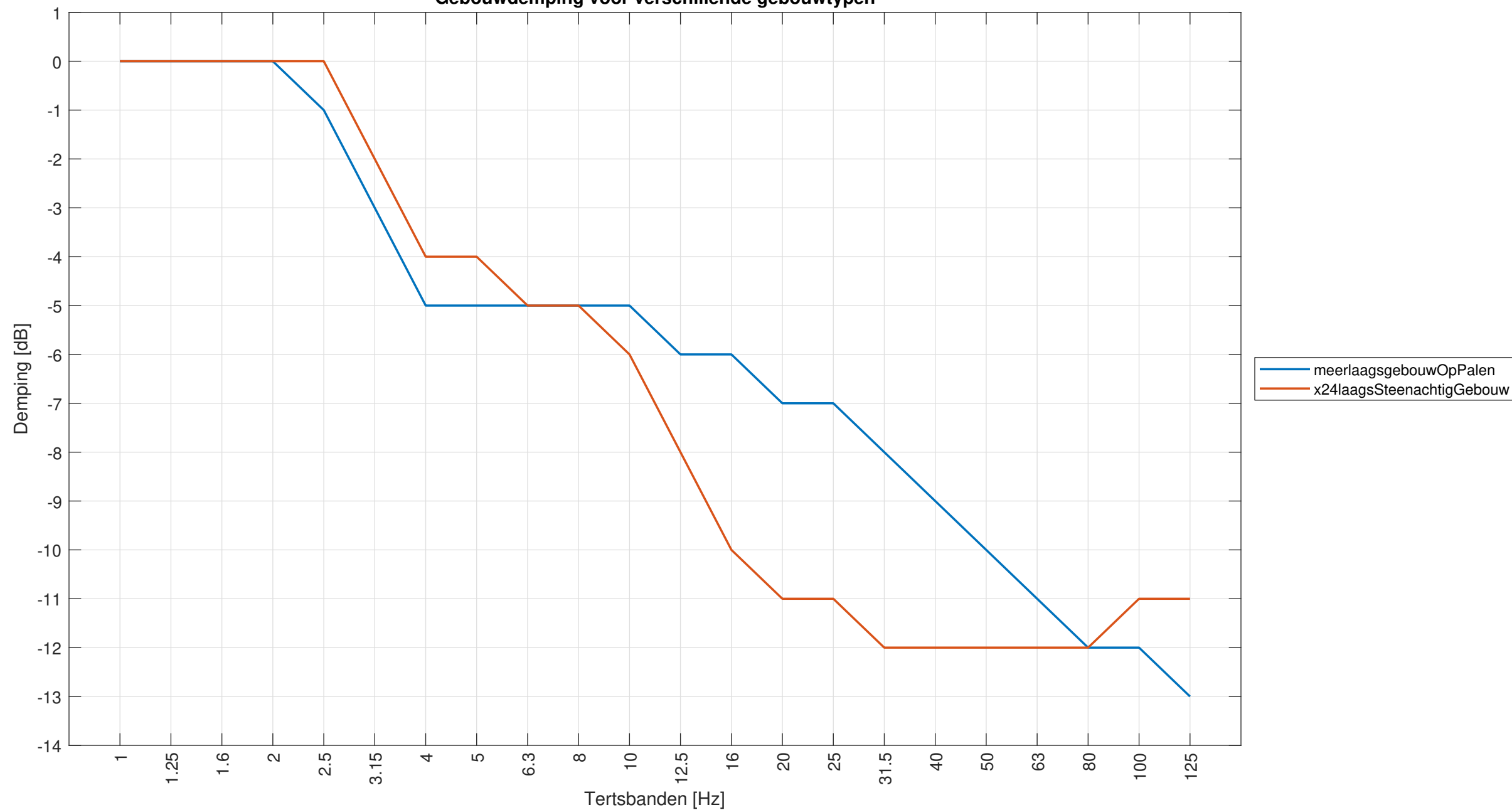
SBR-B gewogen max-hold tertsbanden alle gemeten passages bij kantoor 100m



SBR-B gewogen max-hold tertsbanden alle gemeten passages bij woontoren 100m



Gebouwdemping voor verschillende gebouwtypen



Opslingering per eigenfrequentie van de vloer

