

IFCO Funderingsexpertise BV

**Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl**

RISICOANALYSE OMGEVINGSBEINVLOEDING BELENDINGEN						
PROJECT: PALENSTEIN VLEK G TE ZOETERMEER						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	
0	Concept_v2	29-01-2021	Ir. J. Veselka	JV	P.A.M. Baarendse	PB

**Opdrachtgever: Gemeente Zoetermeer
T.a.v. dhr. R. Pronk
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer**

Referentie : R20AA0367.JV.003_risicoanalyse_concept v2.docx

INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.....	2
2	BESCHIKBAAR GESTELDE INFORMATIE.	3
3	PROJECTLOCATIE.	4
4	INVENTARISATIE BELENDINGEN.	5
5	GEOTECHNISCH GRONDONDERZOEK	6
6	INVLOED WERKZAAMHEDEN TIJDENS HET AANBRENGEN VAN PALEN.....	7
6.1	INLEIDING.	7
6.2	AANBRENGEN VAN HEIPALEN	7
7	INVLOED DOOR AANLEG WEGCONSTRUCTIE.....	9
7.1	INLEIDING.	9
7.2	AANBRENGEN VAN EEN NIEUWE WEGCONSTRUCTIE.	10
7.3	AANLEGGEN RIOLERING / DRAAGVERMOGEN FUNDERINGEN.	10
8	INVLOED DOOR EEN GEWIJZIGDE VERKEERSSITUATIE.....	11
8.1	INLEIDING.	11
8.2	VERKEERSPROGNOSE.....	11
9	SAMENVATTING.	13
9.1	AANBRENGEN VAN HEIPALEN	13
9.2	AANBRENGEN VAN EEN NIEUWE WEGCONSTRUCTIE	13
9.3	GEWIJZIGDE VERKEERSSITUATIE	13
10	MONITORING.	14

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van de Gemeente Zoetermeer om ten behoeve van het project Palenstein Vlek G te Zoetermeer een risicoanalyse op te stellen waarin de omgevingsrisico's ten gevolge van toekomstige uit te voeren werkzaamheden voor het geplande nieuwbouwproject in kaart worden gebracht. In deze wijk zullen rijwoningen (laagbouw) en gebouwen tot 6 bouwlagen (hoogbouw) worden aangelegd. Daarbij veranderd tevens de verkeerssituatie aan het Sandrinapad van voetgangspad tot een erftoegangsweg.

In het kader van het betreffende project zullen diverse werkzaamheden tussen de Ambachtsherenlaan en Sandrinapad uitgevoerd worden welke van invloed kunnen zijn op de bestaande bebouwde omgeving. Door het opstellen van een risicoanalyse wordt de invloed van deze werkzaamheden op de omgeving geanalyseerd. Het gaat hierbij met name om de invloed van trillingen en zettingen op de omliggende belendingen alsmede de geohydrologische invloedsfeer.

Aan de hand van de risicoanalyse kan vervolgens een monitoringsplan opgesteld worden, waarin wordt aangegeven waar en op welke wijze de monitoring uitgevoerd zou worden.

De risicoanalyse is van toepassing op de werkzaamheden die worden uitgevoerd voor:

- Het aanbrengen van heipalen;
- Het aanbrengen van een nieuwe wegconstructie;
- Invloeden door de nieuwe verkeerssituatie en toename van verkeersintensiteit.

De risicoanalyse bestaat uit de volgende onderdelen:

- | | |
|--|---------------|
| A. Bureauonderzoek / inventarisatie belendingen | (hoofdstuk 4) |
| B. Geotechnisch grondonderzoek | (hoofdstuk 5) |
| C. Bepalen invloed werkzaamheden heien van palen (trillingen, bodemzakking) | (hoofdstuk 6) |
| D. Aanleggen nieuwe wegconstructie, riolering (grondwaterverlaging, zettingen) | (hoofdstuk 7) |
| E. Bepalen invloed door een gewijzigde verkeerssituatie (trillingen) | (hoofdstuk 8) |

2 Beschikbaar gestelde informatie.

Ten behoeve van het opstellen van de risicoanalyse zijn aan IFCO de volgende documenten beschikbaar gesteld:

- [1] Document Tekening "Bijlage 4 Palenstein IP VO vlek G tekening (20200611)", Gemeente Zoetermeer, d.d. 11-06-2020;
- [2] Document Sonderingen 243-07 en 243-09, Fugro, d.d. 09-09-1963;
- [3] Document "Massastudie deelgebied G" Wijkvisie Palenstein juli 2012;
- [4] Document "RE_ 20AA0367 Heistaat Belendingen Palenstein vlek G", rond 1967;
- [5] Documenten "Bouwtekeningen woningen BWT archief", diverse, rond 1967.

Tevens is uitgegaan van de volgende stukken:

- [6] Trillingsprognose aanbrengen van heipalen: R20AA0367.001.JV_trillingsprognose d.d. 16-12-2020;
- [7] Trillingsonderzoek verkeer: R20AA0367.002.JV_PB_trillingen verkeer d.d. 12-01-2020.

3 Projectlocatie.

Het project bevindt zich nabij het centrum van Zoetermeer. In figuur 3.1 is rood omkaderd globaal de projectlocatie aangegeven. Het flatgebouw en het schoolgebouw (linksonder) zijn reeds gesloopt en in 2021 worden op deze locatie nieuwbouwwoningen gerealiseerd (zie figuur 3.2 ontwerp projectlocatie).



Figuur 3.1: projectlocatie voor de nieuwbouw



Figuren 3.2: ontwerp projectlocatie

De wijk Palenstein werd tussen 1965 tot 1970 aangelegd als een van de eerste nieuwbouwwijken tijdens de uitbreiding van het dorp Zoetermeer tot stad. De bebouwing betreft voornamelijk op palen gefundeerde rijwoningen van twee bouwlagen.

4 Inventarisatie belendingen.

Om het risico van de uit te voeren werkzaamheden op de omgeving op een juiste manier te beoordelen zijn de belendingen rondom de projectlocatie nader beschouwd en is een risicoanalyse per blok opgesteld. Hierdoor is beter aan te geven in hoeverre de belendingen gevoelig zijn voor de uit te voeren werkzaamheden.

De beschouwing van de belendingen is uitgevoerd aan de hand van:

- Ontvangen stukken van de opdrachtgever
- Archiefonderzoek / gegevens van internet
- Locatiebezoek
- Risico-inventarisatie

Ten behoeve van de risicoanalyse zijn de volgende belendingen beschouwd:

In verband met werkzaamheden:

- Panden Ambachtsherenlaan
- Panden Van Lierepad
- Panden Sandrinapad
- Panden Van Lodensteinstraat
- Hoogbouw Rakkersveld (appartementencomplex met een school en winkelcentrum)

In verband met de nieuwe verkeerssituatie en tijdens de bouwperiode beperkte transportbewegingen en werkverkeer:

- Panden Sandrinapad
- Panden Van Lodensteinstraat

Onderstaande aspecten spelen bij de beschouwing van de belendingen een rol:

- Type belending
- Funderingswijze (wel of niet op palen)
- Monumentale status
- Bouwkundige staat

In bijlage I (risicolijst vooronderzoek belendingen) worden de betreffende belendingen nader beschouwd op basis van de beschikbare informatie. Voor de bouwkundige staat van de belendingen wordt verwezen naar de risico-inventarisatie (bijlage II).

Het betreft rijwoningen uit 1967 die opgebouwd zijn uit metselwerk van 2 bouwlagen. Volgens tekeningen uit het archief (BWT) zijn de panden op houten palen met betonnen oplangers gefundeerd. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m (totale paallengte van 9,25 à 11,25). Het appartementencomplex betreft een hoogbouw met lage delen van twee bouwlagen uit 2010. Dit gebouw is gefundeerd op betonpalen.

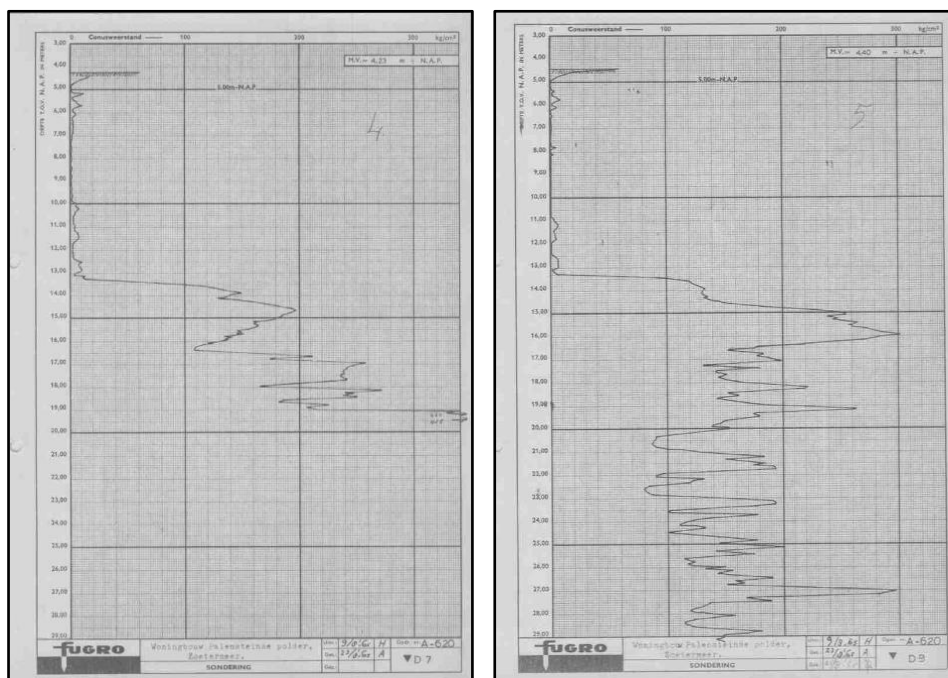
Voor de afstanden van de belendingen tot de uit te voeren werkzaamheden wordt verwezen naar de door IFCO opgestelde trillingsprognoses met kenmerk:

- R20AA0367.001.JV_trillingsprognose.

5 Geotechnisch grondonderzoek

In het projectgebied zijn een aantal sonderingen beschikbaar. De sonderingen 4 en 5 (door Fugro) dateren uit 1965 omstreeks de aanleg van de wijk. De grondopbouw uit deze sonderingen is vergelijkbaar met beschikbare sonderingen via Dino-loket (zie bijlage III).

Vanaf het maaiveld op 4,50 m – NAP tot op een diepte van ca. 12,0 m – NAP à 13,0 m – NAP zijn er slappe samendrukbare lagen aanwezig bestaande uit veen en klei. Deze slappe lagen worden opgevolgd door vaste zandlagen vanaf 13,5 m – NAP à 14,0 m – NAP.



Figuur 5.1 en 5.2: de sonderingen 4 en 5, projectlocatie ter hoogte van de Diederick van Teijlingenlaan

Er zijn geen grondwatergegevens beschikbaar via het Dino-loket. Aangehouden wordt dat de freatische grondwaterstand gelegen is tussen 0,5 m tot 1,0 m – maaiveld (cq. 5,0 m – NAP tot 5,5 m – NAP).

Per 27 januari 2021 werd aanvullend de grondwaterstand voor de wijk Palenstein doorgegeven welke gelegen is op ca. NAP -5,50 m.

6 Invloed werkzaamheden tijdens het aanbrengen van palen

6.1 Inleiding.

Gezien de bodemgesteldheid wordt voor de nieuwbouw van de woningen uitgegaan van een paalfundering. In deze risicoanalyse worden de risico's beschouwd bij het heien aanbrengen van prefab palen. Uit de tekeningen blijkt dat de geplande nieuwbouw lage rijwoningen betreffen en deels hoogbouw tot 6 bouwlagen. Voor de laagbouw is uitgegaan van vierkante prefab betonpalen 290x290 mm en voor de hoogbouw is uitgegaan van vierkante prefab betonpalen 350x350 mm.

Ten behoeve van het aanbrengen van een paalfundering worden de volgende werkzaamheden beschouwd:

- Aanbrengen van heipalen (invloed: trillingen)

6.2 Aanbrengen van heipalen

De trillingsprognose is opgesteld om een indicatie te krijgen binnen welke contour er in de toekomst geheid kan worden en hoeveel invloed het aanbrengen van geheide palen op de omgeving heeft. Uitgegaan is van prefab betonpalen 290x290 mm en 350x350 mm die in de vaste zandlaag aangebracht zullen worden. Voor de trillingsprognose wordt verwezen naar bijlage IV.

In tabel 6-1 worden op basis van de trillingsprognose de afstanden van het heiwerk tot de belendingen vermeld waarbij naar verwachting wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van het heien van prefab betonpalen 290x290 mm en 350x350 mm tot een diepte van NAP -14,0 m à -16,0 m.

TABEL 6-1 : Afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een bouwwerk in categorie 2 [normaal]		
	Indicatieve meting	Uitgebreide meting
Palen 290x290 mm	≥ 18 à 25 m	≥ 10 à 13 m
Palen 350x350 mm	≥ 28 à 38 m	≥ 14 à 19 m

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de exacte inheidiepte niet bekend is en de maatgevende maximum conusweerstand niet overal even hoog is. Afhankelijk van de daadwerkelijke inheidiepte en de maatgevende maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen, dient rekening te worden gehouden met enige variatie in de grootte van de maximum trillingen en derhalve ook met de afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A.

Wanneer meer informatie over het uit te voeren heiwerk en de exacte afstanden van de belendingen tot het heiwerk bekend zijn, kan op basis van tabel 6-1 worden bepaald of de trillingen bij het heien van de palen voldoen aan SBR-richtlijn A.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan het Sandrinapad, het Van Lierepad en aan de Ambachtsherenlaan op een geschatte afstand van 15 tot 20 m uit het heiwerk grotendeels voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan de Van Lodensteinstraat en aan het Rakkersveld op een geschatte afstand van 30 tot 40 m uit het heiwerk voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting. Naar verwachting zal een deel van de trillingen ook voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een indicatieve meting.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade aanvaardbaar klein ($< 1\%$) in het geval de trillingen lager zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden. Dit geldt zowel bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting als bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting.

Uit de berekening 'verdichting door heien' blijkt dat bij het heidend aanbrengen van de palen geen noemenswaardige bodemzakking cq. zettingen van belendingen en het maaiveld verwacht worden.

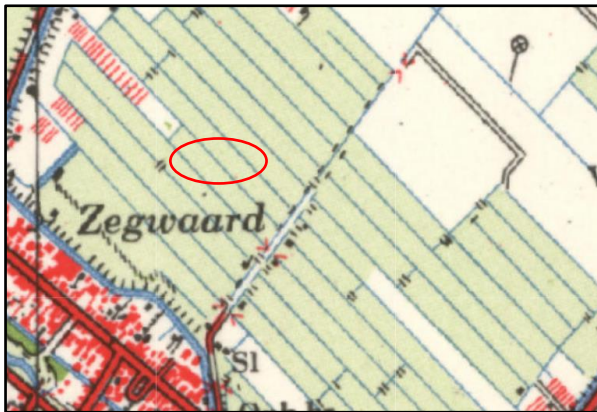
7 Invloed door aanleg wegconstructie.

7.1 Inleiding.

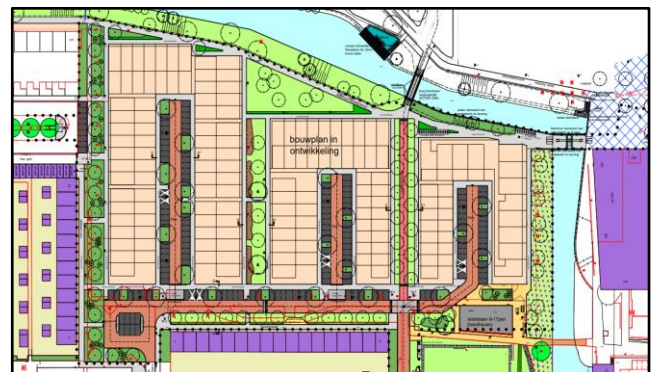
Het terrein waar de nieuwe wegconstructie gerealiseerd zal worden blijkt in het verleden (vanaf 1965) gedeeltelijk reeds voorbelast geweest te zijn door gebouwen en bestrating. Voor 1965, voordat de wijk Palenstein aangelegd werd, was op deze plaats een weiland aanwezig.

Deze situatie vormt een aandachtspunt voor de planning van het aanbrengen van de nieuwe wegconstructie en een mogelijke ophoging om het bouwterrein te egaliseren tot een evenredig peil.

Gezien de grondslag, bestaande uit slappe lagen tot het zandpakket op ca. 13 m – NAP, zal een ophoging en het aanleggen van een nieuwe wegconstructie tot zettingen leiden.



Figuur 7.1: situatie omstreeks 1960, rood omkaderd globaal aangegeven de huidige projectlocatie



Figuur 7.2: situatie voor de sloop van het flatgebouw (2019/2020) in vergelijking met de toekomstige situatie (2021)

Ten behoeve van de wegconstructie worden de volgende werkzaamheden beschouwd:

- Aanleggen wegconstructie (invloed: zettingen)
- Aanleggen riolering (invloed: grondwaterverlaging)

7.2 Aanbrengen van een nieuwe wegconstructie.

Door de wegconstructie inclusief zandcunet aan te brengen, wordt een extra belasting op de ondergrond aangebracht. De spanningen in de ondergrond worden hierdoor verhoogd. Een belastingsverhoging op de grond zorgt ervoor dat deze wordt samengedrukt. Bij het samendrukken wordt water uit de grondlagen geperst en ontstaan er zettingen totdat de ondergrond volledig geconsolideerd is als gevolg van de belastingsverhoging. De consolidatietijd van dit proces is afhankelijk van een divers aantal factoren. Gezien de projectlocatie deels voorbelast is geweest en deels maagdelijk terrein betreft zijn daardoor zettingsverschillen niet uitgesloten.

Voor het aanleggen van de wegconstructie en de kavels is een zettingsarme ondergrond benodigd waarvoor de restzettingseisen vastgelegd moeten worden.

7.3 Aanleggen riolering / draagvermogen funderingen.

Voor het aanbrengen van rioleringsleidingen wordt de grond ontgraven. Om de werkzaamheden in den droge uit te kunnen voeren dient er tijdelijk, tijdens het aanbrengen van de riolering, een bemaling plaats te vinden en wordt het grondwater verlaagd. Zettingen die veroorzaakt worden door een grondwaterstandsverlaging kunnen van invloed zijn op de paalfundering van een gebouw. Bij de zakking van grond langs een paalfundering wordt invloed op de belasting van de paal uitgeoefend.

Door de wrijving langs de paal ontstaat negatieve kleef, een extra belasting op de paal waarmee mogelijk geen rekening werd gehouden bij het dimensioneren en aanbrengen van de paalfundering. Dit hangt met name af van de ouderdom van de bebouwing. Bij het ontwerp van een paalfundering werd vroeger namelijk niet of nauwelijks rekening gehouden met het belasten van de palen door negatieve kleef. Tegenwoordig wordt daarmee wel rekening gehouden, zij het dat bij verlaging van de grondwaterstand de negatieve kleef toeneemt.

Wanneer ter plaatse van de bebouwing de grondwaterstand daalt naar een niveau beneden de paalkophoogte komen de houten palen ter plaatse van de bovenkant droog te staan. Hierdoor worden de paalkoppen aangetast door schimmels waardoor de paalkoppen na verloop van tijd hun constructieve draagkracht verliezen en de bebouwing scheef kan gaan staan en er scheurvorming in de bebouwing kan gaan optreden.

De bovenkant van het funderingshout is dus een kritische hoogte waar de grondwaterstand ten allen tijde boven moet blijven om funderingsproblemen te voorkomen.

Het verdient aanbeveling om de grondwaterstanden op de projectlocatie te meten en te voorkomen dat de grondwaterstanden tijdens werkzaamheden onder het kritische niveau dalen. Uit de beschikbare gegevens zijn de funderingspalen samengesteld uit houten palen met een betonnen oplanger. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m (totale paallengte van 9,25 à 11,25).

8 Invloed door een gewijzigde verkeerssituatie

8.1 Inleiding.

In verband met de nieuwbouw van woningen verandert de verkeerssituatie in de wijk. Het huidige voetgangerspad, het Sandrinapad verandert in de toekomst in een erftoegangsweg en met de komst van 119 nieuwe woningen verwacht men een toename van het verkeer in de wijk. In de huidige situatie hebben bewoners klachten over trillingen uit vrachtverkeer. Middels een trillingsonderzoek voor verkeerstrillingen wordt een inschatting gegeven van de te verwachten trillingen na de aanleg van een erftoegangsweg aan het Sandrinapad.

Ten behoeve van het aanleggen van een nieuwe weg wordt de volgende situatie beschouwd:

- Gewijzigde verkeerssituatie (invloed: trillingen)

8.2 Verkeersprognose.

Er wordt uitgegaan van een gemiddeld verkeersbeeld en dat het verkeer niet harder rijdt dan 50 km/u (aannemelijke beperking ivm woonwijk, 30 km/u). Volgens opgave zal na de aanleg van een doorgaande weg aan het Sandrinapad gemiddeld 20 keer per dag vrachtverkeer door de straat rijden. In de gewijzigde situatie zal de verkeersintensiteit in de Van Lodensteinstraat toenemen. Voor de volledige trillingsprognose wordt verwezen naar bijlage V.

In tabel 8-1 worden op basis van het trillingsonderzoek voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-A, uitgaande van een indicatieve meting.

TABEL 8-1 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad		
Afstand tot weg	$V_{top,i}$	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]
1,0 m	2,8 mm/s	nee
2,0 m	2,3 mm/s	nee
4,0 m	1,9 mm/s	ja
6,0 m	1,6 mm/s	ja
8,0 m	1,5 mm/s	ja
10,0 m	1,4 mm/s	ja
15,0 m	1,2 mm/s	ja
20,0 m	1,1 mm/s	ja

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-A, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 4,0 m uit de weg zijn gelegen. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-A voldoen.

In tabel 8-2 worden op basis van het trillingsonderzoek voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen ($v_{\text{eff,max}}$) vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-B.

TABEL 8-2 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad		
Afstand tot weg	$v_{\text{eff,max}}$	Voldoet aan SBR-B $A2 < 0,8$
1,0 m	1,4	nee
2,0 m	1,1	nee
4,0 m	0,9	nee
6,0 m	0,8	ja
8,0 m	0,7	ja
10,0 m	0,7	ja
15,0 m	0,6	ja
20,0 m	0,5	ja

Toetsing aan SBR-B is gedaan op basis van de waarde A2. In de praktijk is namelijk gebleken dat de waarde A1 vrijwel nooit maatgevend is en A3 (v_{per}) veelal voldoet als A2 ook voldoet.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-B, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 6,0 m uit de weg zijn gelegen. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-B voldoen.

Het middels een prognose voorspellen van trillingshinder is zeer lastig, omdat dit mede afhangt van waar in de woning men de meeste trillingshinder ervaart en dit dus op verschillende plaatsen in de woning kan zijn. De prognose voor SBR-B moet daarom worden gezien als een zo goed mogelijke indicatie van de te verwachten trillingshinder.

De uiteindelijke trillingen die optreden zullen mede afhangen van de snelheid van het (vracht)verkeer. De prognose is enigszins conservatief opgesteld, waarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid van verkeersdrempels.

9 **Samenvatting.**

In de risicoanalyse zijn de volgende werkzaamheden cq. situaties beschouwd:

- Aanbrengen van heipalen (invloed: trillingen)
- Aanbrengen van nieuwe wegconstructie (invloed: bemaling, zettingen)
- Gewijzigde verkeerssituatie (invloed: trillingen)

Navolgend wordt op basis van de risicoanalyse kort samengevat wat de mogelijke risico's op de omgeving zijn bij het uitvoeren van bovengenoemde werkzaamheden.

9.1 **Aanbrengen van heipalen**

- ✓ De invloed van het aanbrengen van geheide funderingspalen op de overige belendingen wordt klein geacht.

9.2 **Aanbrengen van een nieuwe wegconstructie**

- ✓ Door het aanbrengen van een nieuwe wegconstructie bestaat een kleine kans op het ontstaan van zettingen.
- ✓ Tijdens mogelijke bemalingswerkzaamheden bestaat een risico op beïnvloeding van de paalfundering.

9.3 **Gewijzigde verkeerssituatie**

- ✓ De invloed van trillingen door verkeer op de belendingen (trillingsschade) wordt in de gewijzigde situatie aanvaardbaar klein geacht wanneer de afstand tot de belendingen minimaal 4 m bedraagt. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-A voldoen.
- ✓ De invloed van trillingen door verkeer op personen (trillingshinder) wordt in de gewijzigde situatie als aanvaardbaar geacht wanneer de afstand tot de belendingen minimaal 6 m bedraagt. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-B voldoen.

10 Monitoring.

Door het monitoren van de in de risicoanalyse genoemde omgevingsbeïnvloeding wordt de kans op schade aan de omgeving geminimaliseerd en beheersbaar gemaakt. Tevens dient de monitoring als extra controle op de beschouwde onderdelen.

Geadviseerd wordt om in ieder geval te monitoren bij werkzaamheden die volgens de risicoanalyse invloed kunnen hebben op de omgeving. Ook wanneer geen of weinig risico wordt verwacht is het raadzaam om (in beperkte mate) te monitoren, bijvoorbeeld door uitvoering van hoogtemetingen of peilbuismetingen.

Navolgend wordt een korte opsomming gegeven van de mogelijkheden voor de uitvoering van monitoring.

- Uitvoeren trillingsmetingen (bv.: aanbrengen van palen, meting verkeer)
- Uitvoeren peilbuismetingen (t.b.v. hoogte grondwater)
- Uitvoeren deformatiemetingen (bv.: voor, evt. tijdens, en na elke fase waarbij zettingsgevoelige werkzaamheden uitgevoerd worden)
- Bouwkundige vooropname (bv.: voor en evt. tijdens/na werkzaamheden door aannemer van de gemeente, voor en evt. tijdens/na werkzaamheden door aannemer van DGW)

Waddinxveen, 29 januari 2021.

Ir. J. Veselka
IFCO Funderingsexpertise BV



Bijlagen:

Bijlage I	Risicolijst belendingen
Bijlage II	Risico-inventarisatie
Bijlage III	Sonderingen
Bijlage IV	Trillingsprognose
Bijlage V	Verkeersprognose

[illegible]



IFCO Funderingexpertise BV

Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen
Postbus 429
2740 AK Waddinxveen

Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl

Risicoanalyse omgevingsbeïnvloeding

Palenstein vlek G

Te Zoetermeer



Opdrachtgever	Kenmerk	Behandeld door	Datum
Gemeente Zoetermeer Postbus 15 2700 AA Zoetermeer	20AA0367	Ir. J. Veselka	18-11-2020
	Status	Gecontroleerd door	Datum
		de heer J. Forman, directeur, NIVRE-re Monitoring Bouw & Infra	20-11-2020

De opbouw van deze rapportage is als volgt:

1. Projectomschrijving/opdracht
2. Offerte
3. Rapportage
4. Notaris
5. Contactgegevens
6. Deskundigheid uitvoering risicoanalyse
7. Toelichting uitvoering risicoanalyse
8. Omschrijving opname apparatuur
9. Beperking uitvoering risicoanalyse
10. Risicoanalyse, incl. constructie gebreken

1. Projectomschrijving/opdracht

In opdracht van de Gemeente Zoetermeer heeft IFCO een risicoanalyse uitgevoerd van belendingen in verband met de geplande nieuwbouw van woningen in het deelgebied G. De resultaten uit de risicoanalyses worden verzameld in één adviesrapportage en vormen de basis voor het eventueel risicoadvies m.b.t. de uitvoering van de werkzaamheden en opstellen van een monitoringsplan.

2. Offerte

De risicoanalyse is uitgevoerd aan de hand van onze offerte 20AA0367 d.d. 28 oktober 2020.

3. Rapportage

De waargenomen gebreken worden in het kort omschreven onder vermelding van locatie, aard en eventueel de omvang, en zo mogelijk ondersteund door beeldmateriaal. Uitgangspunt is dat het volledige exterieur in de opname worden betrokken. Niet geïnspecteerde onderdelen/ruimten worden vermeld. Tenzij de opdracht hierin beperkingen aangeeft. Indien van toepassing worden ook bij de objecten behorende garages, schuren, tuinmuren, hekken, stoepen e.d. geïnspecteerd. Het rapport wordt geleverd als PDF rapportage.

Wij bewaren de rapportage voor de duur van tenminste 7 jaar in ons digitale archief.

Ten aanzien van de inhoud van deze rapportage zijn wij uitsluitend verantwoording verschuldigd aan onze opdrachtgever.

5. Contactgegevens

Mocht u nog vragen hebben betreffende deze rapportage verzoeken wij u contact op te nemen met de afdeling Secretariaat Ifco, te bereiken op telefoonnummer 0182-646 646 of per email secretariaat@ifco.nl

6. Deskundigheid uitvoering risicoanalyse

De risicoanalyse wordt uitgevoerd door en/of onder verantwoordelijkheid van een register expert (re) bouwkundige opnamen. Onze register experts staan ingeschreven in het register Monitoring Bouw & Infra van het Nederlands Instituut Van Register Experts, NIVRE.

Gehanteerde richtlijnen:

- SBR-Richtlijn A en B
- CUR 223 Richtlijn Meten en Monitoren van Bouwputten

7. Toelichting uitvoering risicoanalyse

- Het opnamerapport bevat een constatering van bestaande bouwkundige en/of andere relevante gebreken/onvolkomenheden, die tijdens de opname zichtbaar zijn.
- De gebreken worden duidelijk omschreven en zoveel mogelijk door middel van beeldmateriaal vastgelegd (fototechniek/videotechniek).
- Indien in een te inspecteren onderdeel/ruimte geen gebreken worden waargenomen, welke normaal bij een bouwkundige opname worden vastgelegd, wordt volstaan met deze vermelding.
- Wanneer er in de opname wordt gesproken over rechter en linker gevel of wand is dit gezien "buiten het gebouw staande" met het gezicht naar de voorgevel toe, dit geldt ook voor bijvoorbeeld voor- en achterwand.
- Normaal voorkomende bouwkundige afwerking aspecten worden als algemeen kenmerkend beschouwd en zullen niet specifiek vermeld worden. Hierbij wordt bedoeld, naden ter plaatse van onderlinge aansluitingen tussen verschillende materialen (hout, steen gips e.d.) en constructiedelen.
- Fijne scheurvorming in gestukadoorde en/of geschilderde plafonds wordt wel beschreven doch niet altijd in detail op beeldmateriaal vastgelegd.
- Niet zichtbare gebreken, danwel constructiefouten welke zich onder/achter vloer-, wand- en/of plafond-afwerkingen bevinden en hierdoor niet zichtbaar zijn, vormen geen onderdeel van de opname.
- Er dient rekening mee te worden gehouden dat sommige gebreken, bijvoorbeeld scheuren of scheurtjes in licht pleisterwerk van wanden of plafonds, niet altijd zichtbaar zijn of opvallen: één en ander is sterk afhankelijk van de lichtsterkte en lichtval. Hetzelfde zou zich, bijvoorbeeld in geval er sprake is van terugliggende voegen, in metselwerk kunnen voordoen.
- Van scheuren wordt de volgende orde van grootte aangehouden: Haarscheur (0,1 mm), Lichte scheur (0,5 – 1 mm), Matige scheur (1-3 mm) en Zware scheur (groter dan 3 mm).
- Craquelévorming is veelal haarscheurvorming die zich netvormig vertakt over het stucwerk van een muurvlak of de afwerking van bijvoorbeeld een steenachtige vloer.
- De resultaten uit de risicoanalyses worden verzameld in één adviesrapportage en vormen de basis voor het opstellen van een monitoringsplan.
- Voor het vaststellen van de funderingstechniek hebben wij onderzoek gedaan bij het gemeentelijk archief voor zover bekend en/of navraag gedaan bij bewoners en/of eigenaren.

8. Omschrijving opname apparatuur

- De rapportages worden op locatie vervaardigd met behulp van een digitale tablet met daarop de opzet voor de rapportage in een "Word" sjabloon, waarin alle op te nemen onderdelen, fotonummers en omschrijvingen worden verwerkt.
- De foto's worden over het algemeen gemaakt met een digitale kleinbeeld spiegelreflex camera. Van de foto's die gemaakt worden, kunnen foto's worden afgedrukt van een hoogwaardige kwaliteit van minimaal 10 x 15 cm.

9. Beperking uitvoering risicoanalyse

- Wanneer wij gebreken tijdens de opname constateren welke niet zijn te fotograferen zoals bijvoorbeeld scheefstand van een pand, wordt u over de vastlegging hiervan verder geïnformeerd.
- De opname wordt zonder de volgende equipment uitgevoerd, tenzij anders overeengekomen: ladders, steigers, graafequipment e.d.
- Onderdelen van ruimten welke niet algemeen toegankelijk zijn, worden uitgesloten van de opname (waaronder: vaste kasten, inbouwkasten, vlieringen, kruipruimten en/of andere ruimten die niet d.m.v. vaste trappen e.d. bereikbaar zijn).
- Indien onderdelen van ruimten niet toegankelijk zijn of niet geïnspecteerd kunnen worden zal hiervan melding in het rapport worden gemaakt (zoals bijv. privacyredenen en afgesloten ruimten waarvan geen sleutel aanwezig is).
- Ruimten die, om welke reden ook, een risico vormen voor de experts/inspecteurs worden uitgesloten van inspectie.
- De opname beperkt zich tot de zichtbare (onder)delen van de op te nemen objecten.
- De binnen en buiten objecten aanwezige en roerende goederen die de inspectie kunnen beperken worden tijdens de opname niet verplaatst (waaronder: meubilair, schilderijen, vloerbedekking, stellingen, planten, begroeiing e.d.) .

10. RISICOANALYSE

In de risicoanalyse zijn de te analyseren woningen in blokken van 1 t/m 7 verdeeld. Blok 8 betreft infrastructuur (brug, voetbalveld en skatebaan). In het onderstaande figuur zijn de blokken aangegeven.



Blok 1

Betreft 6 woningen aan de Ambachtsherenlaan (127 t/m 137, oneven) en garage gebouwen aan de achterzijde van de tuin, de garage gebouwen betreffen geen directe aanbouw aan de woning.

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw	1967
Aanbouw / garage	1967

Funderingstype

Hoofdbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger
Aanbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.
Aanbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>	<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Woningen, voorgevel	1 t/m 14	Overzicht, geen relevante gebreken
Infrastructuur, weg	15	Overzicht
Garage, voorgevel	16 t/m 18	Overzicht
Tpv voorgevel	19, 20	Lichte beschadiging van het metselwerk

Blok 2

Betreft 6 woningen aan het van Lierepad (7 t/m 12) en garage gebouwen aan de rechterzijde van deze woningen, de garage gebouwen betreffen geen directe aanbouw aan de woning.

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw	1967
Aanbouw / garage	1967

Funderingstype

Hoofdbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger
Aanbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.
Aanbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>	<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Woningen, voorgevel	25 t/m 27	Overzicht, geen relevante gebreken
Garage, voorgevel	21 t/m 24	Overzicht, geen relevante gebreken

Blok 3

Betreft 6 woningen aan het van Lierepad (1 t/m 6).

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw 1967

Aanbouw / garage -

Funderingstype

Hoofdbouw Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Aanbouw -

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Aanbouw -

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>
Woningen, gevel	28 t/m 30
Infrastructuur, weg	31

<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Overzicht, geen relevante gebreken
Overzicht

Blok 4

Betreft 4 woningen aan de van Lodensteinstraat (22 t/m 25).

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw 1967

Aanbouw / garage -

Funderingstype

Hoofdbouw Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Aanbouw -

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Aanbouw -

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>
Woningen, gevel	28 t/m 30

<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Overzicht, geen relevante gebreken

Blok 5

Betreft 9 woningen aan het Sandrinapad (1 t/m 9) en garage gebouwen aan de achterzijde van de tuin, de garage gebouwen betreffen geen directe aanbouw aan de woning.

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw	1967
Aanbouw / garage	1967

Funderingstype

Hoofdbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger
Aanbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw	Er is geen scheefstand zichtbaar. Er is verzakking zichtbaar van het maaiveld ter plaatse van de voorgevel.
Aanbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>	<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Woningen, gevel	36, 39, 40, 42 t/m 46	Overzicht
Woningen voorgevel	47 t/m 52	Verzakkingen van maaiveld tpv de voorgevel
Infrastructuur, weg	41	Overzicht
Garage, gevel	37,38	Overzicht, geen relevante gebreken

Blok 6

Betreft 8 woningen aan het Sandrinapad (10 t/m 17) en garage gebouwen aan de achterzijde van de tuin, de garage gebouwen betreffen geen directe aanbouw aan de woning.

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw	1967
Aanbouw / garage	1967

Funderingstype

Hoofdbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger
Aanbouw	Paalfundering, houten palen, betonnen oplanger

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw	Er is geen scheefstand zichtbaar. Er is verzakking zichtbaar van het maaiveld ter plaatse van de voorgevel.
Aanbouw	Er is geen scheefstand/verzakking zichtbaar.

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>	<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Woningen, gevel	58 t/m 63	Overzicht
Woningen voorgevel	64 t/m 67	Verzakkingen van maaiveld tpv de voorgevel
Garage, gevel	53 t/m 57	Overzicht, geen relevante gebreken

Blok 7

Betreft een appartementencomplex / school / winkelcentrum aan het Rakkersveld 137 t/m 257 (oneven).

Onderzoek

Exterieur/Interieur Het onderzoek in deze risicoanalyse betreft het Exterieur.

Bouwjaar

Hoofdbouw 2010
Aanbouw / garage -

Funderingstype

Hoofdbouw Paalfundering, betonpalen
Aanbouw -

Scheefstand/verzakking

Hoofdbouw Er is geen scheefstand zichtbaar. Er zijn enkele verzakkingen ter plaatse van het trottoir bij de achtergevel (zijde Sandrinapad).
Aanbouw -

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>	<u>Omschrijving constructie gebreken</u>
Voorgevel	87 t/m 89	Overzicht, geen relevante gebreken
Linker zijgevel	70 t/m 73	Overzicht, geen relevante gebreken
Achtergevel	68, 69	Overzicht, geen relevante gebreken
Achtergevel, maaiveld	74 t/m 82	Verzakkingen van maaiveld tpv het trottoir
Rechter zijgevel	83 t/m 86	Overzicht, geen relevante gebreken

Blok 8

Betreft infrastructuur (voetgangersbrug, voetbalveld en skatebaan)

Onderzoek

Exterieur/Interieur Exterieur.

Bouwjaar

-

Funderingstype

Brug Paalfundering

Scheefstand/verzakking

-

Opmerking

Constructiegebreken:

<u>Locatie</u>	<u>Foto ('s)</u>
Brug	90, 91
Voetbalveld, hekwerk	92, 93
Skatebaan	94 t/m 96

Omschrijving constructie gebreken

Overzicht, geen relevante gebreken
Overzicht, geen relevante gebreken
Overzicht, geen relevante gebreken

10. RISICOBEOORDELING

Op basis van ons onderzoek schatten wij het risico op het ontstaan van schade als gevolg van de werkzaamheden klein tot matig in.

Het bovenstaand onderzoeksresultaat wordt verzameld in één adviesrapportage en vormt de basis voor een eventueel risicoadvies m.b.t. de uitvoering van de werkzaamheden en het opstellen van een monitoringsplan.

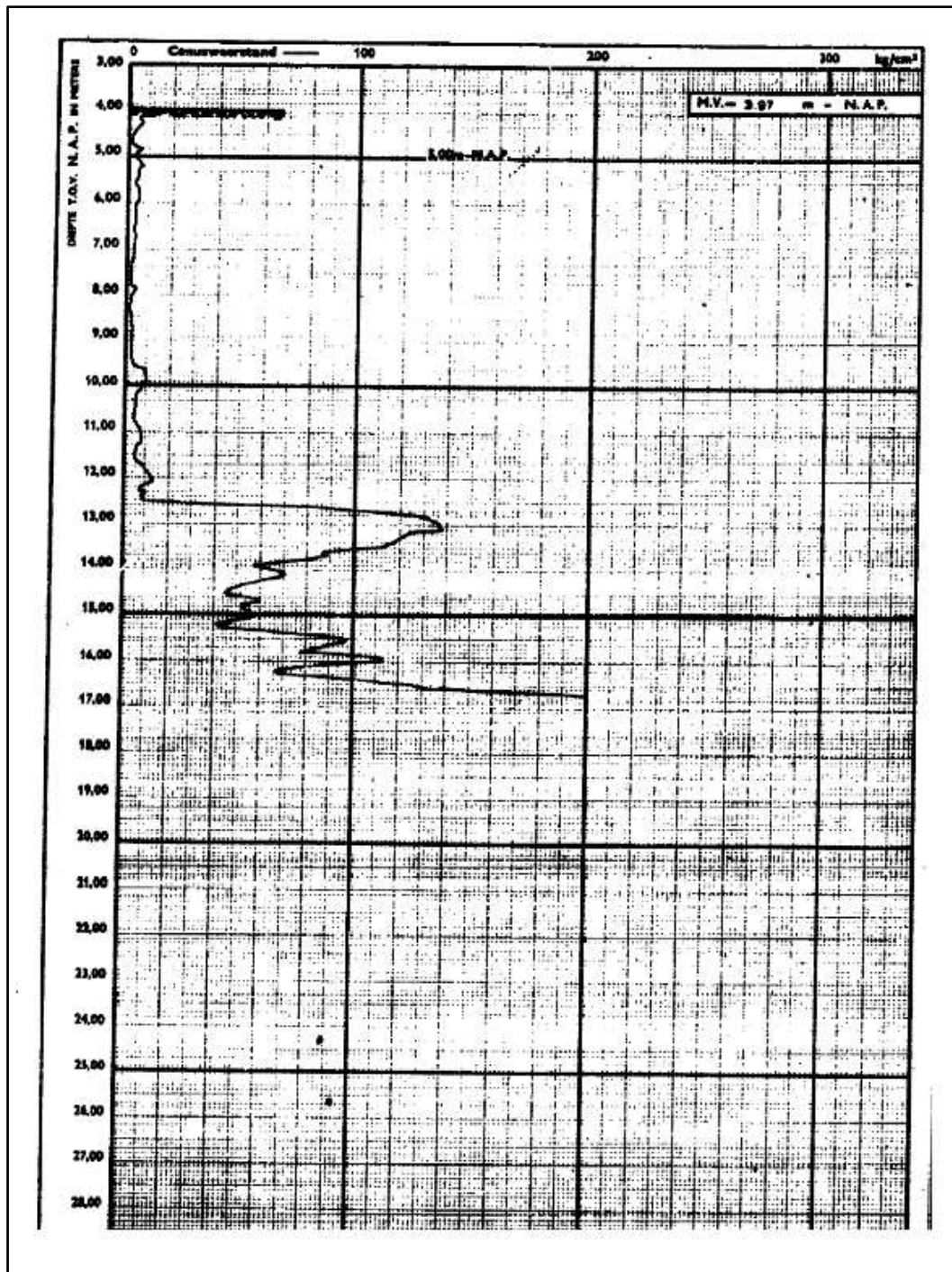
Waddinxveen, 20-11-2020

Ir. J. Veselka

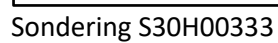


Bijlage III

Sonderingen via het Dino-loket:



Sondering S30H01688





IFCO Funderingexpertise BV

**Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl**

TRILLINGSPROGNOSE HEIEN PREFAB BETONPALEN						
PROJECT: PALENSTEIN VLEK G TE ZOETERMEER						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
0	Concept	16-12-2020	Ir. J. Veselka	JV	P.A.M. Baarendse	

**Opdrachtgever: Gemeente Zoetermeer
T.a.v. dhr. R. Pronk
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer**

Referentie : R20AA0367.001.JV_trillingsprognose.docx

INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.	2
2	BESCHIKBAAR GESTELDE INFORMATIE.	2
3	UIT TE VOEREN HEIWERK.	2
4	PROJECTLOCATIE EN BELENDINGEN.	4
5	BEOORDELING TRILLINGSHINDER.	5
6	TRILLINGSSCHADE.	8
7	PROGNOSE TRILLINGEN DOOR HEIEN PALEN.	9
7.1	ALGEMEEN.	9
7.2	UITGANGSPUNTEN.	9
7.3	BODEMOPBOUW.	10
7.4	RELATIE BODEMOPBOUW - TRILLINGEN.	10
7.5	PROGNOSE TRILLINGEN BIJ HEIEN PREFAB BETONPALEN 290x290 MM.	11
7.6	PROGNOSE TRILLINGEN BIJ HEIEN PREFAB BETONPALEN 350x350 MM.	12
8	PROGNOSE ZETTINGEN.	13
9	SAMENVATTING EN CONCLUSIES.	14
10	TRILLINGSMETINGEN.	15
	BIJLAGEN.....	16

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van de Gemeente Zoetermeer om ten behoeve van het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer een prognose te geven van de trillingen, welke worden veroorzaakt door het heien van prefab betonpalen.

Het doel van de trillingsprognose is om aan te geven vanaf welke afstand tussen het heiwerk en nabijgelegen belendingen de trillingen naar verwachting voldoen aan SBR-richtlijn A, waardoor de kans op het ontstaan van trillingsschade klein is.

In de prognose wordt het volgende behandeld:

- *Aangeven wat de minimale afstand moet zijn tussen de in te heien palen en de belendingen, waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van uitvoering van een indicatieve en uitgebreide trillingsmeting. Tevens worden waar mogelijk voor maatgevende afstanden uit het heiwerk de maximum te verwachten trillingen vermeld en getoetst aan SBR-richtlijn A.*
- *Berekening van de bodem/maaiveldzakking ten gevolge van verdichting van losgepakt zand door het heien van palen.*

Navolgend wordt de trillingsprognose uitgebracht.

2 Beschikbaar gestelde informatie.

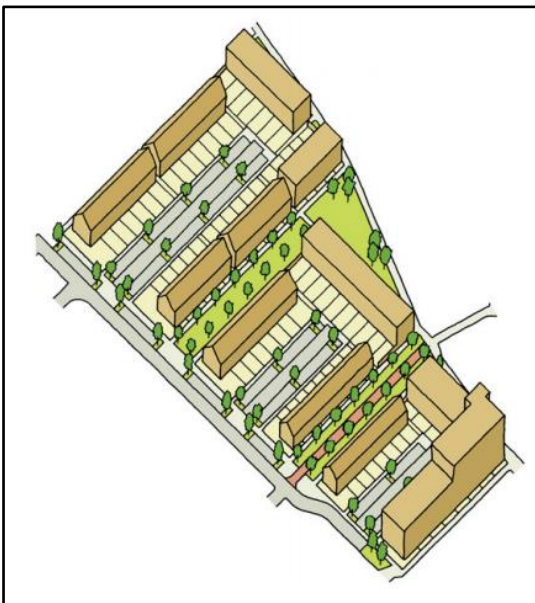
Ten behoeve van de trillingsprognose zijn aan IFCO de volgende gegevens beschikbaar gesteld:

- [1] Document Tekening “Bijlage 4 Palenstein IP VO vlek G tekening (20200611)”, Gemeente Zoetermeer, d.d. 11-06-2020;
- [2] Document Sonderingen 243-07 en 243-09, Fugro, d.d. 09-09-1963;
- [3] Document “Massastudie deelgebied G” Wijkvisie Palenstein juli 2012;
- [4] Document “RE_ 20AA0367 Heistaat Belendingen Palenstein vlek G”, rond 1967;
- [5] Documenten “Bouwtekeningen woningen BWT archief”, diverse, rond 1967.

3 Uit te voeren heiwerk.

Op dit moment is nog geen palenplan beschikbaar voor het uit te voeren heiwerk. De diameter en voetdiepte van de te heien palen zijn derhalve niet bekend. Uit de tekening van de 'massastudie deelgebied G' blijkt dat laagbouw (rijwoningen) en hoogbouw (appartementen) geplant wordt.

Ten behoeve van de prognose wordt uitgegaan van het heien van prefab betonpalen 290x290 mm, voor de rijwoningen met 2 tot 3 bouwlagen. Voor de gebouwen van 3 tot 6 bouwlagen of meer wordt uitgegaan van prefab betonpalen 350x350 mm.



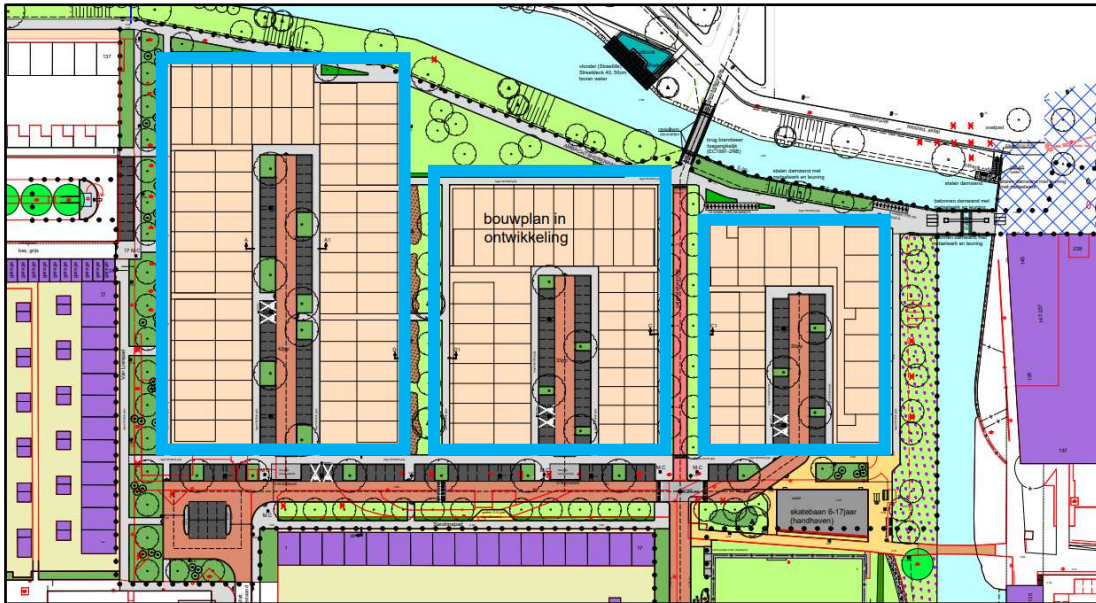
Figuur 3.1: geplande laagbouw en hoogbouw

Gelet op de bodemopbouw waarbij tot op een diepte van circa NAP -12,8 m à NAP -13,3 m slappe lagen aanwezig zijn, wordt ervan uitgegaan de palen op een niveau van NAP - 14,0 à -16,0 m in de zandlaag aan te brengen.

De palen zullen naar verwachting een lengte hebben van circa 10,0 à 12,0 m.

4 Projectlocatie en belendingen.

In onderstaande figuur 4.1 is de bestaande situatie weergegeven, met daarin blauw gearceerd het nieuwbouwproject "Palenstein Vlek G" te Zoetermeer.



Figuur 4.1: projectlocatie

Belendingen

Op de kortste afstand tot de nieuwbouwlocatie (15 tot 20 m) bevinden zich woningen aan de Ambachtsherenlaan, van Lierepad en Sandrinapad. IFCO is op locatie geweest om een inventarisatie en visuele beschouwing van de betreffende panden uit te voeren. Het betreffen rijwoningen uit 1967 die opgebouwd zijn uit metselwerk van 2 bouwlagen. De panden zijn op houten palen met betonnen oplangers gefundeerd. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m (totale paallengte van 9,25 à 11,25).

Op grotere afstand tot de nieuwbouwlocatie (30 tot 40 m) bevindt zich een appartementencomplex met een school en winkelcentrum aan het Rakkersveld en aan de van Lodensteinstraat. Het appartementencomplex betreft een hoog gebouw met lage delen van twee bouwlagen uit 2010. Dit gebouw is gefundeerd op betonpalen. De panden aan de van Lodensteinstraat zijn rijwoningen uit 1967 die opgebouwd zijn uit metselwerk van 2 bouwlagen. De panden zijn op houten palen met betonnen oplangers gefundeerd. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m.

Voor het bepalen van toelaatbare trillingswaarden dienen de belendingen conform SBR-richtlijn A te worden geplaatst in een bepaalde categorie bouwwerk, zie hoofdstuk 5. Wanneer een pand is opgebouwd uit metselwerk in een redelijke tot goede bouwkundige staat, wordt deze geplaatst in categorie 2 [normaal]. Belendingen in een slechte bouwkundige staat en/of belendingen met een monumentaal karakter worden geplaatst in categorie 2 [gevoelig].

In de prognose wordt uitgegaan van belendingen in categorie 2 [normaal].

5 Beoordeling trillingshinder.

De trillingen worden beoordeeld aan de hand van “SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017”, nader te noemen “SBR-richtlijn A”.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade < 1 % in het geval de trillingen kleiner zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende categorieën bouwwerken:

Categorie	Omschrijving
1	- Onderdelen draagconstructie uit gewapend beton of hout - Onderdelen bouwwerk, geen draagconstructie, uit gewapend beton of hout - Draagconstructie bouwwerk, geen gebouw, uit metselwerk
2	- Onderdelen draagconstructie van een gebouw van metselwerk - Onderdelen gebouw, geen draagconstructie, uit niet-gewapend beton, metselwerk of brosse steenachtige materialen

Hierbij wordt per categorie onderscheid gemaakt in de staat van een bouwwerk:

Staat	Omschrijving
Gevoelig	- Bouwwerk of onderdeel waarvan sterkte is verminderd - Bouwwerk of onderdeel met extra initiële spanningen
Normaal	- Bouwwerk of onderdeel met niet-gevoelige bouwkundige staat

Tevens wordt gekeken naar de monumentale status van een bouwwerk:

Status	Omschrijving
Gevoelig	- Rijksmonument - Provinciaal monument - Gemeentelijk monument
Normaal	- Bouwwerk zonder monumentale status

In de prognose wordt uitgegaan van belendingen in categorie 2 [normaal].

Voor aanvang van het heiwerk dient de categorie indeling geverifieerd te worden. Indien er bouwwerken zijn die in een andere categorie vallen, zullen overeenkomstig ook de toetsingswaarden aangepast moeten worden en kan de conclusie met betrekking tot toelaatbaarheid van verwachte trillingen wijzigen.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende type metingen:

Type	Omschrijving
Indicatief	Hierbij wordt gemeten in 1 meetpunt in een stijf deel van de draagconstructie op begane grondniveau, ter plaatse van de kortste afstand tot de trillingsbron. De meting wordt in drie richtingen (x, y en z) uitgevoerd.
Beperkt	Hierbij wordt gemeten in 2 meetpunten. Het eerste meetpunt komt overeen met dat van de indicatieve meting. Het tweede meetpunt wordt gekozen op de bovenste verdieping in een stijf deel recht boven het eerste meetpunt. Ter plaatse van het eerste meetpunt wordt gemeten in drie richtingen (x, y en z), ter plaatse van het tweede meetpunt in minimaal twee richtingen (x en y).
Uitgebreid	Hierbij wordt gemeten in stijve punten van de draagconstructie die horizontale of verticale hart-op-hart afstanden van maximaal 10 m uit elkaar liggen. Op de begane grond wordt in drie richtingen (x, y en z) gemeten, op de bovenverdiepingen in twee richtingen (x en y). Bovendien dient te worden gemeten in één richting in het midden van enkele overspanningen van kolommen, vloeren en wanden die tot de draagconstructie behoren. Eventueel mag, indien goed gemotiveerd, met minder meetpunten worden volstaan, mits minimaal 4 à 6 meetpunten worden toegepast.

Wanneer op meer meetpunten wordt gemeten, mogen ter plaatse van de meetpunten hogere trillingen worden toegelaten, omdat bij toepassing van meer meetpunten de kans kleiner wordt dat elders in het gebouw hogere trillingen optreden. Op grond van deze filosofie mogen bij uitvoering van een uitgebreide meting de hoogste trillingen worden toegelaten en bij uitvoering van een indicatieve meting de laagste. Bij uitvoering van een uitgebreide meting zijn overeenkomstig SBR-richtlijn A circa 60 % hogere trillingen toelaatbaar. Bij het uitvoeren van een beperkte meting zijn slechts 14 % hogere trillingen toelaatbaar, waardoor uitvoering van een beperkte meting in de praktijk vaak weinig toegevoegde waarde heeft.

In de prognose wordt uitgegaan van de grenswaarden voor een indicatieve en uitgebreide meting.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende type trillingsbronnen:

Type	Omschrijving
Kortdurend	Trillingen door stootvormige excitatie, die zo weinig voorkomen dat geen vermoeiing optreedt. Voorbeelden: . explosies . botsingen . omvallende constructie
Herhaald kortdurend	Trillingen door stootvormige excitatie die herhaaldelijk voorkomt. Voorbeelden: . heiwerk . sloophamers, pneumatische beitels . weg- en railverkeer
Continu	Trillingen waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten een rol spelen. Voorbeelden: . machines met roterende onderdelen . verdichtingswerk met trilwals of trilplaat . inbrengen damwanden of palen met een trilblok

Grenswaarden SBR-richtlijn A

SBR-richtlijn A 2107 geeft grenswaarden voor trillingen vanwege constructieve eisen aan een gebouw en grenswaarden voor trillingen vanwege funderingstechnische eisen (i.v.m. mogelijke verdichting van zand onder een fundering). IFCO heeft de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A voor beide eisen met elkaar vergeleken. Hieruit volgt dat bij het heien van palen de waarden vanwege constructieve eisen vrijwel altijd maatgevend zijn. Wanneer de trillingen een frequentie hebben > 25 à 30 Hz of wanneer sprake is van trillingsgevoelige funderingen, zullen de funderingstechnische eisen mogelijk maatgevend worden. In de prognose worden de trillingen getoetst aan de waarden voor constructieve eisen.

Trillingen veroorzaakt door het heien van palen zijn herhaald kortdurende trillingen. Meer dan 15 jaar meetervaring heeft geleerd dat deze trillingen veelal een frequentie hebben van gemiddeld circa 10 Hz.

In tabel 5-1 wordt vermeld welke trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn bij het heien van palen, uitgaande van een indicatieve trillingsmeting.

TABEL 5-1 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij indicatieve trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	normaal	8,33	9,38	10,42	11,46	12,50	13,54	14,58
	gevoelig	4,90	5,51	6,13	6,74	7,35	7,97	8,58
categorie 2	normaal	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
	gevoelig	1,23	1,53	1,84	2,14	2,45	2,76	3,06

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-1, bij uitvoering van een indicatieve meting aan een gebouw in categorie 2 [normaal], een maximum trilling toelaatbaar van 2,1 mm/s.

Wanneer bij het uitvoeren van een indicatieve meting de trillingen voldoen aan SBR-richtlijn A, bestaat in het algemeen het minste risico op trillingsschade. In het geval bij een indicatieve meting de trillingen niet voldoen aan de richtlijn, verdient het overweging om een uitgebreide meting uit te voeren, waardoor overeenkomstig SBR-richtlijn A 60 % hogere trillingen toegelaten mogen worden. Conform de SBR-richtlijn blijft in dat geval de kans op trillingsschade < 1 %.

In tabel 5-2 wordt vermeld welke trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn bij het heien van palen, uitgaande van een uitgebreide trillingsmeting.

TABEL 5-2 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij uitgebreide trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	normaal	13,33	15,00	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33
	gevoelig	7,84	8,82	9,80	10,78	11,76	12,75	13,73
categorie 2	normaal	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33
	gevoelig	1,96	2,45	2,94	3,43	3,92	4,41	4,90

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-2, bij uitvoering van een uitgebreide meting aan een gebouw in categorie 2 [normaal], een maximum trilling toelaatbaar van 3,3 mm/s.

6 Trillingsschade.

Wanneer trillingsschade door heiwerkzaamheden ontstaat, is dit in het algemeen zogenaamde cosmetische schade. Hieronder wordt verstaan haarscheurtjes in pleister-, tegel- en metselwerk, alsmede naadvorming langs kozijnen en plafonds, etc. De kans op constructieve trillingsschade is in het algemeen zeer gering. Risico op constructieve schade is veelal aanwezig wanneer verzakking optreedt, bijvoorbeeld door verdichting van zand onder de fundering.

Wanneer de trillingen voldoen aan de grenswaarden uit SBR-richtlijn A, is de kans op het ontstaan van cosmetische trillingsschade acceptabel klein. De kans op constructieve trillingsschade is dan (nagenoeg) uitgesloten.

De grenswaarden in de richtlijn zijn oorspronkelijk tot stand gekomen op basis van ervaringen in de praktijk. De grenswaarden zijn zo gekozen dat bij trillingswaarden beneden de grenswaarden, het optreden van schade als gevolg van trillingen onwaarschijnlijk is. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt. De kans op schade zal met toenemende trillingswaarden hoger worden.

In tabel 6-1 (bron: SBR-richtlijn A 2107) is de kans op schade aan een bouwwerk gerelateerd aan de verhouding tussen de trillingswaarde en de grenswaarde (V_d/V_r). Deze kansen moeten als orde van grootte inschatting worden gezien voor gebruik in bijvoorbeeld risico inschattingen. Ze zijn zeker niet bedoeld als exacte waarde voor individuele bouwwerken. De tabel mag niet worden uitgebreid voor overschrijdingsfactoren groter dan 3.

TABEL 6-1 : Ordegrootte kans op schade voor draagconstructie en onderdelen draagconstructie uit metselwerk	
Factor op grenswaarde	Ordegrootte kans op schade
1 x grenswaarde ($V_d/V_r = 1$)	ongeveer 1 %
1,2	ongeveer 3 %
1,5	ongeveer 5 %
2	ongeveer 10 %
3	ongeveer 30 %

SBR-richtlijn A heeft betrekking op schade aan gebouwen, maar geeft geen informatie over de hinder en 'voelbaarheid' van de trillingen voor personen. Hiervoor wordt verwezen naar SBR-richtlijn B. Uit ervaring is gebleken dat trillingen tot circa 0,35 mm/s niet of nauwelijks voelbaar zijn. Trillingen tussen circa 0,35 en 0,80 mm/s zijn (licht) voelbaar en trillingen groter dan circa 0,80 mm/s zijn (goed) voelbaar.

De trillingen in onderhavige prognose worden getoetst aan SBR-richtlijn A.

7 Prognose trillingen door heien palen.

7.1 Algemeen.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij vele tientallen trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type heiwerk en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is gedaan voor het heien van funderingspalen (systeem prefab beton, vibro en stalen buispalen), alsmede voor het in- en uittrillen van damplanken. De ervaring heeft geleerd dat bij conusweerstand van gemiddeld 10 MPa de trillingshinder de opgestelde prognosegrafiek in het algemeen goed volgt.

7.2 Uitgangspunten.

De trillingsprognose geldt voor gemetselde/betonnen gebouwen van 2 à 4 bouwlagen. Wanneer een gebouw hoger is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte groter. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw lager zijn dan uit de prognose volgt. Wanneer een gebouw lager is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte kleiner. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw groter zijn dan uit de prognose volgt. Voor belendingen met 1 bouwlaag dient rekening te worden gehouden met trillingen die 50 à 70 % hoger zijn dan uit de standaard IFCO-analyse blijkt.

De te verwachten trillingen gelden voor een stijf onderdeel van het gebouw ter hoogte van de begane grondverdieping.

De standaard IFCO-prognosegrafiek geldt voor belendingen gefundeerd op palen. Indien de belendingen op staal zijn gefundeerd, kunnen de trillingen afwijken van de prognosegrafiek. De grootte van deze afwijking is lastig in te schatten, omdat dit mede afhangt van het dempend vermogen van de verschillende grondlagen. Wanneer belendingen op staal zijn gefundeerd, zullen de trillingen tijdens het heien in dieper gelegen zandlagen in het algemeen iets lager zijn dan bij belendingen op een paalfundering. Opgemerkt wordt dat belendingen op staal gevoeliger zijn voor oppervlaktetrillingen, zoals het rijden van een heistelling en het heien van palen in/door een topzandlaag. Bij het heien van palen in of door een topzandlaag worden de trillingen in een belending, en dan met name in een op staal gefundeerde belending, ongeveer 50 tot 100 % hoger dan uit de standaard IFCO-analyse blijkt. Dit is bij diverse door IFCO uitgevoerde trillingsmetingen naar voren gekomen. In de prognose wordt ervan uitgegaan dat de palen niet door een eventueel aanwezige topzandlaag worden geheid.

Er wordt van uitgegaan dat de palen worden geheid met een hydraulisch heiblok met voldoende massa.

Er wordt van uitgegaan dat bij het heien de paal zakt. Wanneer dit niet het geval is, kunnen de trillingen hoger worden.

In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels in de bodem. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

De trillingsprognose waarover wordt gerapporteerd is een zogenaamde “best guess”, wat betekent dat een zo goed mogelijke inschatting van de trillingen wordt gegeven op basis van de IFCO-prognosegrafiek.

7.3 Bodemopbouw.

In tabel 7-1 wordt op basis van de beschikbaar gestelde sonderingen een globale omschrijving gegeven van de aanwezige bodemopbouw.

TABEL 7-1 : Bodemopbouw			
Laag	Diepte [m t.o.v. NAP]		Beschrijving bodem.
Nr.	bovenkant	onderkant	
1	-4,5	-4,5	<u>Maaiveldhoogte.</u> <u>Klei/veen</u> , $q_c < 1$ MPa. <u>Zand</u> , $q_c \approx 12$ à 28 Mpa, maximaal circa 14 à 22 MPa over circa 1 m hoogte. Maximum voetdiepte palen.
2	-13,0	-13,0	
	-14,0 à -16,0	-14,0 à -16,0	

De grondwaterstand is niet bekend, maar wordt aangenomen op circa $1,0$ à $1,5$ m min maaiveld.

7.4 Relatie bodemopbouw - trillingen.

De hoogte van de trillingen tijdens het heien van de palen hangt onder andere af van de vastheid van de bodem. Bij het heien in vastere grond ontstaan namelijk hogere trillingen dan tijdens het heien in minder vaste grond. Bij het heien in grond met een conusweerstand van 10 MPa komen de trillingen ongeveer overeen met de IFCO prognosegrafiek.

In tabel 7-2 wordt vermeld welke maximum trillingen worden verwacht tijdens het heien van palen op verschillende diepten, uitgedrukt in procenten t.o.v. de IFCO prognosegrafiek. Bij het bepalen van de maximum trillingen wordt gekeken naar de maatgevende maximum conusweerstand. Dit zijn de maximale conusweerstand over een hoogte van circa $1,0$ m.

TABEL 7-2 : Verwachte maximum trillingen op verschillende diepten t.o.v. de prognosegrafiek, uitgedrukt in procenten					
Laag	bk laag	ok laag	Grondsoort	Maatgevende conusweerstand	Trillingen
Nr.	m tov NAP	m tov NAP		MPa	% tov prognosegrafiek
1	-4,5	-13,0	Klei/veen	< 1	-
2	-13,0	-14,0 à $16,0$	Zand	Maximaal 14	120
				Maximaal 22	150

De hoogte van de maximum trillingen bij het heien van de palen in laag 2 zullen voor een groot deel afhangen van de daadwerkelijke inheidiepte van de palen in het zandpakket vanaf ongeveer NAP $-13,0$ m. Dit in verband met de wisselende maximum conusweerstand tussen NAP $-13,0$ en $-16,0$ m.

7.5 Prognose trillingen bij heien prefab betonpalen 290x290 mm.

In tabel 7-3 worden de absolute waarden van de maximum trillingen (in mm/s) vermeld, die in de praktijk worden verwacht bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot een diepte van NAP -14,0 à -16,0 m. Daarin worden in de kolom behorend bij 10 MPa de te verwachten trillingen volgens de IFCO prognosegrafiek vermeld. In bijlage I wordt de betreffende prognosegrafiek toegevoegd.

TABEL 7-3 : Prognose maximum trillingen aan belendingen bij heien prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m					
Laag nr. →	-	2	2	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]	
q _c → factor	10 MPa 1,00	14 MPa 1,20	22 MPa 1,50		
Afstand uit paal [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓			indicatieve meting	uitgebreide meting
9,5	2,8	3,3	4,2	nee	ja/nee
13,0	2,2	2,6	3,3	nee	ja
18,0	1,8	2,1	2,7	ja/nee	ja
25,0	1,4	1,7	2,1	ja	ja
30,0	1,2	1,4	1,8	ja	ja
40,0	1,0	1,2	1,5	ja	ja
50,0	0,8	1,0	1,2	ja	ja

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 18 à 25 m van de te heien palen.

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 10 à 13 m van de te heien palen.

Opmerkingen

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de maatgevende maximum conusweerstand niet overal gelijk is en ook niet overal op precies dezelfde diepte aanwezig is. De daadwerkelijke hoogte van de maximum trillingen zal grotendeels afhangen van hoe diep de palen in het vaste zandpakket vanaf ongeveer NAP -13,0 m worden geheid (laag 2) en van de maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen.

7.6 Prognose trillingen bij heien prefab betonpalen 350x350 mm.

In tabel 7-4 worden de absolute waarden van de maximum trillingen (in mm/s) vermeld, die in de praktijk worden verwacht bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot een diepte van NAP -14,0 à -16,0 m. Daarin worden in de kolom behorend bij 10 MPa de te verwachten trillingen volgens de IFCO prognosegrafiek vermeld. In bijlage II wordt de betreffende prognosegrafiek toegevoegd.

TABEL 7-4 : Prognose maximum trillingen aan belendingen bij heien prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m					
Laag nr. →	-	2	2	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]	
q _c → factor	10 MPa 1,00	14 MPa 1,20	22 MPa 1,50		
Afstand uit paal [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓			indicatieve meting	uitgebreide meting
10,0	3,5	4,2	5,2	nee	nee
14,0	2,8	3,3	4,2	nee	ja/nee
19,0	2,2	2,6	3,3	nee	ja
28,0	1,8	2,1	2,7	ja/nee	ja
38,0	1,4	1,7	2,1	ja	ja
50,0	1,1	1,3	1,7	ja	ja

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 28 à 38 m van de te heien palen.

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 14 à 19 m van de te heien palen.

Opmerkingen

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de maatgevende maximum conusweerstand niet overal gelijk is en ook niet overal op precies dezelfde diepte aanwezig is. De daadwerkelijke hoogte van de maximum trillingen zal grotendeels afhangen van hoe diep de palen in het vaste zandpakket vanaf ongeveer NAP -13,0 m worden geheid (laag 2) en van de maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen.

8 Prognose zettingen.

Door het heien van palen ontstaan trillingen in de zandbodem die, afhankelijk van de pakingsdichtheid van het zand, aanleiding kunnen geven tot verdichting van het zandpakket en daardoor tot zakking van de bodem/maaiveld. Wanneer dit optreedt in het zandpakket onder een constructie, kan deze mogelijk zakken.

De berekening van de bodemzakking door verdichting van zand tijdens het heien van palen wordt uitgevoerd via een door IFCO gebouwde spreadsheet conform het theoretische model dat beschreven staat in hoofdstuk 5.8.4 van CUR-166 “Damwandconstructies” in combinatie met het verdichtingsmodel volgens Lunne. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van een relatie tussen de conusweerstand, het korrelspanningsniveau en de relatieve dichtheid in het zand volgens de formule van Lunne & Christoffersen (1983), uitgaande van:

- Heien palen 350x350 mm tot NAP -16,0 m (meest negatieve scenario);
- Bodemopbouw conform de beschikbare sonderingen D7/D9;
- Frequentie trillingen afkomstig van het heiblok is 10 Hz;
- Porositeit grondlagen $N_{\max} = 0,45$ en $N_{\min} = 0,25$;
- De verwachte bodemtrillingen op 0,7 m uit de paal bij een conusweerstand van 10 MPa.

Trillingen in de bodem zijn op basis van ervaring naar verwachting circa 40 % groter dan de trillingen op de begane grondverdieping van een gebouw. Zie ook rapport CUR-166 “Damwandconstructies”, 6^e herziene druk deel 2, hoofdstuk 5.8.3, bladzijde 569. Hierin wordt een reductiefactor trillingen gebouw/bodem van 0,7 vermeld. De verhouding tussen bodemtrillingen en gebouwtrillingen is daardoor $1/0,7 \approx 1,4$.

De rekenresultaten worden gepresenteerd in bijlage III.

Uit de rekenresultaten volgt dat er door het heien van de palen geen bodemverdichting plaatsvindt en geen maaiveldzakkingen te verwachten zijn.

9 Samenvatting en conclusies.

In tabel 9-1 worden op basis van de trillingsprognose de afstanden van het heiwerk tot belendingen in categorie 2 [normaal] aangegeven, waarbij naar verwachting wordt voldaan aan SBR-richtlijn A bij het heien van prefab palen 290x290 mm en 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m.

TABEL 9-1 : Afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een bouwwerk in categorie 2 [normaal]		
	Indicatieve meting	Uitgebreide meting
Palen 290x290 mm	≥ 18 à 25 m	≥ 10 à 13 m
Palen 350x350 mm	≥ 28 à 38 m	≥ 14 à 19 m

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de exacte inheidiepte niet bekend is en de maatgevende maximum conusweerstand niet overal even hoog is. Afhankelijk van de daadwerkelijke inheidiepte en de maatgevende maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen, dient rekening te worden gehouden met enige variatie in de grootte van de maximum trillingen en derhalve ook met de afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A.

Wanneer meer informatie over het uit te voeren heiwerk en de exacte afstanden van de belendingen tot het heiwerk bekend zijn, kan op basis van tabel 9-1 worden bepaald of de trillingen bij het heien van de palen voldoen aan SBR-richtlijn A.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan het Sandrinapad, het Van Lierepad en aan de Ambachtsherenlaan op een geschatte afstand van 15 tot 20 m uit het heiwerk voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting en uitgaande van het aanbrengen van palen met de afmeting 290x290 mm. Uit de tekeningen blijkt dat tegenover de voornoemde belendingen laagbouw gepland wordt.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan de Van Lodensteinstraat en aan het Rakkersveld op een geschatte afstand van 30 tot 40 m uit het heiwerk (palen 290x290 mm en 350x350 mm) voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting. Naar verwachting zal een deel van de trillingen ook voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een indicatieve meting.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade aanvaardbaar klein (< 1 %) in het geval de trillingen lager zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden. Dit geldt zowel bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting als bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting.

Door het heien van de palen worden geen noemenswaardige zettingen van belendingen en het maaiveld verwacht.

10 Trillingsmetingen.

Het verdient aanbeveling om tijdens heiwerkzaamheden trillingsmetingen (monitoring tijdens de uitvoering van het werk) te laten uitvoeren op grond van de volgende overwegingen:

1. Via trillingsmetingen kan worden gecontroleerd of de verwachte trillingen overeenkomen met de praktijk. Aan de hand van de resultaten van trillingsmetingen kan de kans op het ontstaan van trillingsschade aan de belendingen worden ingeschat.
2. Er kan worden nagegaan vanaf welk moment eventueel trillingsreducerende maatregelen genomen dienen te worden om de trillingen te laten voldoen aan SBR-richtlijn A.
3. Bij eventuele schadeclaims zijn feitelijke gegevens beschikbaar aan de hand waarvan het realiteitsgehalte van schadeclaims kan worden beoordeeld.

In het algemeen worden veelal indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd. Wanneer bij een indicatieve meting de trillingen niet voldoen aan SBR-richtlijn A, kan worden overwogen om een uitgebreide meting uit te voeren. Hierbij is de kans dat de trillingen voldoen groter dan bij uitvoering van een indicatieve meting.

IFCO en zusterorganisatie 4RISK zijn gecertificeerd voor het uitvoeren van trillingsmetingen en kunnen deze desgevraagd verzorgen. De meting wordt dan uitgevoerd onder procescertificaat BRL 5023. De nationale beoordelingsrichtlijn 5023 “Het proces van het meten van trillingen” is tot stand gekomen om te waarborgen dat de trillingsmetingen goed conform SBR-richtlijn A worden uitgevoerd en dat de resultaten derhalve bruikbaar zijn in bijvoorbeeld een discussie betreffende schade en/of hinder als gevolg van trillingen.

Waddinxveen, 15 januari 2021,

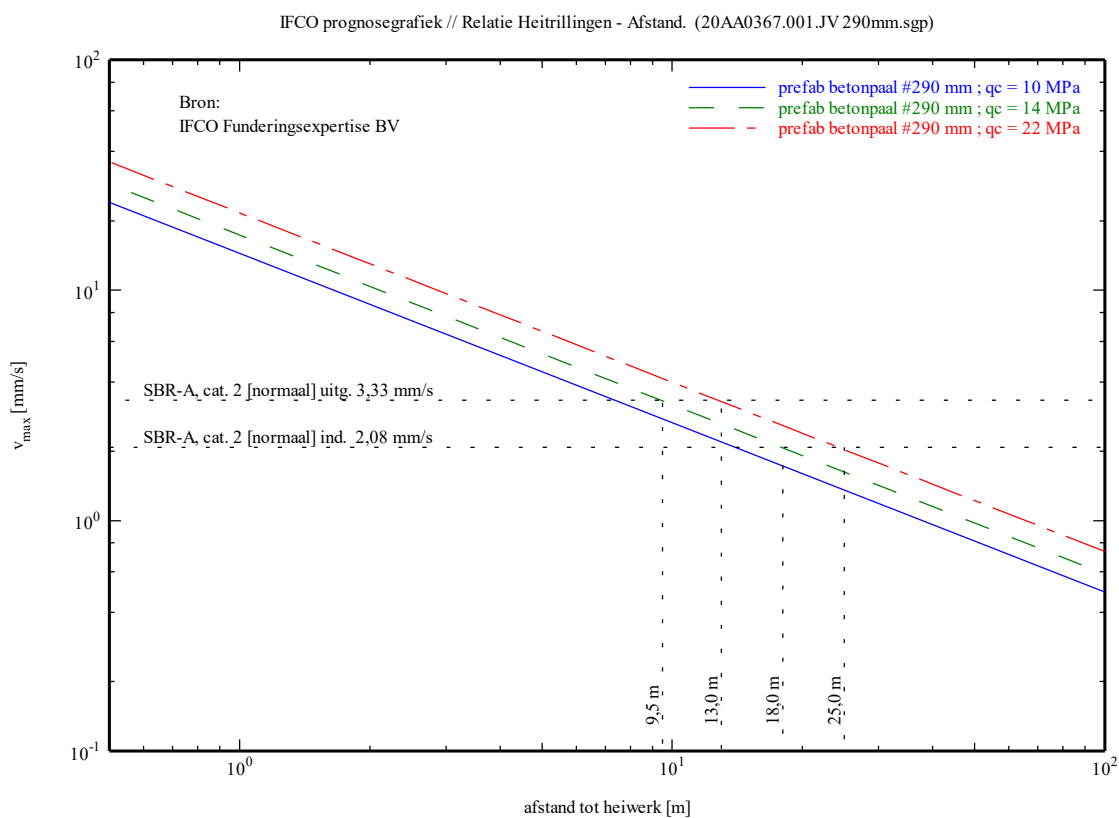
Ir. J. Veselka
IFCO Funderingsexpertise BV

Bijlagen.

- I. Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 290x290 mm.
- II. Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 350x350 mm.
- III. Berekening zetting door verdichting bij heien palen.

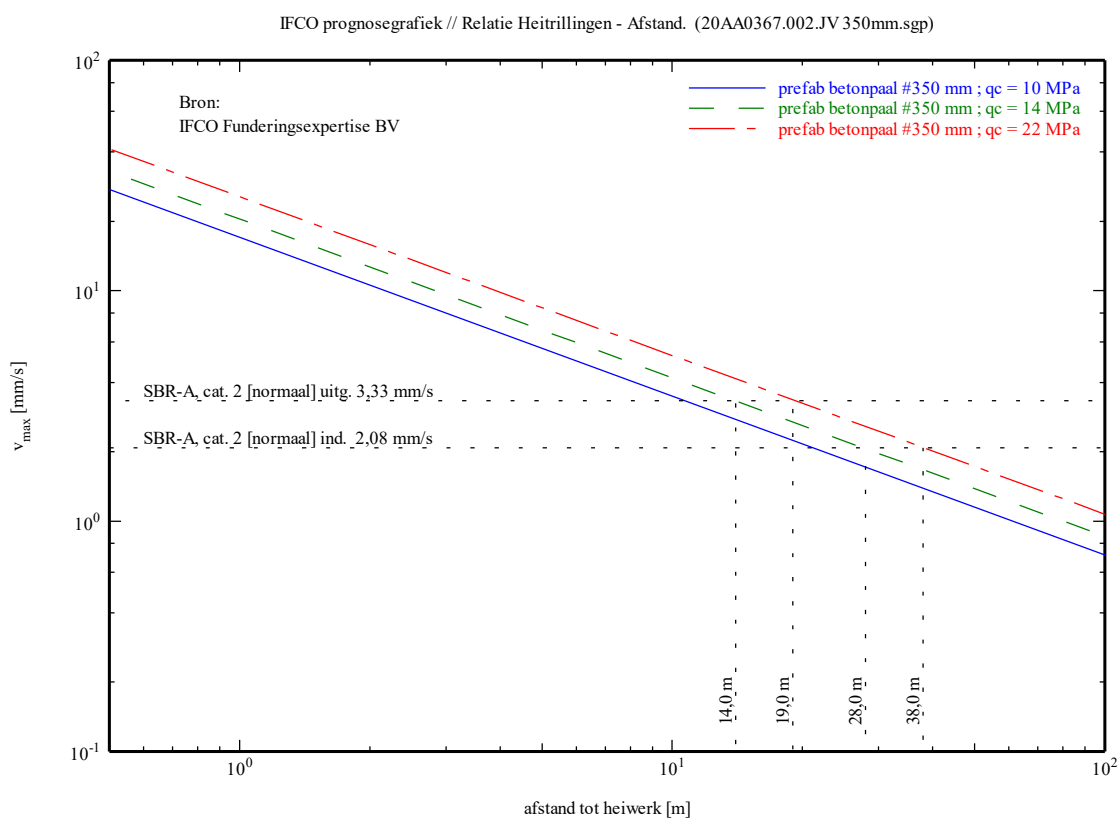
BIJLAGE I

Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 290x290 mm.



BIJLAGE II

Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 350x350 mm.



BIJLAGE III

Berekening zetting door verdichting bij heien palen.

BEPALING ZAKKING VAN MAAIVELD DOOR VERDICHTING VAN DE ONDERGROND DOOR TRILLINGEN VOLGENS METHODE LUNNE - HERGARDEN & VAN TOL (CUR 166-6E)

Berekeningen maaiveldveld a.g.v. van volumeverandering in een grondelement.

Project: Palenstein Zoetermeer
 Projectnummer: 20AA0367
 Onderdeel: Heien prefab paal 350x350



INVOER

Sondering nr. D7 (fugro)
 Type heiblok standaard

Frequentie heiblok 10 Hz

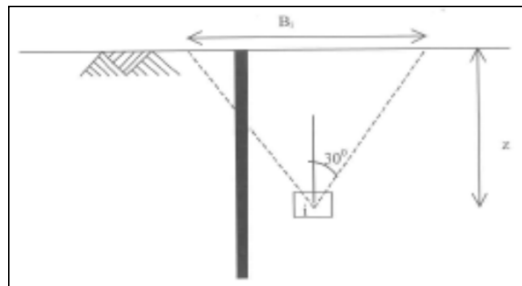
B.k. paal -4,50 m + NAP
 O.k. paal -16,00 m + NAP
 Huidig maaiveldniveau -4,50 m + NAP

α 5
 n_{max} 0,45
 n_{min} 0,25
 V_{max} (trilling bodem bij paal) 30 mm/s (qc = 10 MPa)
 Spreiding 30 graden

afstand [m] 0,07
 Diepte [m tov NAP] 0,79
 Zakking [m] 0,000

0,79
 1,08
 4,84
 6,50

0,000
 0,000
 0,000
 0,000



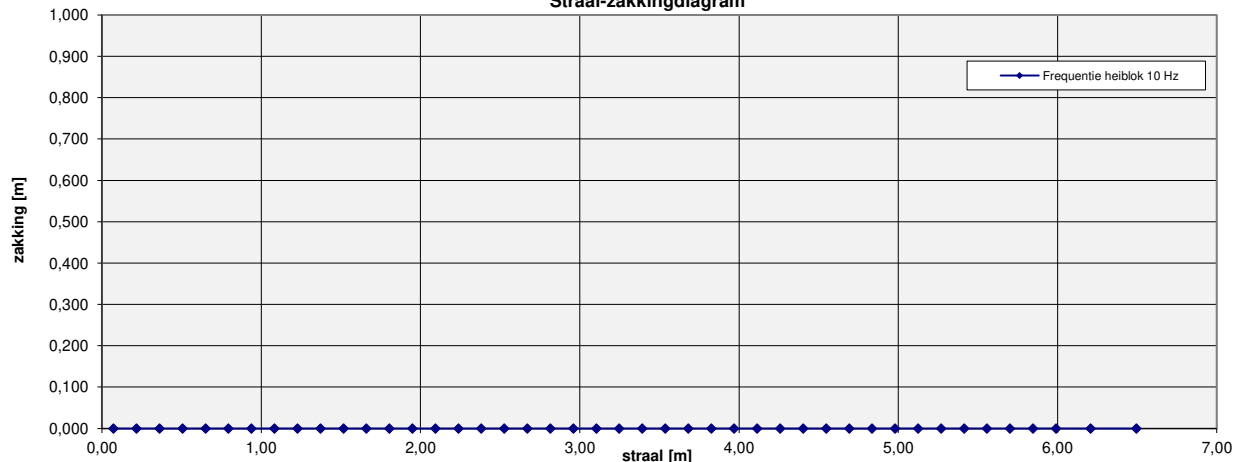
1983 1982 1986

Lunne Baldi Baldi

IN- & UITVOER

bk. laag	ok. laag	q _{c,min}	q _{c,max}	q _{c,gem}	γ _d	σ _{o,k,laag}	σ _{gem}	R _{e,0}	R _{e,0}	R _{e,0}	η ₀	V _{max}	a _{max}	e _{max}	e _{min}	e ₀	ΔR _e	ε _{vol}	Z _i	Z _{icum}	Z _{i, cum:gem}	B _i	r _i	Δ _{zi}	Z _i
[m tov NAP]		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	mm/s	m/s ²	[-]	[-]	[-]	[-]	[rek]	[m]	[m]	[m tov mv]	[m]	[m]	[m]	[m]
-4.50	-4.75	0.5	0.5	0.5	4.0	1.0	0.5	0.89	0.68	0.64	0.45	6.71	0.42	0.82	0.33	0.39	0.000	0.000	0.25	0.25	0.13	0.14	0.07	0.000	0.000
-4.75	-5.00	0.5	0.5	0.5	4.0	2.0	1.5	0.62	0.41	0.39	0.20	6.71	0.42	0.82	0.33	0.52	0.000	0.000	0.25	0.50	0.38	0.43	0.22	0.000	0.000
-5.00	-5.25	0.5	0.5	0.5	4.0	3.0	2.5	0.50	0.29	0.27	0.14	6.71	0.42	0.82	0.33	0.58	0.000	0.000	0.25	0.75	0.63	0.72	0.36	0.000	0.000
-5.25	-5.50	0.5	0.5	0.5	4.0	4.0	3.5	0.42	0.21	0.19	0.11	6.71	0.42	0.82	0.33	0.62	0.000	0.000	0.25	1.00	0.88	1.01	0.51	0.000	0.000
-5.50	-5.75	0.5	0.5	0.5	4.0	5.0	4.5	0.36	0.15	0.14	0.09	6.71	0.42	0.82	0.33	0.65	0.000	0.000	0.25	1.25	1.13	1.30	0.65	0.000	0.000
-5.75	-6.00	0.5	0.5	0.5	4.0	6.0	5.5	0.31	0.10	0.09	0.07	6.71	0.42	0.82	0.33	0.67	0.000	0.000	0.25	1.50	1.38	1.59	0.79	0.000	0.000
-6.00	-6.25	0.5	0.5	0.5	4.0	7.0	6.5	0.27	0.06	0.05	0.06	6.71	0.42	0.82	0.33	0.69	0.000	0.000	0.25	1.75	1.63	1.88	0.94	0.000	0.000
-6.25	-6.50	0.5	0.5	0.5	4.0	8.0	7.5	0.23	0.03	0.02	0.05	6.71	0.42	0.82	0.33	0.71	0.000	0.000	0.25	2.00	1.88	2.17	1.08	0.000	0.000
-6.50	-6.75	0.5	0.5	0.5	4.0	9.0	8.5	0.20	0.00	0.00	0.04	6.71	0.42	0.82	0.33	0.72	0.000	0.000	0.25	2.25	2.13	2.45	1.23	0.000	0.000
-6.75	-7.00	0.5	0.5	0.5	4.0	10.0	9.5	0.17	0.00	0.00	0.04	6.71	0.42	0.82	0.33	0.73	0.020	0.005	0.25	2.50	2.38	2.74	1.37	0.000	0.000
-7.00	-7.25	0.5	0.5	0.5	4.0	11.0	10.5	0.15	0.00	0.00	0.03	6.71	0.42	0.82	0.33	0.75	0.044	0.012	0.25	2.75	2.63	3.03	1.52	0.000	0.000
-7.25	-7.50	0.5	0.5	0.5	4.0	12.0	11.5	0.13	0.00	0.00	0.03	6.71	0.42	0.82	0.33	0.76	0.066	0.018	0.25	3.00	2.88	3.32	1.66	0.000	0.000
-7.50	-7.75	0.5	0.5	0.5	4.0	13.0	12.5	0.11	0.00	0.00	0.02	6.71	0.42	0.82	0.33	0.77	0.087	0.024	0.25	3.25	3.13	3.61	1.80	0.000	0.000
-7.75	-8.00	0.5	0.5	0.5	4.0	14.0	13.5	0.09	0.00	0.00	0.02	6.71	0.42	0.82	0.33	0.78	0.105	0.029	0.25	3.50	3.38	3.90	1.95	0.000	0.000
-8.00	-8.25	0.5	0.5	0.5	4.0	15.0	14.5	0.07	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.78	0.123	0.033	0.25	3.75	3.63	4.19	2.09	0.000	0.000
-8.25	-8.50	0.5	0.5	0.5	4.0	16.0	15.5	0.05	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.79	0.139	0.038	0.25	4.00	3.88	4.47	2.24	0.000	0.000
-8.50	-8.75	0.5	0.5	0.5	4.0	17.0	16.5	0.04	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.80	0.154	0.042	0.25	4.25	4.13	4.76	2.38	0.000	0.000
-8.75	-9.00	0.5	0.5	0.5	4.0	18.0	17.5	0.02	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.81	0.169	0.045	0.25	4.50	4.38	5.05	2.53	0.000	0.000
-9.00	-9.25	0.5	0.5	0.5	4.0	19.0	18.5	0.01	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.81	0.182	0.049	0.25	4.75	4.63	5.34	2.67	0.000	0.000
-9.25	-9.50	0.5	0.5	0.5	4.0	20.0	19.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.00	4.88	5.63	2.81	0.000	0.000
-9.50	-9.75	0.5	0.5	0.5	4.0	21.0	20.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.25	5.13	5.92	2.96	0.000	0.000
-9.75	-10.00	0.5	0.5	0.5	4.0	22.0	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.50	5.38	6.21	3.10	0.000	0.000
-10.00	-10.25	0.5	0.5	0.5	4.0	23.0	22.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.75	5.63	6.50	3.25	0.000	0.000
-10.25	-10.50	0.5	0.5	0.5	4.0	24.0	23.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.00	5.88	6.78	3.39	0.000	0.000
-10.50	-10.75	0.5	0.5	0.5	4.0	25.0	24.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.25	6.13	7.07	3.54	0.000	0.000
-10.75	-11.00	0.5	0.5	0.5	4.0	26.0	25.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.50	6.38	7.36	3.68	0.000	0.000
-11.00	-11.25	0.5	0.5	0.5	4.0	27.0	26.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.75	6.63	7.65	3.82	0.000	0.000
-11.25	-11.50	0.5	0.5	0.5	4.0	28.0	27.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.00	6.88	7.94	3.97	0.000	0.000
-11.50	-11.75	0.5	0.5	0.5	4.0	29.0	28.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.25	7.13	8.23	4.11	0.000	0.000
-11.75	-12.00	0.5	0.5	0.5	4.0	30.0	29.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.50	7.38	8.52	4.26	0.000	0.000
-12.00	-12.25	0.5	0.5	0.5	4.0	31.0	30.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.75	7.63	8.80	4.40	0.000	0.000
-12.25	-12.50	0.5	0.5	0.5	4.0	32.0	31.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.00	7.88	9.09	4.55	0.000	0.000
-12.50	-12.75	0.5	0.5	0.5	4.0	33.0	32.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.25	8.13	9.38	4.69	0.000	0.000
-12.75	-13.00	0.5	0.5	0.5	4.0	34.0	33.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.50	8.38	9.67	4.84	0.000	0.000
-13.00	-13.25	1.0	1.0	1.0	4.0	35.0	34.5	0.10	0.00	0.00	0.02	9.49	0.60	0.82	0.33	0.77	0.165	0.045	0.25	8.75	8.63	9.96	4.98	0.000	0.000
-13.25	-13.50	6.0	6.0	6.0	10.0	37.5	36.3	0.70	0.64	0.69	0.24	23.24	1.46	0.82	0.33	0.48	0.000	0.000	0.25	9.00	8.88	10.25	5.12	0.000	0.000
-13.50	-13.75	12.0	12.0	12.0	10.0	40.0	38.8	0.92	0.90	0.96	0.51	32.86	2.06	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.25	9.13	10.54	5.27	0.000	0.000
-13.75	-14.00	13.0	13.0	13.0	11.0	42.8	41.4	0.93	0.92	0.98	0.54	34.21	2.15	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.50	9.38	10.83	5.41	0.000	0.000
-14.00	-14.25	13.0	13.0	13.0	11.0	45.5	44.1	0.92	0.90	0.97	0.50	34.21	2.15	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.75	9.63	11.11	5.56	0.000	0.000
-14.25	-14.50	16.0	16.0	16.0	11.0	48.3	46.9	0.98	0.97	1.00	0.74	37.95	2.38	0.82	0.33	0.35	0.000	0.000	0.25	10.00	9.88	11.40	5.70	0.000	0.000
-14.50	-14.75	18.0	18.0	18.0	11.0	51.0	49.6	1.00	1.00	1.00	0.88	40.25	2.53	0.82	0.33	0.33	0.000	0.000	0.25	10.25	10.13	11.69	5.85	0.000	0.000
-14.75	-15.00	18.0	18.0	18.0	11.0	53.8	52.4	0.99	0.99	1.00	0.89	40.25	2.53	0.82	0.33	0.34	0.000	0.000	0.25	10.50	10.38	11.98	5.99	0.000	0.000
-15.00	-15.50	16.0	16.0	16.0	11.0	59.3	56.5	0.93	0.93	1.00	0.53	37.95	2.38	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.50	11.00	10.75	12.41	6.21	0.000	0.000
-15.50	-16.00	14.0	14.0	14.0	11.0	64.8	62.0	0.86	0.85	0.92	0.39	35.50	2.23	0.82	0.33	0.40	0.000	0.000	0.50	11.50	11.25	12.99	6.50	0.000	0.000

Straal-zakkingdiagram





IFCO Funderingexpertise BV

**Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl**

RAPPORTAGE TRILLINGSONDERZOEK VERKEERSTRILLINGEN						
PROJECT: PALENSTEIN VLEK G TE ZOETERMEER						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
0	Definitief	12-01-2021	Ir. J. Veselka	JV	P.A.M. Baarendse	

**Opdrachtgever: Gemeente Zoetermeer
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer**

Referentie : R20AA0367.002.JV_trillingen verkeer.docx

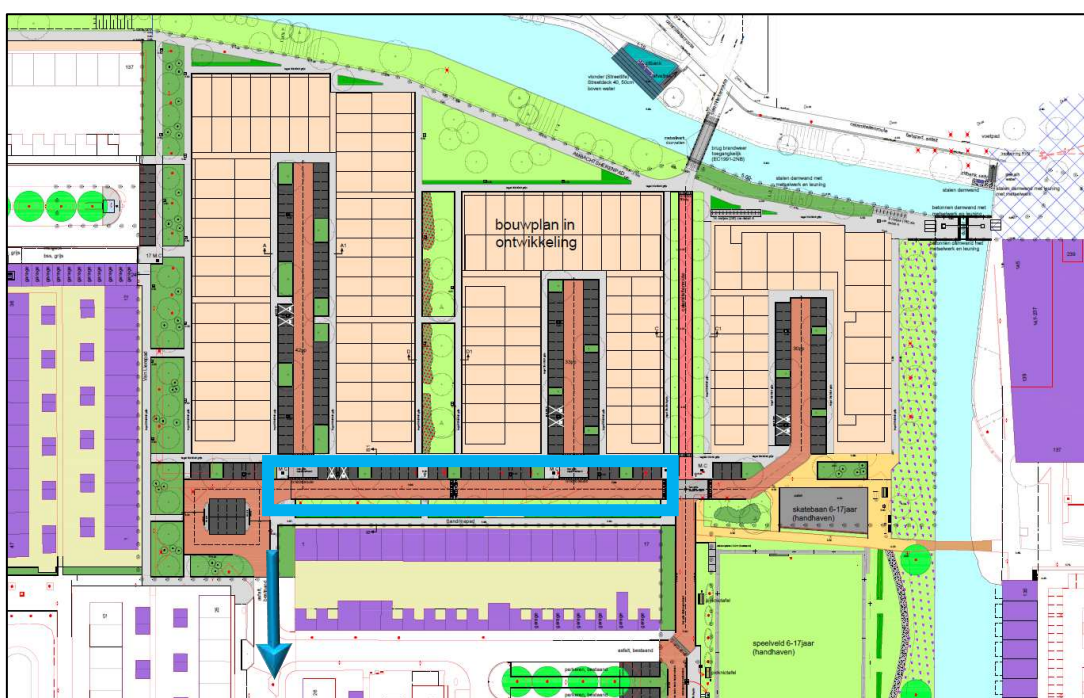
INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.....	2
2	UITGANGSPUNTEN MONITORING.....	3
3	MEETAPPARATUUR.....	3
4	BEOORDELING TRILLINGEN.....	4
4.1	SBR-RICHTLIJN A.....	4
4.2	SBR-RICHTLIJN B.....	5
5	MEETLOCATIES.....	6
6	MEETRESULTATEN.....	8
6.1	PRESENTATIE.....	8
6.2	ANALYSE EN OPMERKINGEN.....	8
6.3	TOETSING TRILLINGEN AAN SBR-A.....	9
6.4	TOETSING TRILLINGEN AAN SBR-B.....	9
7	PROGNOSE TRILLINGEN.....	10
7.1	OPZET PROGNOSE EN UITGANGSPUNTEN.....	10
7.2	TRILLINGSPROGNOSE VERKEER.....	11
8	SAMENVATTING EN CONCLUSIES.....	13
9	BIJLAGEN.....	14

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van de Gemeente Zoetermeer om een trillingsonderzoek uit te voeren ten behoeve van het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer.

In verband met de nieuwbouw van woningen verandert de verkeerssituatie in de wijk. Het huidige voetgangerspad, het Sandrinapad (blauw omkaderd in figuur 1.1), verandert in de toekomst in een doorgaande weg en met de komst van circa 100 nieuwe woningen verwacht men een toename van het verkeer in de Van Lodensteinstraat (in de richting van de pijl).



Figuur 1.1: projectlocatie

Het doel van het trillingsonderzoek is om middels het uitvoeren van trillingsmetingen aan drie woningen in de Van Lodensteinstraat en aan het Sandrinapad een beeld te krijgen van de trillingen die worden veroorzaakt door passerend verkeer, en met name ter plaatse van de verkeersplateau. Vervolgens wordt middels een trillingsprognose voor verkeerstrillingen een inschatting gegeven van de te verwachten trillingen na de aanleg van een doorgaande weg aan het Sandrinapad. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de uitgevoerde trillingsmetingen en een door IFCO ontwikkeld empirisch rekenmodel op basis van een database met ervaringsgetallen.

De gemeten en de te verwachten trillingen worden getoetst aan richtlijn deel A “Schade aan bouwwerken” van Stichting Bouw Research (SBR-A) en aan richtlijn deel B “Hinder voor personen in gebouwen” (SBR-B).

2 Uitgangspunten monitoring.

De opzet van de trillingsmetingen is om een beeld te krijgen van de trillingen die optreden door passerend verkeer ter plaatse van twee panden in de Van Lodensteinstraat, ter hoogte van een verkeersplateau. In de huidige situatie wordt door de bewoners hierdoor enige hinder ervaren. In de toekomstige situatie wordt hier een toename van het verkeer verwacht. Aan het Sandrinapad zijn ter indicatie eveneens trillingen gemeten. In de huidige situatie eindigt ter hoogte van Sandrinapad 1 de straat in een klein parkeerterrein.

Het gaat hierbij om de volgende locaties en veranderingen c.q. aanpassingen aan de weg:

- Sandrinapad 1: Aanleg doorgaande weg
- Van Lodensteinstraat 21: Toename verkeer
- Van Lodensteinstraat 26: Toename verkeer

De trillingsmetingen zijn door IFCO uitgevoerd op 1 december 2020 op bovengenoemde adressen.

De meetsystemen hebben gedurende de meetperiode continu gemeten. Tussen 11:12 uur tot 11:34 uur werd met een vrachtwagen van de vuilnisinzameling van de Gemeente Zoetermeer een reeks testritten uitgevoerd om tijdens verschillende situaties de trillingen te meten. Daarbij zijn 5 proeven uitgevoerd waarbij per proef 4 keer werd gereden:

1^e proef: normaal rijden, bereikte snelheden tot 20 km/u;

2^e proef: normaal rijden en remmen voor het verkeersplateau, bereikte snelheden op het verkeersplateau tussen 10 tot 15 km/u;

3^e proef: normaal rijden zonder remmen voor het verkeersplateau, bereikte snelheden tot 20 tot 30 km/u;

4^e proef: naar het verkeersplateau toerijden vanuit de Voorhamstraat, bereikte snelheden bij het verkeersplateau 10 tot 15 km/u;

5^e proef: doorrijden tot het einde van de straat en remmen op het parkeerterrein ter hoogte van MP 1/MP2, bereikte snelheden tot 25 km/u.

3 Meetapparatuur.

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met de Profound *VIBRA*⁺, welke zowel de trillingsamplitude in x-, y- en z-richting alsmede de bijbehorende dominante frequentie vastlegt. Elk meetsysteem is gecodeerd met een nummer dat begint met VB. De *VIBRA*⁺ meet volledig conform SBR-A en SBR-B. De frequentie is bepaald volgens methode I van SBR-A. Per ingestelde intervaltijd van 1 seconde wordt de meest relevante meetwaarde opgeslagen. Het betreft die waarde die zich het dichtst bij de grenslijn van de gekozen gebouwcategorie bevindt dan wel deze het meest overschrijdt.

4 Beoordeling trillingen.

4.1 SBR-richtlijn A.

Met betrekking tot het aspect “schade aan gebouwen” worden de trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-A, versie 2017. Deze richtlijn is van toepassing op trillingen met een dominante frequentie tussen de 1 en 100 Hz. In SBR-A wordt onderscheid gemaakt in verschillende type metingen, namelijk een indicatieve, een beperkte en een uitgebreide meting. Tevens wordt onderscheid gemaakt in verschillende type trillingen, namelijk kortdurende, herhaald kortdurende en continue trillingen. En als laatste wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën bouwwerken, namelijk categorie 1 en categorie 2 met daarbij de status [normaal] of [gevoelig].

In het onderhavige geval zijn indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd.

Trillingen veroorzaakt door passerend verkeer zijn volgens SBR-A herhaald kortdurende trillingen. De frequenties van deze trillingen liggen in het algemeen vaak tussen 3 en 20 Hz.

De panden waaraan gemeten is worden geplaatst in categorie 2 [normaal].

In tabel 4-1 staan vanwege constructieve eisen de toelaatbare trillingen voor de draagconstructie van een gebouw op begane grondniveau, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen, een indicatieve meting en een gebouw in categorie 2.

TABEL 4-1 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij indicatieve trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 2	normaal	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
	gevoelig	1,23	1,53	1,84	2,14	2,45	2,76	3,06

De kans op trillingsschade wordt bepaald door de verhouding tussen de optredende trillingen en de maximum toelaatbare trillingen. In tabel 4-2 wordt deze relatie weergegeven.

Tabel 4-2 : Ordegrootte kans op schade door trillingen volgens SBR-A	
Verhouding optredende trillingen t.o.v. toelaatbare trillingen	Ordegrootte kans op schade
$\leq 1,0$	1 %
1,2	3 %
1,5	5 %
2	10 %
3	30 %

Volgens SBR-A is de kans op trillingsschade < 1 % in het geval de optredende trillingen kleiner zijn dan de maximum toelaatbare trillingen. Wanneer de trillingen voldoen aan de waarden uit SBR-A, is het onwaarschijnlijk dat als gevolg van trillingen schade optreedt. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt.

4.2 SBR-richtlijn B.

Met betrekking tot het aspect “hinder voor personen” worden trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-B. In SBR-B wordt onderscheid gemaakt in de duur van de periode waarin de trillingen voorkomen, te weten een lange en een korte periode. Wanneer sprake is van een lange periode wordt tevens onderscheid gemaakt in gebouwfuncties, dag- en nachtperioden, type trillingen en bestaande, nieuwe en gewijzigde situaties.

Voor het onderhavige project wordt uitgegaan van een lange periode, de dagperiode en een bestaande en gewijzigde situatie. Voorbeelden van een gewijzigde situatie zijn onder andere de vervanging van het wegdek en verhoging van de verkeersintensiteit.

Na aanpassing van de wegen zal sprake zijn van een gewijzigde situatie. Voor de beoordeling van de gewijzigde situatie geldt als uitgangspunt dat de wijziging niet tot een verhoging van de reeds aanwezige trillingssterkte mag leiden.

In tabel 4-3 worden de streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen vermeld over lange perioden in gebouwen, uitgaande van een bestaande en gewijzigde situatie.

TABEL 4-3 : Streefwaarden voor bestaande/gewijzigde situaties gedurende een lange periode						
Gebouwfunctie	dag & avond (7:00 uur - 19:00 uur - 23:00 uur)			nacht (23:00 uur - 7:00 uur)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,10
2. Wonen	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,10
3. Onderwijs en kantoor	0,30	1,20	0,15	0,30	1,20	0,15
4. Bijeenkomst	0,30	1,20	0,15	0,30	1,20	0,15
5. Kritische werkruimte	0,10	0,10	----	0,10	0,10	----

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{\text{eff, max}}$) [dimensieloos].

A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{\text{eff, max}}$) [dimensieloos].

A3 = streefwaarde voor de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde (v_{per}) [dimensieloos].

Volgens SBR-B mogen de trillingen voor personen in het algemeen als toelaatbaar worden beschouwd als wordt voldaan aan één van de volgende twee voorwaarden:

1. De $v_{\text{eff, max}}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A1.
of
2. De $v_{\text{eff, max}}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A2, waarbij v_{per} kleiner is dan A3.

Omdat grenswaarden voor trillingshinder niet scherp gedefinieerd kunnen worden, wordt in SBR-B gesproken over streefwaarden. Als de trillingssterkte onder deze streefwaarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden.

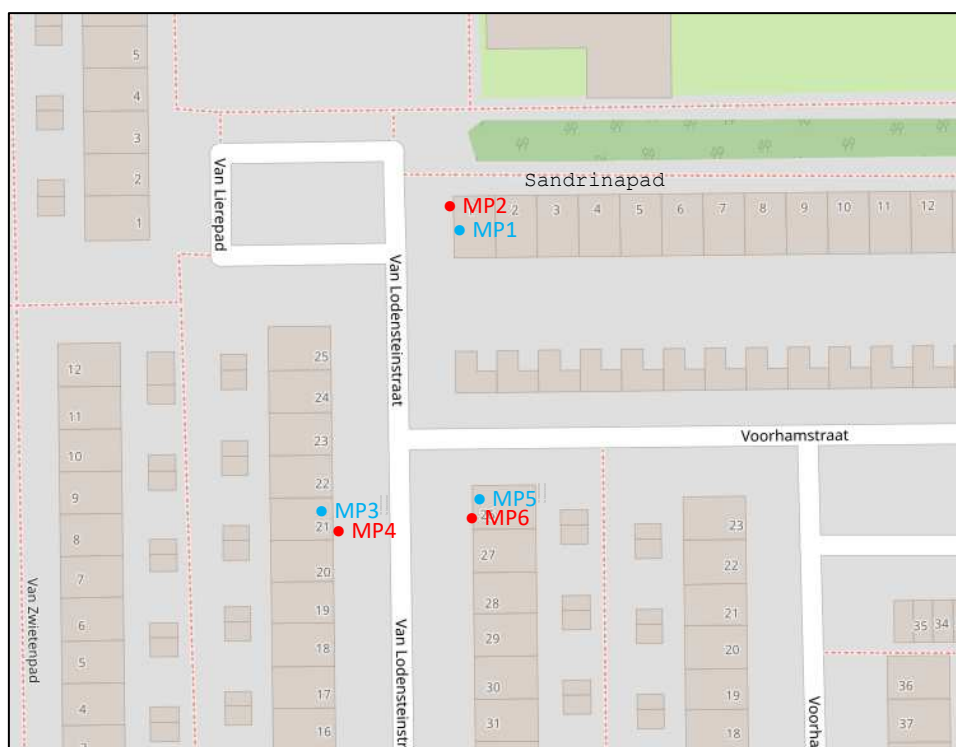
5 Meetlocaties.

In tabel 5-1 is aangegeven op welke locaties en met welke meetsystemen de trillingsmetingen zijn uitgevoerd. Ook wordt de kortste afstand van het meetpunt tot de weg aangegeven.

TABEL 5-1 : Meetlocaties trillingsmetingen				
Meet-punt	Meet-systeem	Adres	Meetlocatie	Afstand tot wegdek
1	VB004	Woning Sandrinapad 1	2 ^e verdieping, rechter zijgevel, tussen nok en zijde voorgevel	± 8,8 m
2	VB006	Woning Sandrinapad 1	Rechter zijgevel, bij voorgevel	± 6,5 m
3	VB008	Woning Van Lodensteinstraat 21	BG, voorgevel, 0,5 m vanaf rechter zijgevel	± 5,2 m
4	VB010	Woning Van Lodensteinstraat 21	Voorgevel, nabij linker zijgevel	± 5,0 m
5	VB005	Woning Van Lodensteinstraat 26	BG, voorgevel, 0,5 m vanaf linker zijgevel	± 7,7 m
6	VB009	Woning Van Lodensteinstraat 26	Voorgevel, nabij rechter zijgevel	± 7,5 m

Meetpunten 2, 4 en 6 zijn voor toetsing aan SBR-A. Meetpunten 1, 3 en 5 zijn voor toetsing aan SBR-B.

In figuur 5.1 zijn de meetlocaties op kaart aangegeven (meetpunten 1 t/m 6).



Figuur 5.1: meetpunten Van Lodensteinstraat en Sandrinapad

In onderstaande foto's zijn de betreffende woningen en meetpunten gepresenteerd.

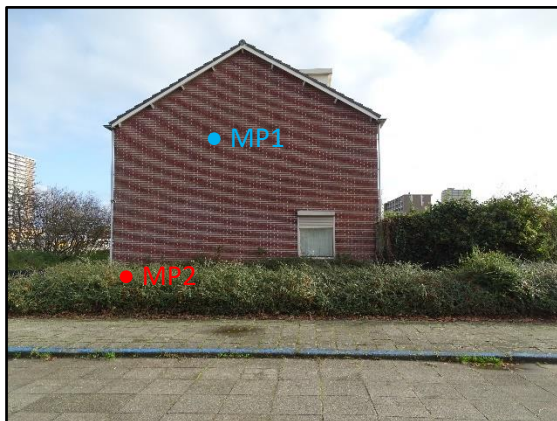


Foto 1 en 2: locatie meetpunten 1 (binnen) en 2 (buiten) aan het Sandrinapad 1



Foto 3 en 4: locatie meetpunten 3 (binnen) en 4 (buiten) aan de Van Lodensteinstraat 21



Foto 5 en 6: locatie meetpunten 5 (binnen) en 6 (buiten) aan de Van Lodensteinstraat 26

IFCO heeft op 18 november 2020 op de nieuwbouwlocatie Palenstein Vlek G een risicoanalyse uitgevoerd, waarbij het exterieur van de panden visueel is beschouwd. De resultaten van deze risicoanalyse worden separaat gepresenteerd. Op basis van deze risicoanalyse worden de panden aan de Van Lodensteinstraat 21 en 26 en Sandrinapad 1 geplaatst in categorie 2 [normaal].

6 Meetresultaten.

6.1 Presentatie.

De meetresultaten van de trillingsmetingen zijn toegevoegd in de BIJLAGEN I t/m VI. Per meetpunt worden de volgende grafieken gepresenteerd:

1. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de tijd [dagen] op de horizontale as.
2. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de frequentie [Hz] op de horizontale as. Hierin zijn voor de meetpunten 2, 4 en 6 de toelaatbare waarden uit SBR-A voor een gebouw in categorie 2 als lijn weergegeven, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen en een indicatieve meting.

Voor de meetpunten 1, 3 en 5 (SBR-B) worden aanvullend de volgende grafieken gepresenteerd:

3. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] op de verticale as tegen de tijd op de horizontale as.
4. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] over de gehele meetperiode op de verticale as tegen de tijd in daguren van de gehele meetperiode op de horizontale as.

6.2 Analyse en opmerkingen.

De *VIBRA*⁺ registreert alle trillingen, dus ook trillingen die niet door het passerende verkeer worden veroorzaakt. Hierbij kan gedacht worden aan het dichtklappen van een deur, het aanstoten van de meetsensor, werkzaamheden in de omgeving en het lopen van personen ter plaatse van het meetpunt, enzovoorts. Voor het bepalen van de maximum trillingen die zijn veroorzaakt door verkeer gedurende de meetperiode, zijn de meetresultaten van de verschillende meetpunten met elkaar vergeleken en nader geanalyseerd. Doordat de meting bemand is uitgevoerd is tevens een goed beeld verkregen van de trillingen die zijn veroorzaakt door het verkeer.

Op meetpunt 5 is om 10:43 uur een afwijkende trilling gemeten met een waarde van 1,90 mm/s. Deze trilling is niet veroorzaakt door verkeer, maar naar verwachting door een lokale trillingsbron in de woning.

Het patroon van de verkeersproef is duidelijk afleesbaar in de grafieken van de meetpunten 3 t/m 6. De laagste trillingen zijn gemeten tijdens proef 2, waarbij de snelheid van de wagen kort voor het verkeersplateau werd gereduceerd tot circa 10 à 15 km/h. De hoogste trillingen zijn gemeten tijdens proef 3, waarbij zonder te remmen over het verkeersplateau is gereden.

De meetresultaten van de meting aan het Sandrinapad vertonen een wat ander beeld dan de meetresultaten aan de Van Lodensteinstraat. Dit heeft er onder andere mee te maken dat deze meetpunten op grotere afstand van het verkeersplateau zijn gelegen. Tevens vonden er tegenover de woning aan het Sandrinapad werkzaamheden plaats welke ook trillingen veroorzaakten.

Over het algemeen zijn de hoogste trillingen gemeten in de verticale z-richting. De frequenties van de gemeten trillingen liggen veelal tussen circa 2 en 12 Hz.

Volgens de bewoners aan de Van Lodensteinstraat worden naar hun gevoel de hoogste trillingen veroorzaakt door met name vrachtverkeer en vuilniswagens ter plaatse van het verkeersplateau.

6.3 Toetsing trillingen aan SBR-A.

In tabel 6-1 worden per meetpunt telkens de twee hoogst gemeten maximum trillingen vermeld welke zijn veroorzaakt door (vracht)verkeer. Deze trillingen worden getoetst aan SBR-A, uitgaande van een indicatieve meting en een gebouw in categorie 2 [normaal].

TABEL 6-1 : Maximum trillingen door verkeer - SBR-A					
Meetpunt	Maximum trilling				Voldoet aan SBR-A categorie 2
	datum	tijdstip	grootte	frequentie	[normaal]
2	01-12-2020	11:07 uur	1,14 mm/s*	6,5 Hz	ja
2	01-12-2020	11:14 uur	0,93 mm/s	6,0 Hz	ja
4	01-12-2020	11:20 uur	1,35 mm/s	8,5 Hz	ja
4	01-12-2020	11:21 uur	1,65 mm/s	5,5 Hz	ja
6	01-12-2020	11:20 uur	1,72 mm/s	11,0 Hz	ja
6	01-12-2020	11:21 uur	2,28 mm/s	11,0 Hz	nee

(*) Van deze trilling is het niet helemaal zeker of deze door verkeer is veroorzaakt.

Het merendeel van de maximum trillingen is gemeten tijdens de verkeersproef tussen 11:12 en 11:34 uur.

Op één na zijn alle gemeten trillingen, welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer, kleiner dan SBR-A toelaatbaar acht voor een gebouw in categorie 2 [normaal], uitgaande van een indicatieve meting. Alleen bij meetpunt 6 (Van Lodensteinstraat 26) is een zeer lichte overschrijding gemeten. Wanneer wordt uitgegaan van een uitgebreide meting, voldoet deze trilling wel aan SBR-A.

6.4 Toetsing trillingen aan SBR-B.

In tabel 6-2 worden per meetpunt de maximum gemeten V_{eff} vermeld welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer. Deze waarden worden getoetst aan de toelaatbare waarden voor A2 uit SBR-B, uitgaande van een bestaande situatie.

TABEL 6-2 : Maximum trillingen door verkeer - SBR-B				
Meetpunt	Maximum trilling			Voldoet aan SBR-B ($V_{eff, max} < 0,8$)
	datum	tijdstip	$V_{eff, max}$	
1	01-12-2020	11:07 uur	0,95*	nee*
1	01-12-2020	11:21 uur	0,57	ja
3	01-12-2020	11:21 uur	0,60	ja
3	01-12-2020	11:19 uur	0,54	ja
5	01-12-2020	11:21 uur	0,98	nee
5	01-12-2020	11:20 uur	0,83	nee

(*) Van deze trilling is het niet helemaal zeker of deze door verkeer is veroorzaakt.

Het toetsen van de meetresultaten aan SBR-B wordt gedaan op basis van de waarde A2, omdat A1 vrijwel nooit maatgevend is en A3 in deze situatie niet representatief is in verband met de relatief korte meetperiode. De v_{per} (=waarde A3) is van toepassing voor een meetperiode van minimaal één etmaal. In het onderhavige geval is slechts een kort deel van de dag gemeten, waardoor de v_{per} relatief hoog uitvalt. Bij vergelijkbare projecten is gebleken dat de v_{per} over het algemeen vrijwel altijd kleiner is dan de waarde A3.

7 Prognose trillingen.

7.1 Opzet prognose en uitgangspunten.

Door wegverkeer worden trillingen opgewekt die zich via de bodem voortplanten en waarvan de grootte afneemt bij toename van de afstand tot de weg waarvan het verkeer gebruik maakt. Deze trillingen worden in een gedempte vorm doorgegeven aan een gebouw, dat daardoor wordt blootgesteld aan een zekere mate van trillingsbelasting.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij meerdere trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type trillingsbron en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is vertaald naar verschillende IFCO-prognosegrafieken (voor o.a. heiwerk, trilwerk en verkeer).

Uit metingen in het verleden is gebleken dat trillingen door verkeer een vrij grote bandbreedte hebben. Dit heeft te maken met het feit dat de grootte van de trillingen onder meer afhangt van:

- De constructie en zwaarte van het gebouw.
- De funderingswijze van het gebouw.
- De bodemopbouw ter plaatse van het gebouw.
- De snelheid en zwaarte van het verkeer.
- De aanwezigheid van verkeersdrempels en andere obstakels.
- De vlakheid en soort verharding van de weg.

De IFCO-prognosegrafiek bevat diverse resultaten van trillingsmetingen aan gebouwen bij verkeer over een vlakke weg en verkeer over verkeersdrempels en plateau's. De grafiek betreft een gemiddelde van hoogst gemeten trillingen, waarin verschillende typen voertuigen, gebouwen en wegdektypen zijn verwerkt.

Er wordt uitgegaan van een gemiddeld verkeersbeeld en dat het verkeer niet harder rijdt dan 50 km/u (aannemelijke beperking ivm woonwijk, 30 km/u). Volgens opgave zal na de aanleg van een doorgaande weg aan het Sandrinapad gemiddeld 20 keer per dag vrachtverkeer door de straat rijden. In de gewijzigde situatie zal de verkeersintensiteit in de Van Lodensteinstraat toenemen.

Navolgend wordt op basis van de uitgevoerde trillingsmetingen en op basis van de IFCO-prognosegrafieken voor verkeer aangegeven welke maximum trillingen door verkeer worden verwacht op verschillende afstanden uit de weg.

7.2 Trillingsprognose verkeer.

De hoogst gemeten piektrillingen tijdens de verkeersproef zijn veroorzaakt door een relatief zware vuilniswagen in de meest ongunstige situatie. Volgens opgave zal in de gewijzigde situatie normaal verkeer en vrachtverkeer door de straat rijden. Ten behoeve van de prognose wordt derhalve gerekend met de gemiddeld hoogst gemeten trillingen en niet uitsluitend met de maximum piektrillingen.

SBR-richtlijn A (schade aan gebouwen)

In BIJLAGE VII is de prognosegrafiek voor verkeer gepresenteerd met betrekking tot SBR-A. Hierin is middels een blauwe lijn de standaard IFCO-prognoselijijn voor verkeer aangegeven. In de grafiek is vervolgens het gemiddelde van de gemeten hoogste trillingen als punten weergegeven. Op basis van deze meetpunten is de standaard prognoselijijn geschaald naar een prognoselijijn voor de gewijzigde situatie (rode streep-stippelijijn). Hierbij zijn de gemeten trillingen aan de Van Lodensteinstraat als meest maatgevend beschouwd.

Op basis van de prognosegrafiek worden in tabel 7-1 voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-A, uitgaande van een indicatieve meting.

TABEL 7-1 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad en Van Lodensteinstraat		
Afstand tot weg	$v_{top,i}$	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]
1,0 m	2,8 mm/s	nee
2,0 m	2,3 mm/s	nee
4,0 m	1,9 mm/s	ja
6,0 m	1,6 mm/s	ja
8,0 m	1,5 mm/s	ja
10,0 m	1,4 mm/s	ja
15,0 m	1,2 mm/s	ja
20,0 m	1,1 mm/s	ja

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad en de Van Lodensteinstraat voldoen aan SBR-A, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 4,0 m uit de weg zijn gelegen.

De uiteindelijke trillingen die optreden zullen mede afhangen van het wel of niet aanwezig zijn van drempels en de snelheid van het (vracht)verkeer. De prognose is enigszins conservatief opgesteld, waarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid van drempels.

SBR-richtlijn B (hinder voor personen)

In BIJLAGE VIII is de prognosegrafiek voor verkeer gepresenteerd met betrekking tot SBR-B. In de grafiek is het gemiddelde van de gemeten hoogste trillingen ($v_{eff,max}$) als punten weergegeven. Op basis van deze meetpunten is een prognoselijn voor de gewijzigde situatie (groene streep-stippellijn) gemaakt. Hierbij is de helling van de standaard IFCO-prognoselijn als basis aangehouden.

Op basis van de prognosegrafiek worden in tabel 7-2 voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen ($v_{eff,max}$) vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-B.

TABEL 7-2 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad en Van Lodensteinstraat		
Afstand tot weg	$v_{eff,max}$	Voldoet aan SBR-B $A2 < 0,8$
1,0 m	1,4	nee
2,0 m	1,1	nee
4,0 m	0,9	nee
6,0 m	0,8	ja
8,0 m	0,7	ja
10,0 m	0,7	ja
15,0 m	0,6	ja
20,0 m	0,5	ja

Toetsing aan SBR-B is gedaan op basis van de waarde A2. In de praktijk is namelijk gebleken dat de waarde A1 vrijwel nooit maatgevend is en A3 (v_{per}) veelal voldoet als A2 ook voldoet.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad en de Van Lodensteinstraat voldoen aan SBR-B, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 6,0 m uit de weg zijn gelegen.

Het middels een prognose voorspellen van trillingshinder is zeer lastig, omdat dit mede afhangt van waar in de woning men de meeste trillingshinder ervaart en dit dus op verschillende plaatsen in de woning kan zijn. De prognose voor SBR-B moet daarom worden gezien als een zo goed mogelijke indicatie van de te verwachten trillingshinder.

De uiteindelijke trillingen die optreden zullen mede afhangen van het wel of niet aanwezig zijn van drempels en de snelheid van het (vracht)verkeer. De prognose is enigszins conservatief opgesteld, waarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid van drempels.

8 Samenvatting en conclusies.

Voor het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer heeft IFCO middels het uitvoeren van trillingsmetingen onderzoek gedaan naar de trillingen die worden veroorzaakt door verkeer over de Van Lodensteinstraat en nabij het Sandrinapad. Aan de hand van de resultaten van de trillingsmetingen en door het opstellen van een trillingsprognose wordt een inschatting gegeven van de trillingen die worden veroorzaakt in de gewijzigde verkeerssituatie, waarbij het Sandrinapad een doorgaande weg wordt en de verkeersintensiteit in de Van Lodensteinstraat toeneemt.

De trillingsmetingen zijn tevens bedoeld om te bepalen of de huidige trillingen, bij inzet van een vrachtwagen, voldoen aan SBR-richtlijn A (schade aan gebouwen) en SBR-richtlijn B (hinder voor personen).

De metingen zijn uitgevoerd op de volgende locaties:

- Sandrinapad 1
- Van Lodensteinstraat 21 (nabij verkeersplateau)
- Van Lodensteinstraat 26 (nabij verkeersplateau)

Tijdens de meetproef op 1 december 2020 is met een relatief zware vuilniswagen een aantal keer en met verschillende snelheden door de Van Lodensteinstraat en over het verkeersplateau gereden om zo de praktisch meest ongunstige situatie te creëren.

Op één na zijn alle gemeten trillingen tijdens de meetproef kleiner dan SBR-richtlijn A toelaatbaar acht voor een gebouw in categorie 2 [normaal] en een indicatieve meting. Bij uitvoering van een uitgebreide meting zouden alle trillingen voldoen aan de richtlijn.

Het merendeel van de gemeten trillingen tijdens de meetproef is kleiner dan de streefwaarden uit SBR-richtlijn B. De gemeten trillingen zijn echter wel goed voelbaar.

De hoogste trillingen zijn gemeten bij het passeren van de vuilniswagen over het verkeersplateau zonder snelheid te minderen. De verwachting is dat dit normaal gesproken in de praktijk niet of nauwelijks voorkomt.

Op basis van het trillingsonderzoek is de verwachting dat in de gewijzigde verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad en de Van Lodensteinstraat voldoen aan SBR-richtlijn A, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 4,0 m uit de weg zijn gelegen. In dat geval wordt de kans op trillingsschade aanvaardbaar klein geacht (< 1 %).

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat in de gewijzigde verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad en de Van Lodensteinstraat voldoen aan SBR-richtlijn B, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 6,0 m uit de weg zijn gelegen.

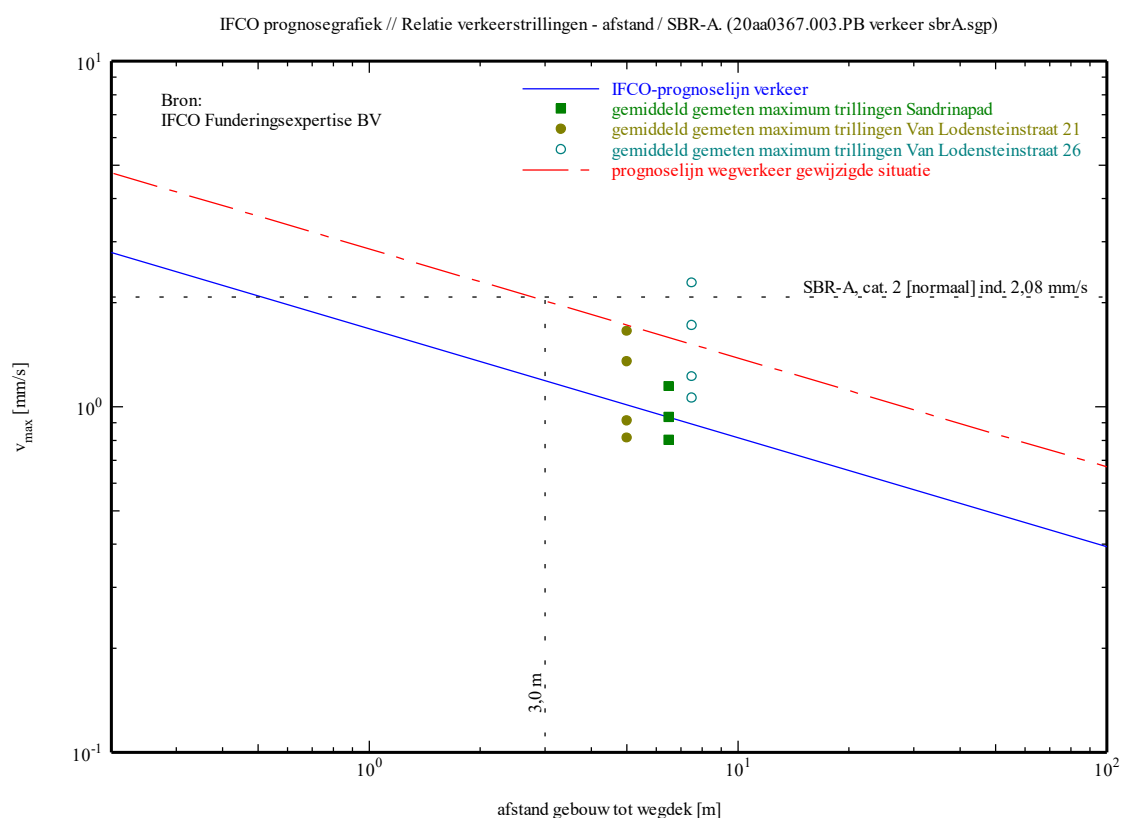
Afhankelijk van de uiteindelijke wegconstructie in de gewijzigde situatie dient rekening te worden gehouden met sporadisch een (lichte) overschrijding van de richtlijnen. Dit zal met name afhangen van het feit of en waar eventueel een verkeersplateau en/of drempels worden geplaatst.

9 **Bijlagen.**

- I: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 1
- II: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 2
- III: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 3
- IV: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 4
- V: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 5
- VI: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 6
- VII: Prognosegrafiek verkeer SBR-A (onderaan rapport)
- VIII: Prognosegrafiek verkeer SBR-B (onderaan rapport)

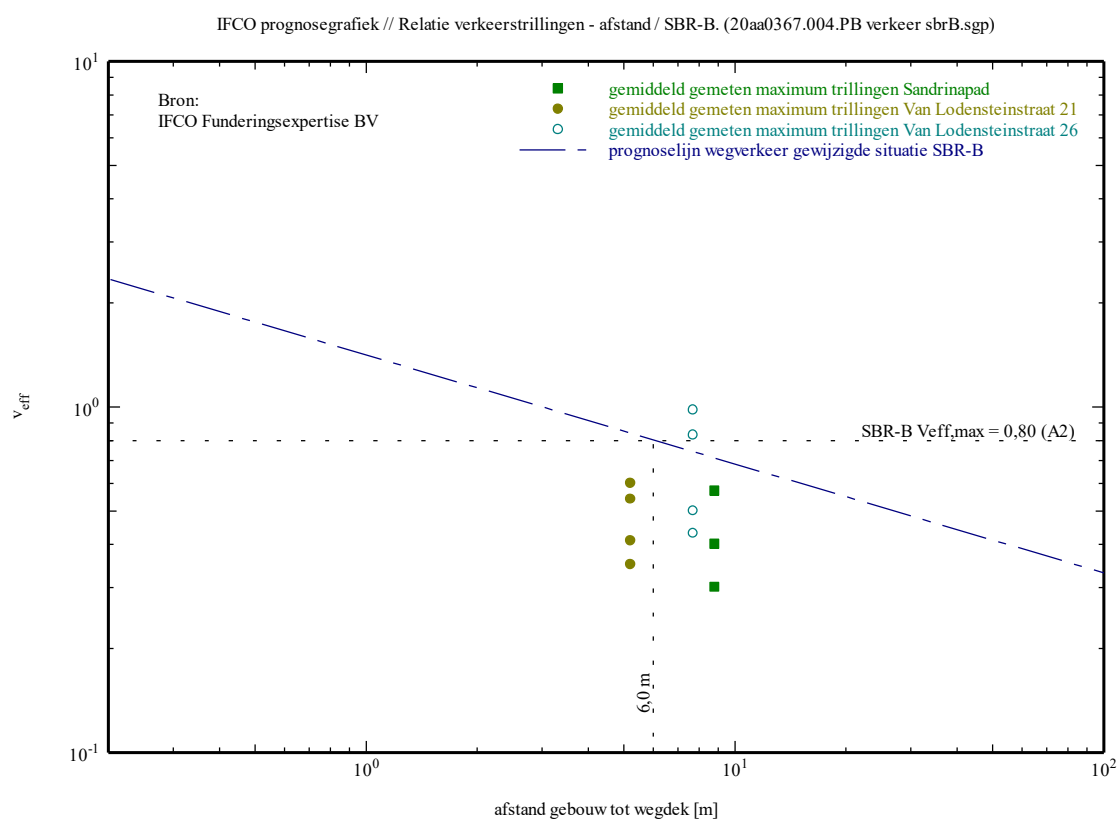
BIJLAGE VII

Prognosegrafiek verkeer SBR-A

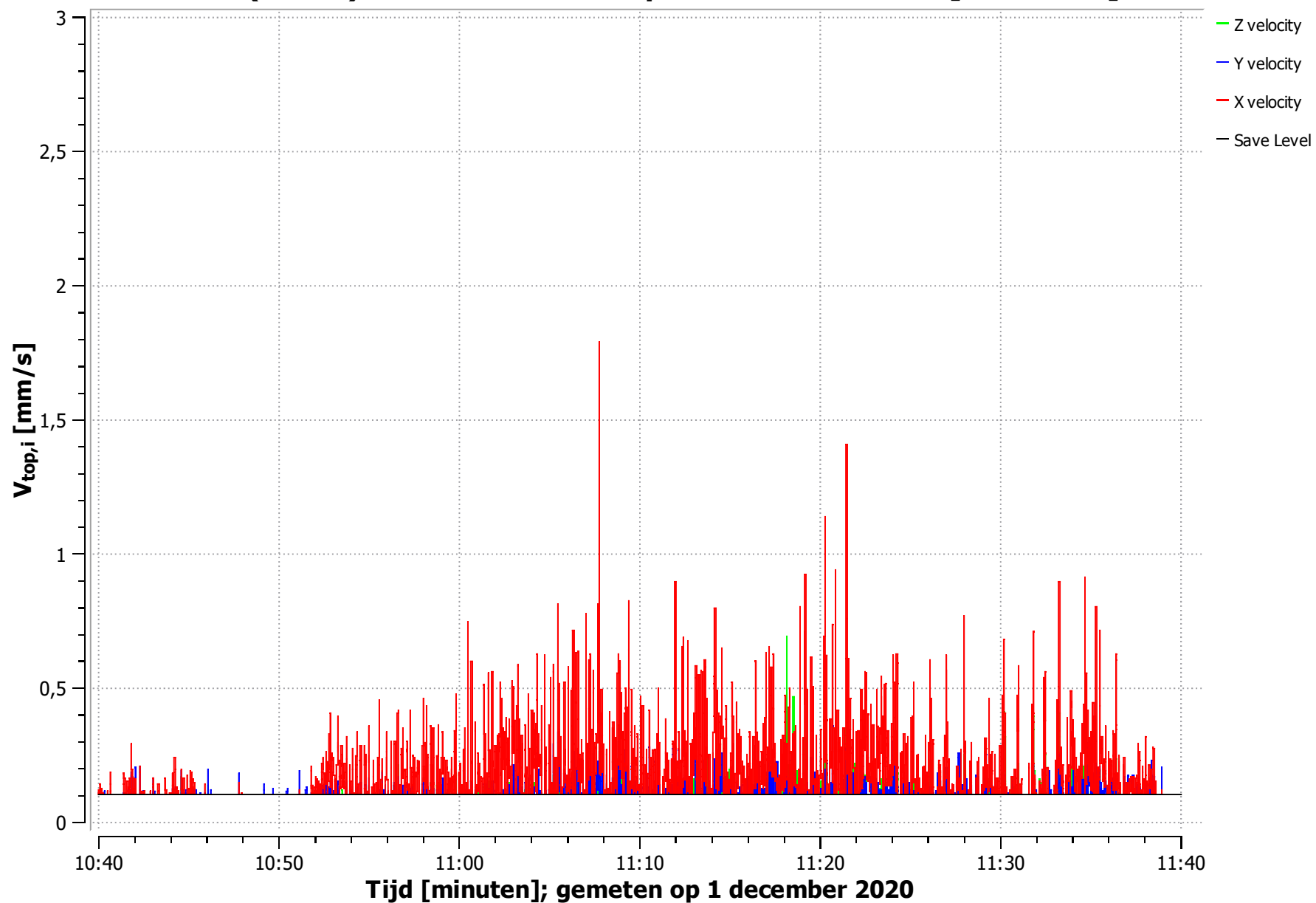


BIJLAGE VIII

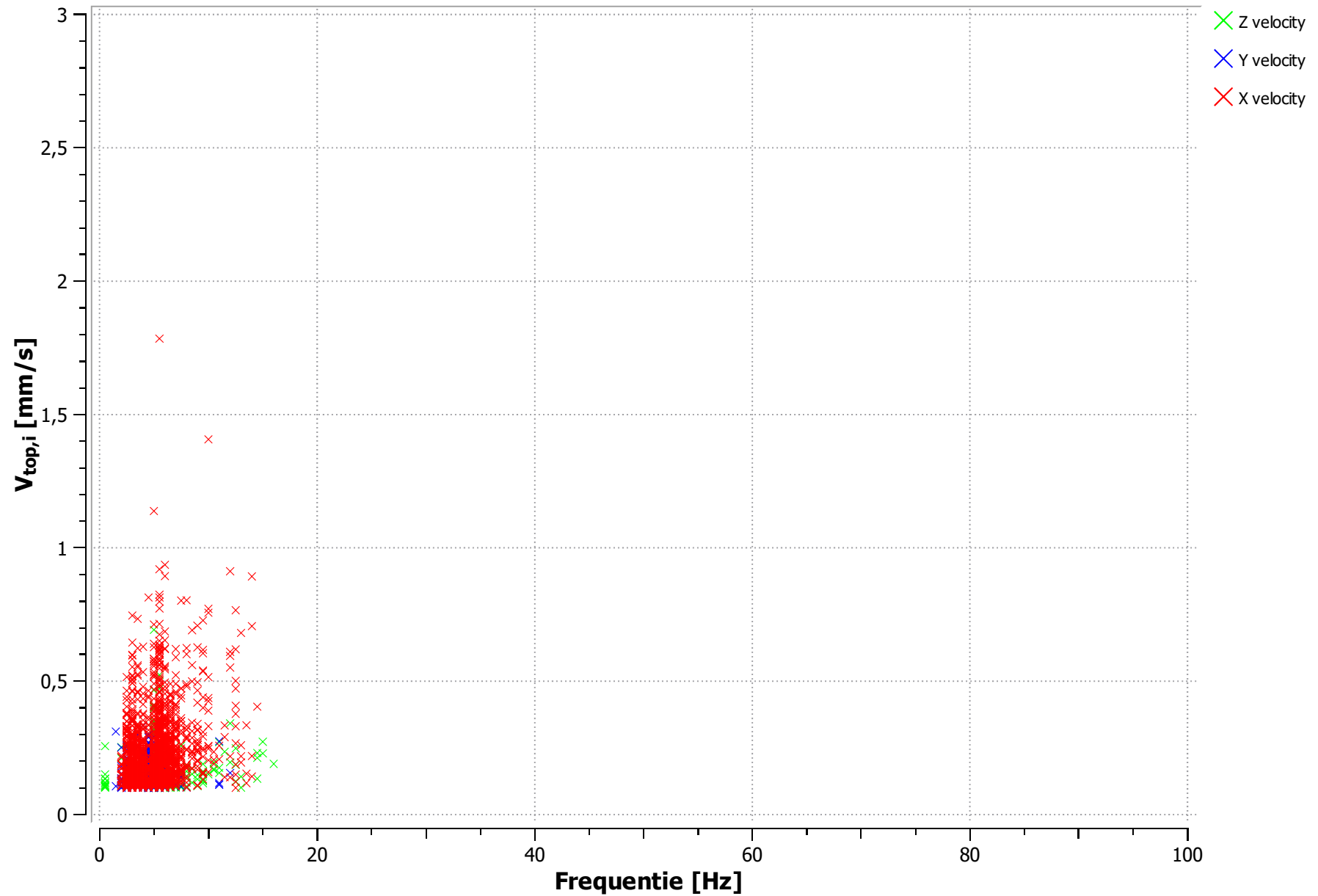
Prognosegrafiek verkeer SBR-B



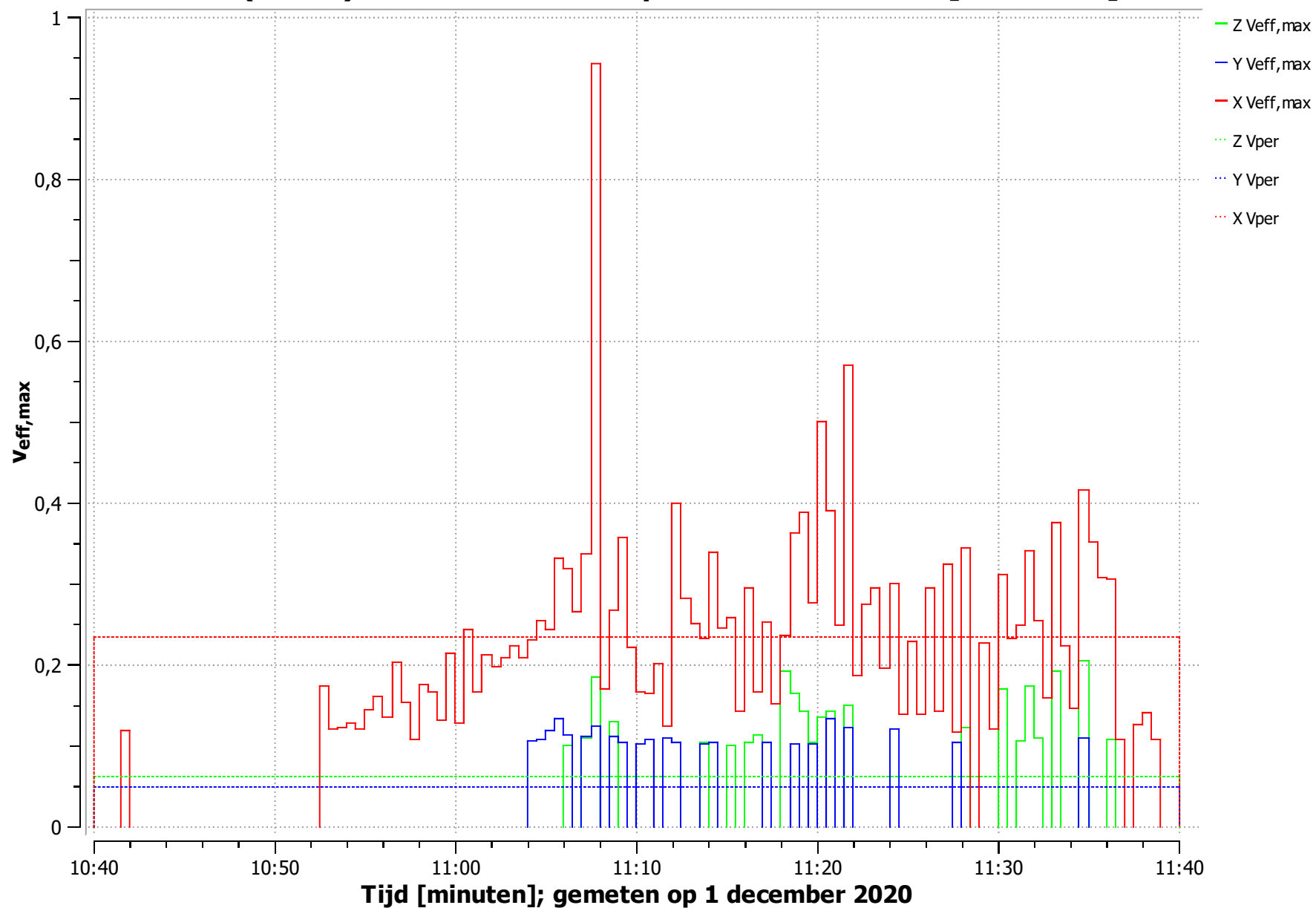
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



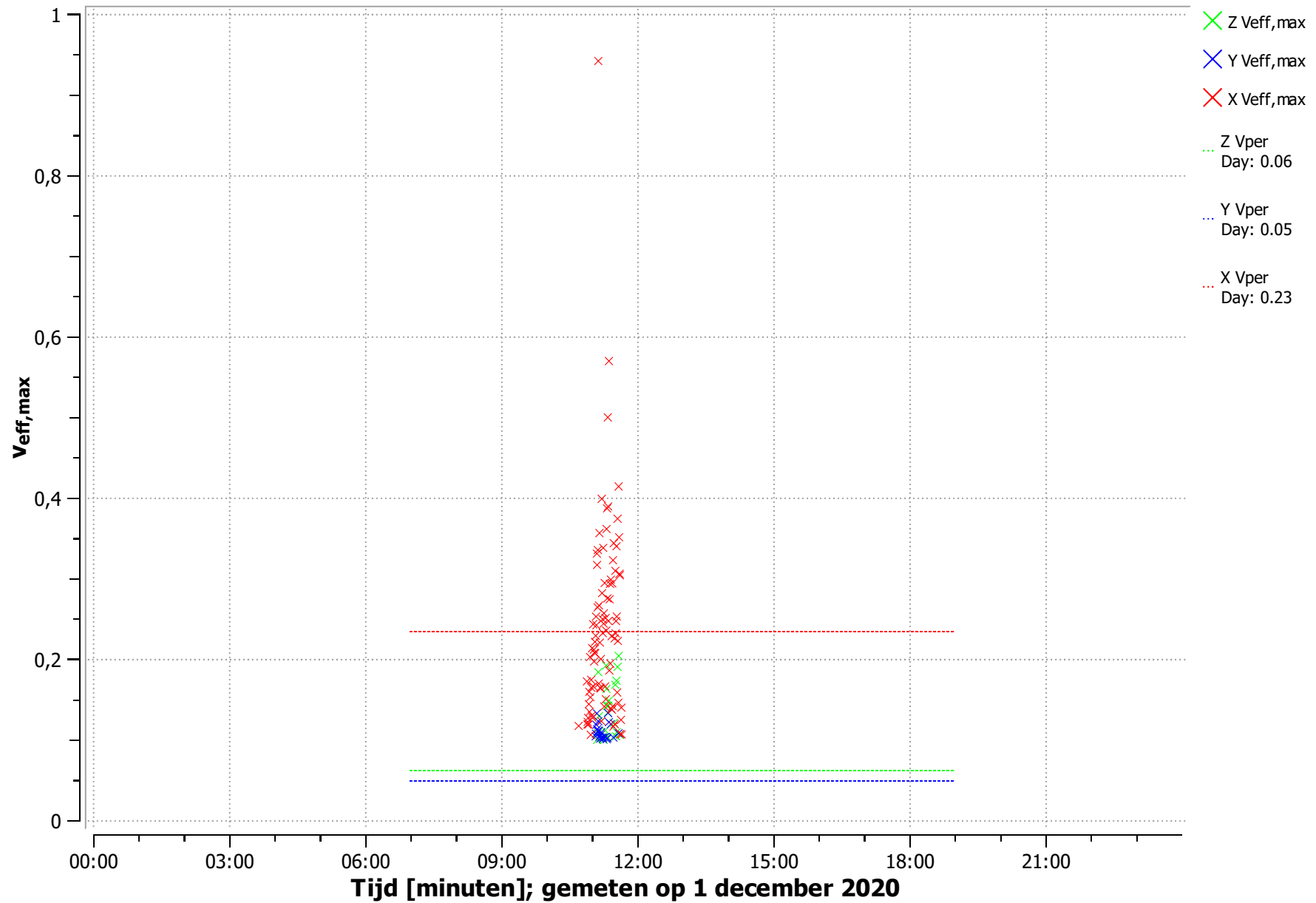
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



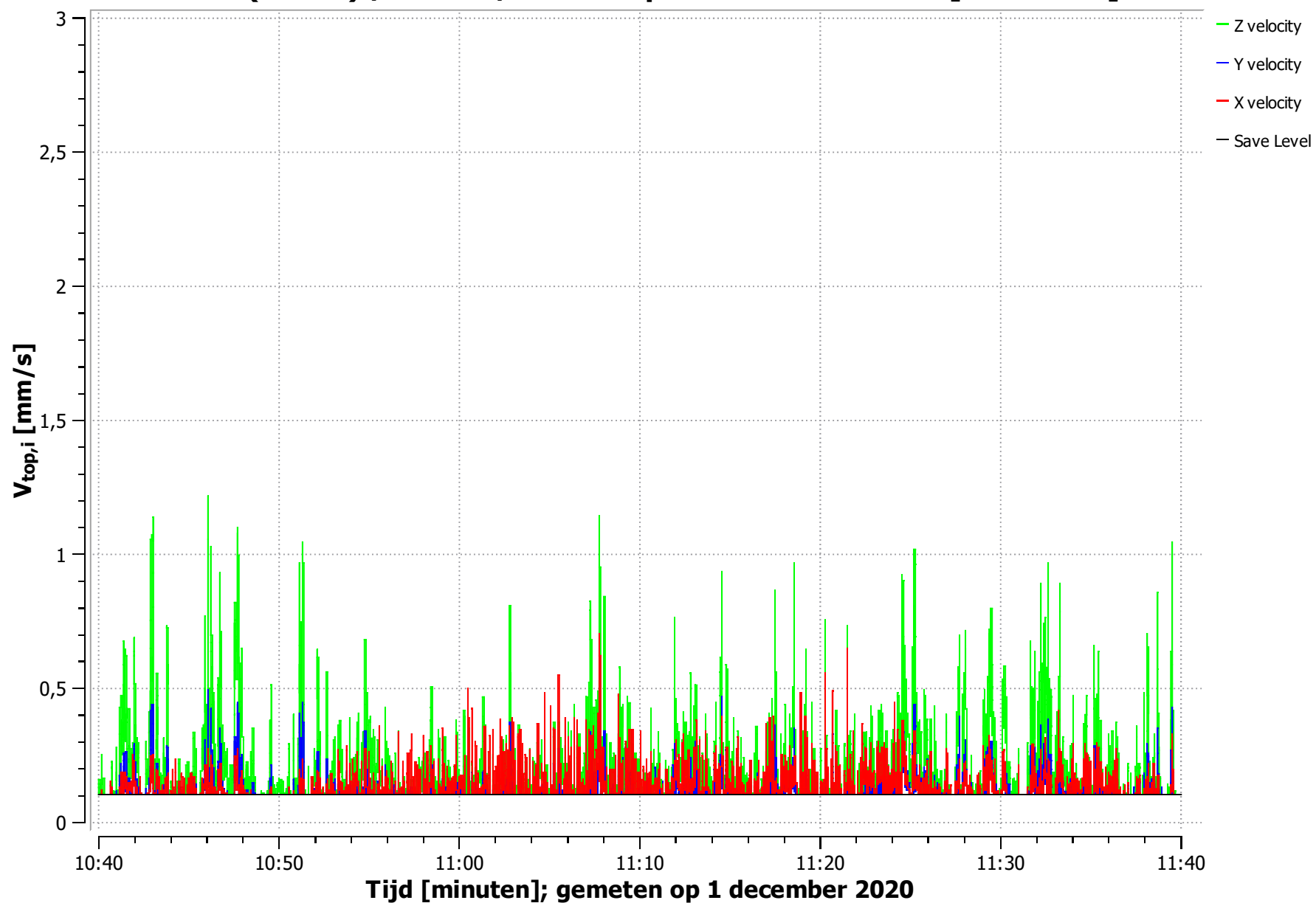
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



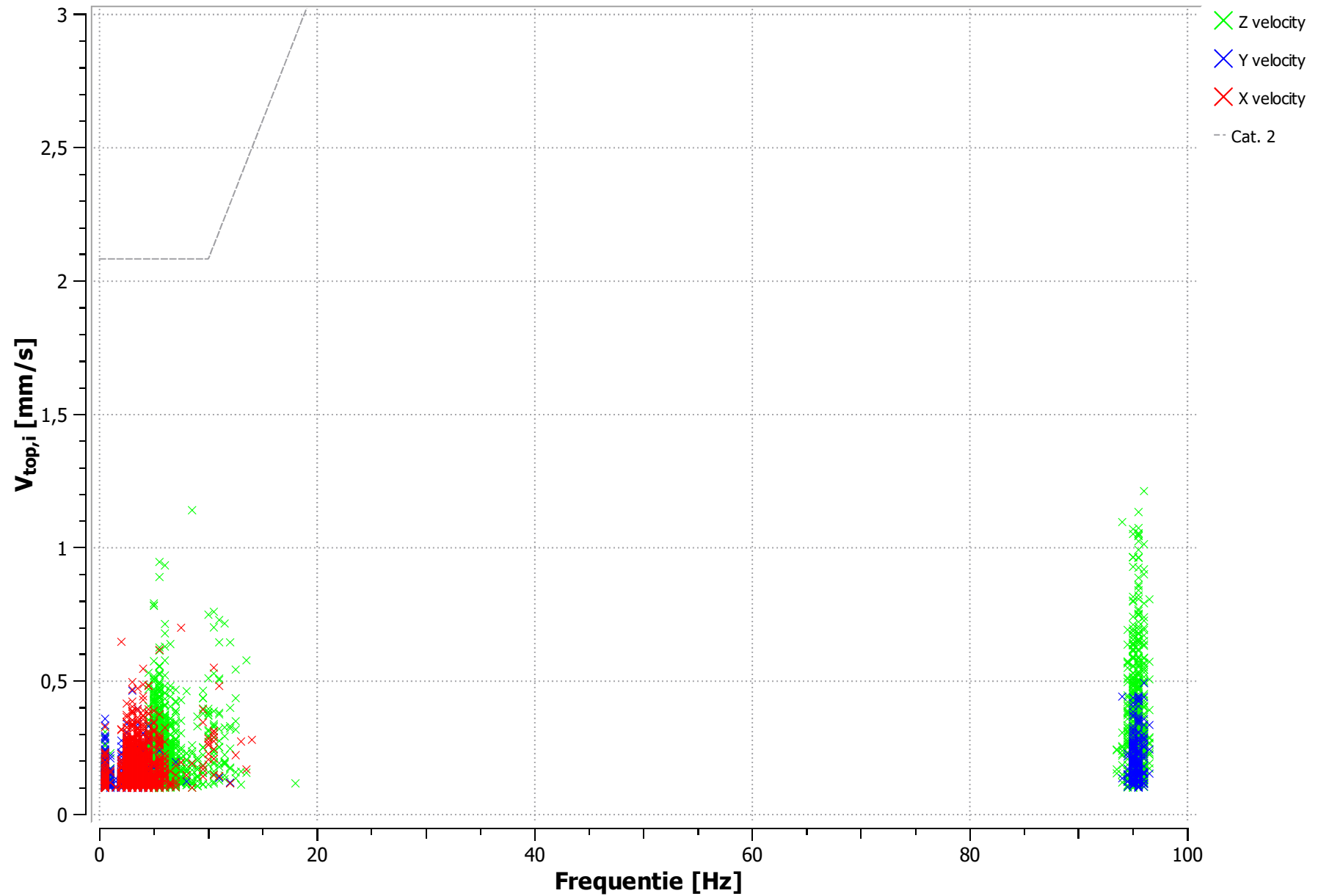
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



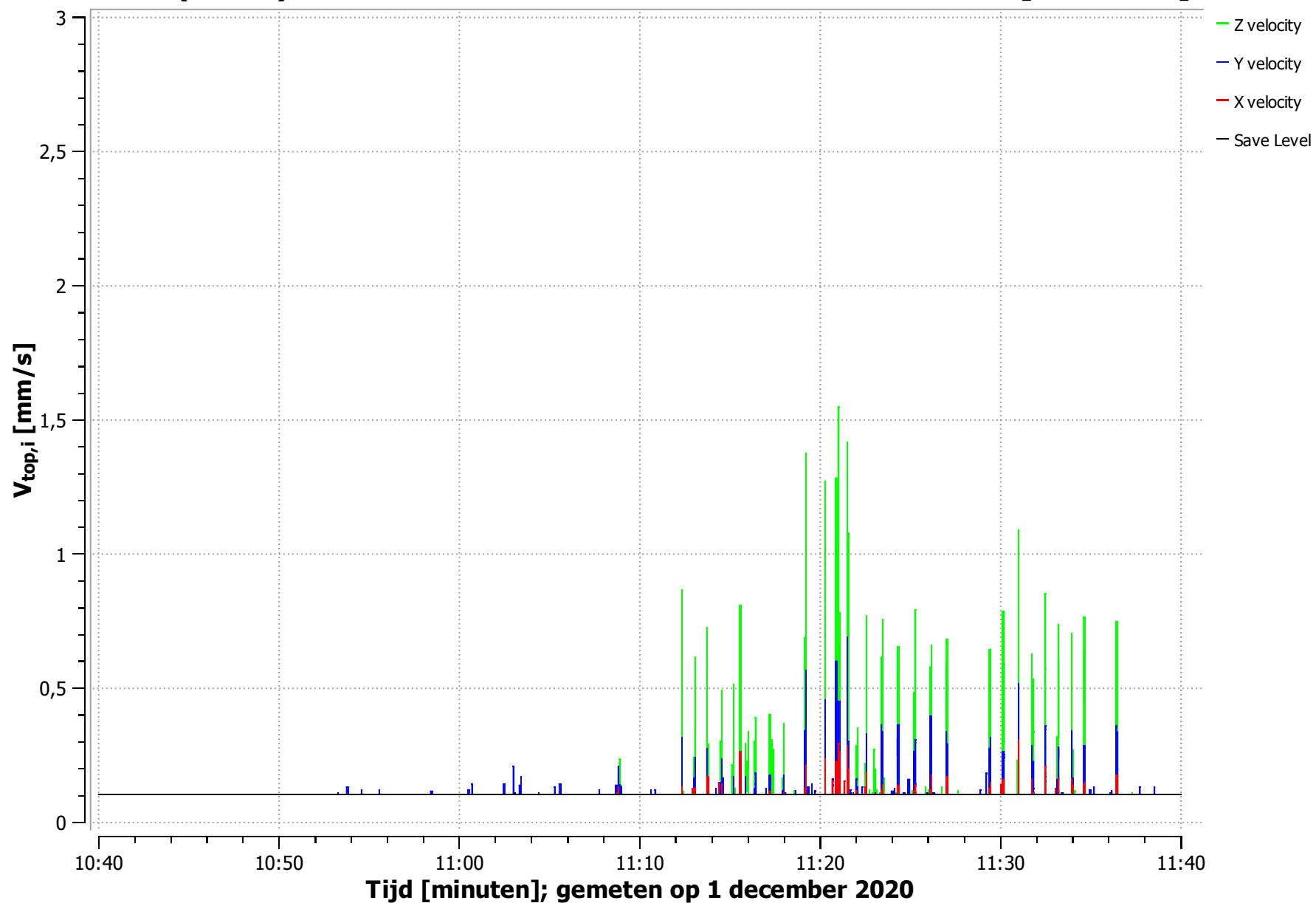
MP2 (SBR-A) / VB006 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



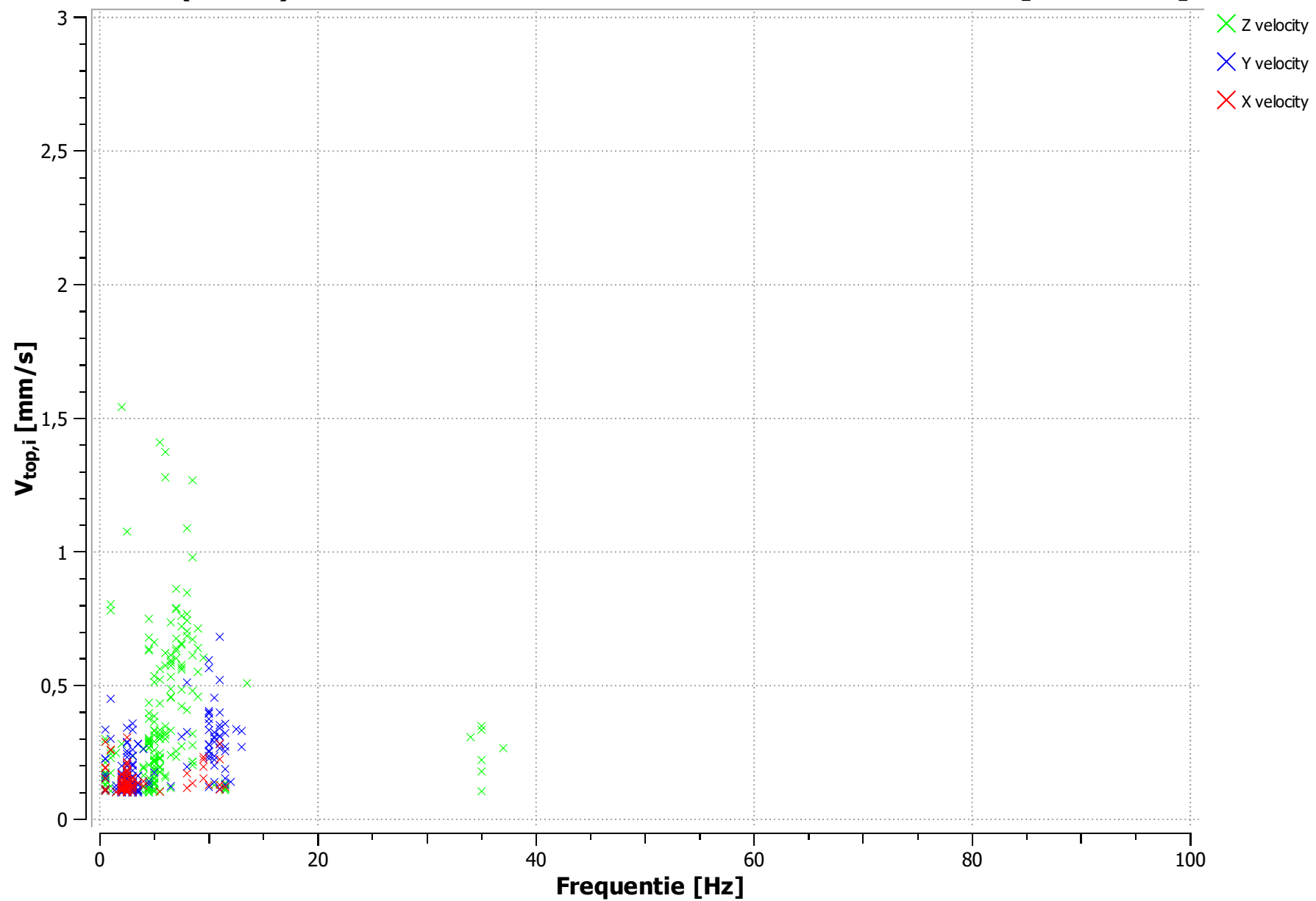
MP2 (SBR-A) / VB006 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



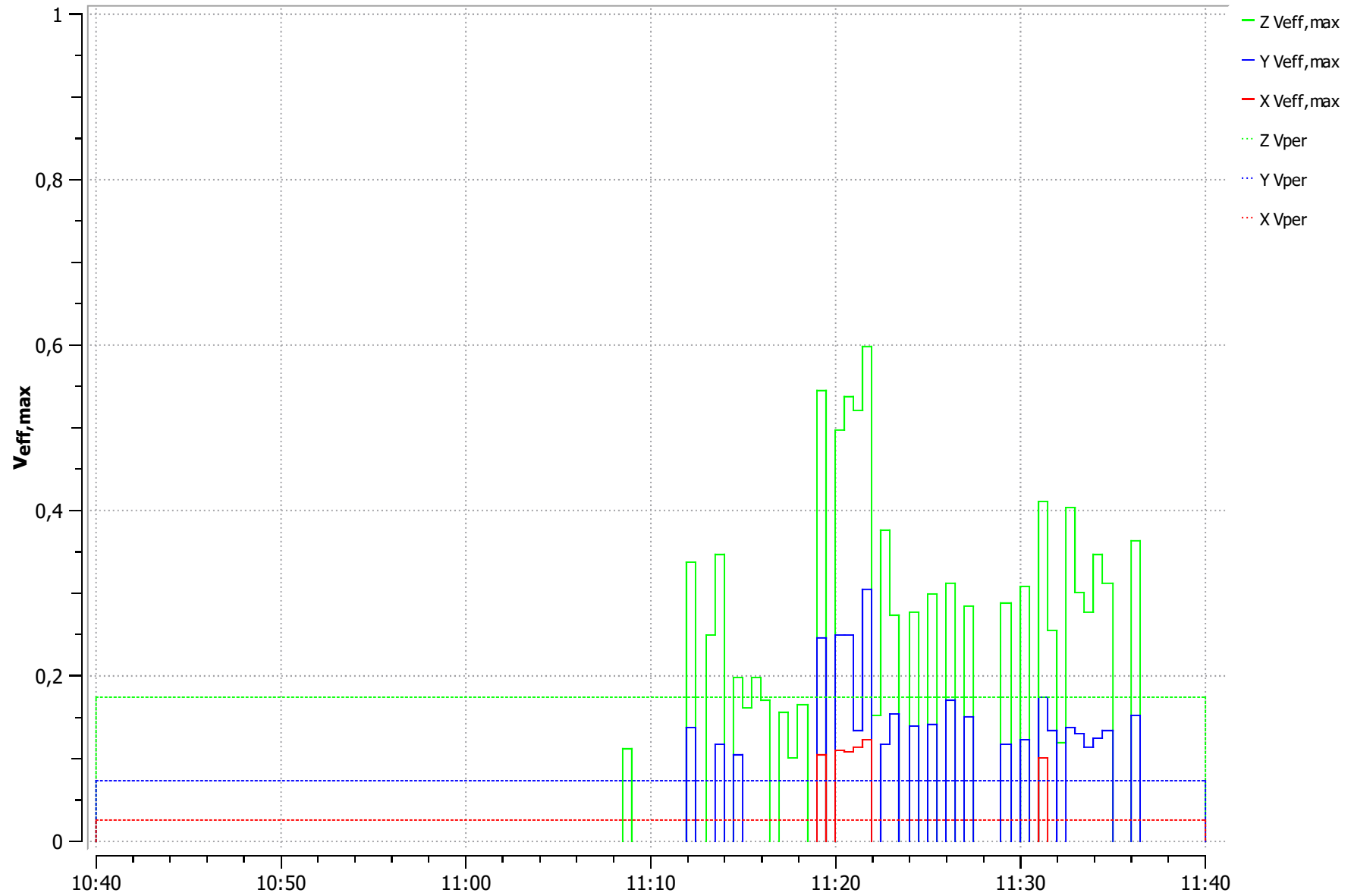
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]

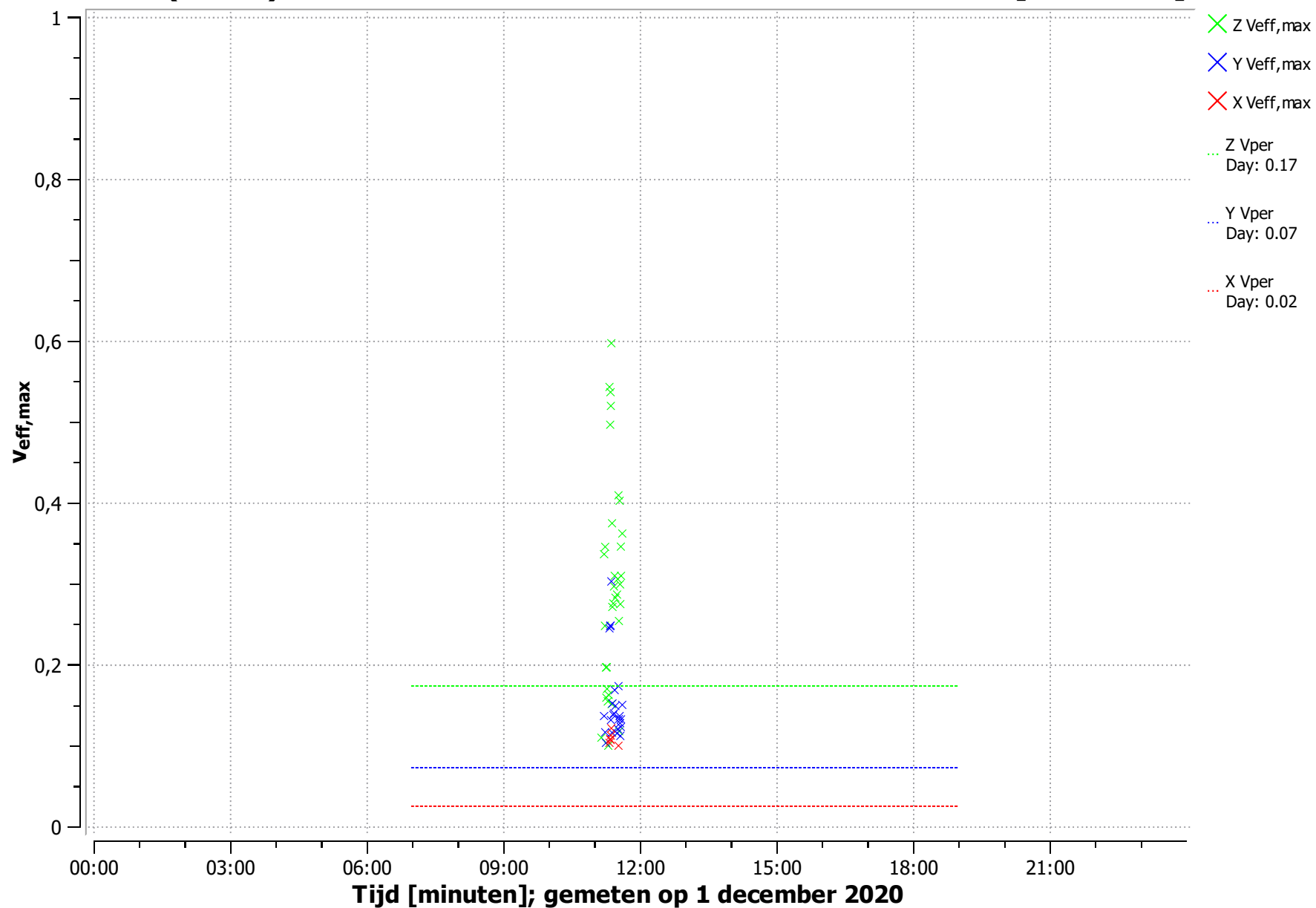


MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]

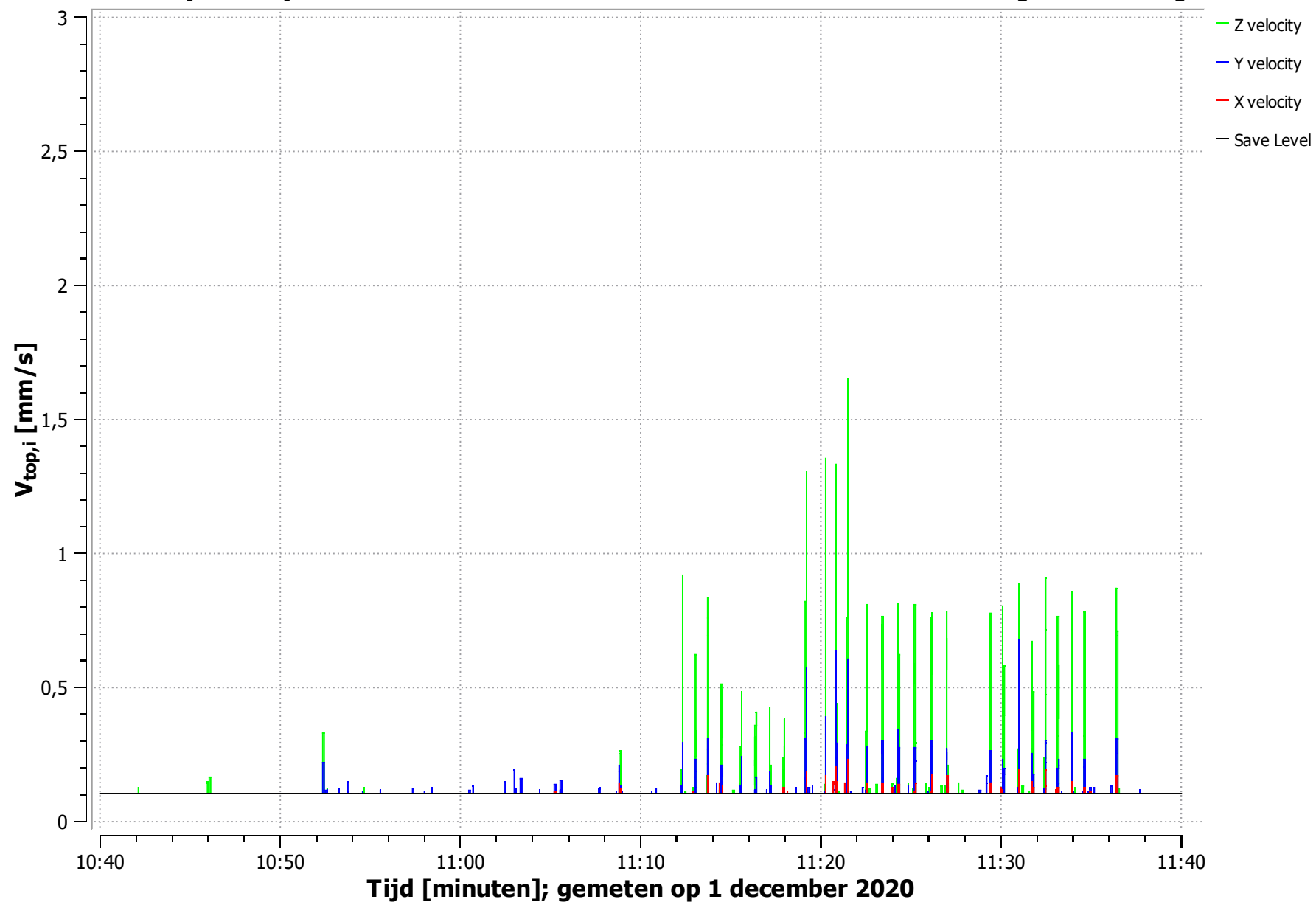


Tijd [minuten]; gemeten op 1 december 2020

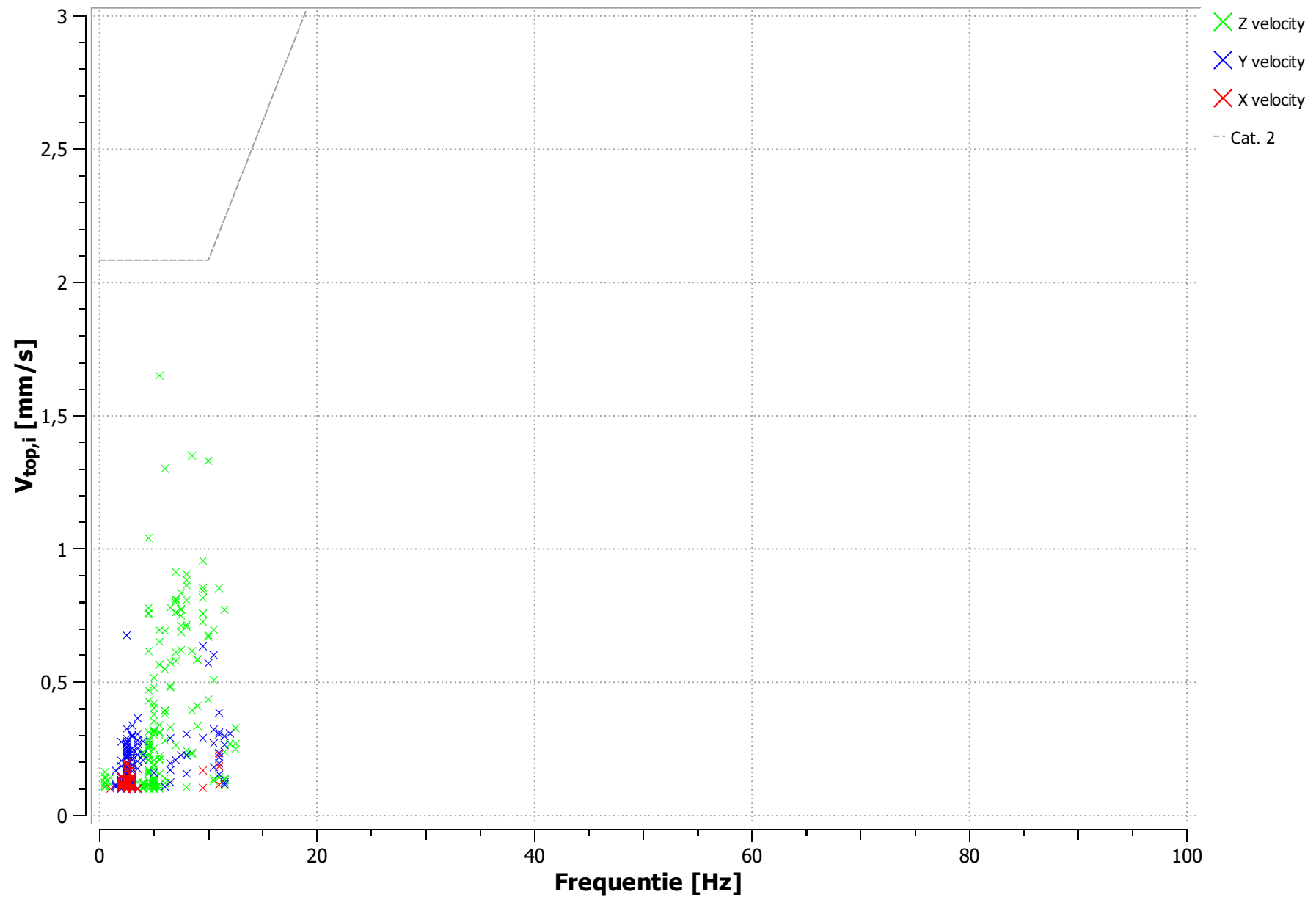
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



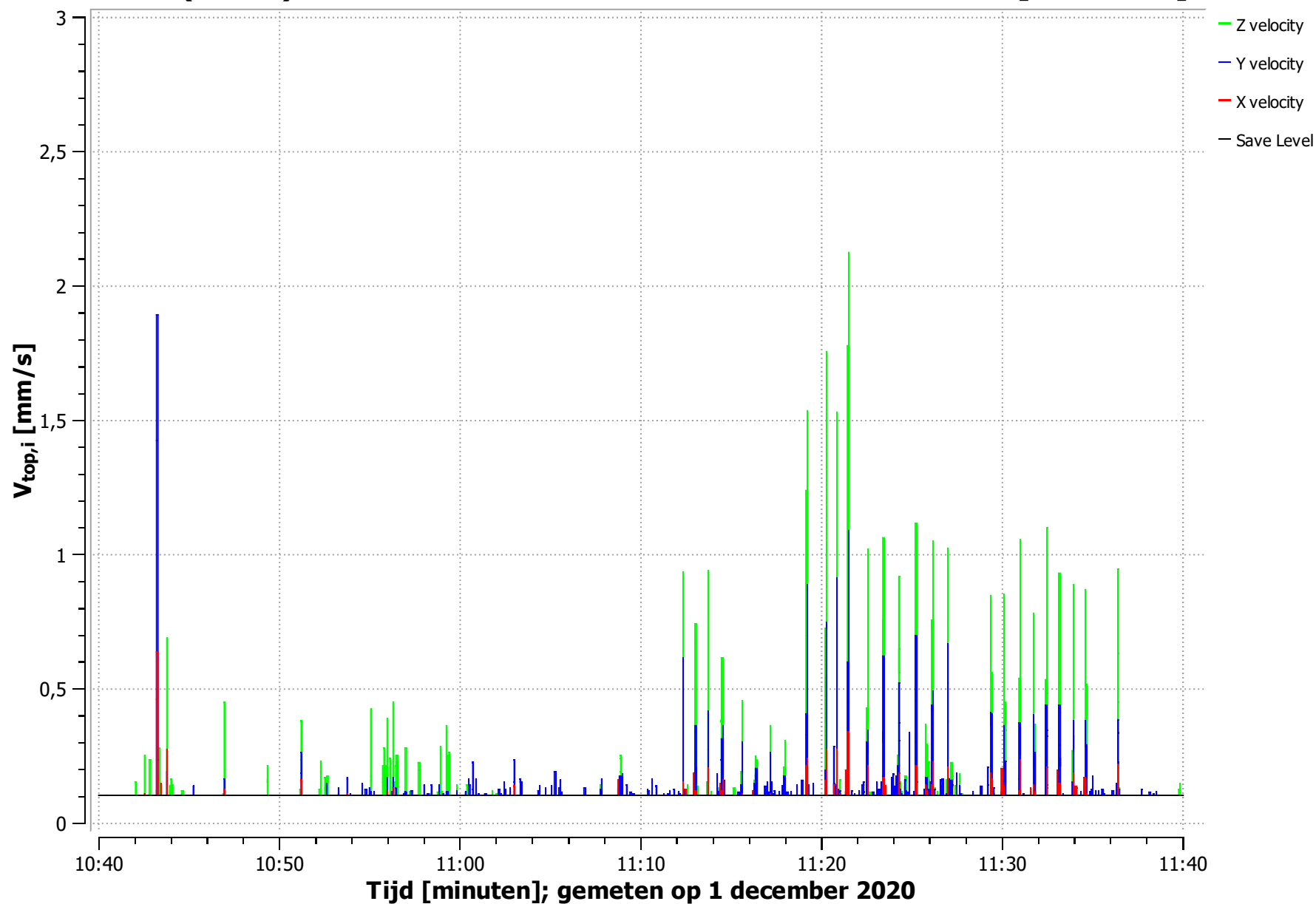
MP4 (SBR-A) / VB010 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



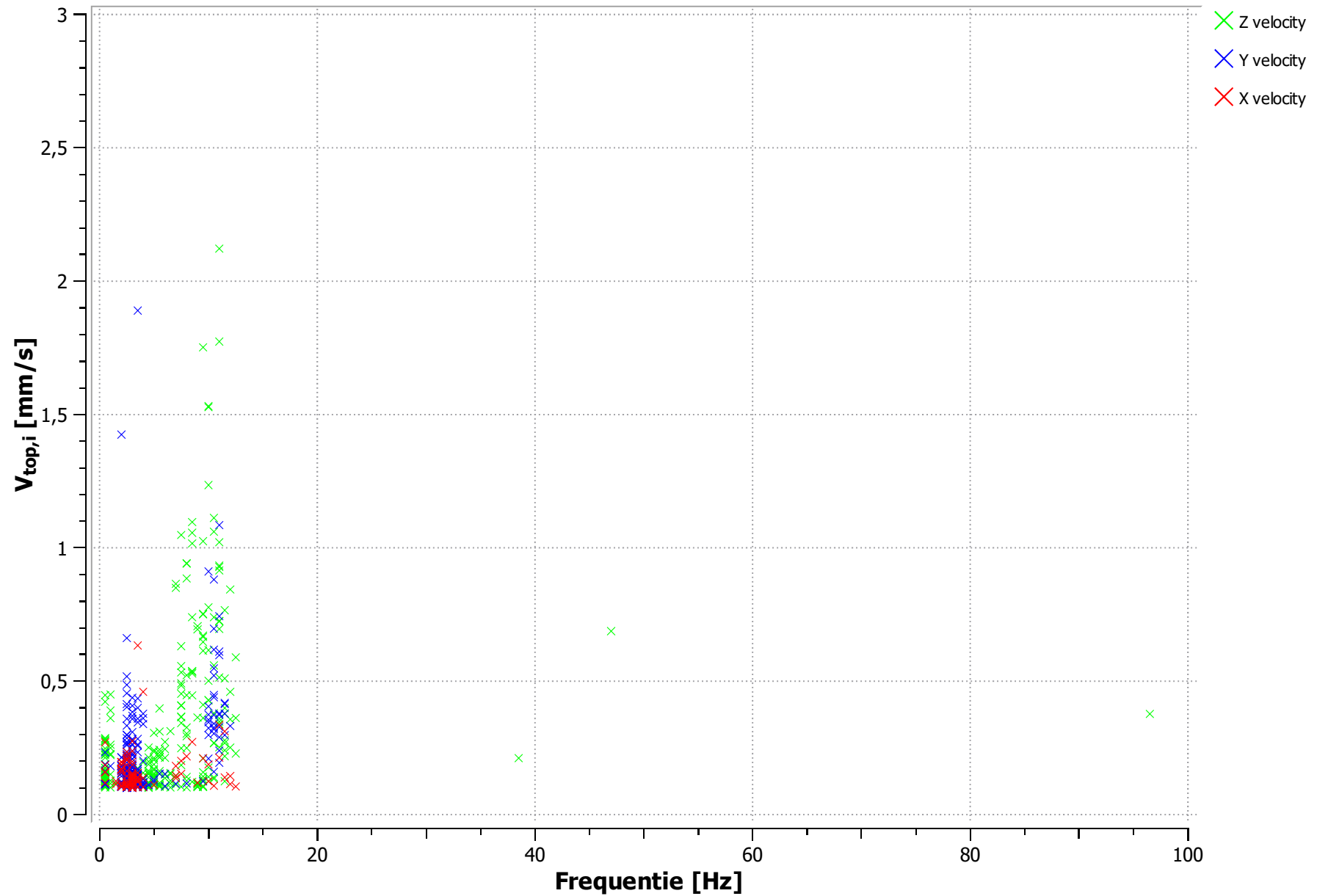
MP4 (SBR-A) / VB010 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



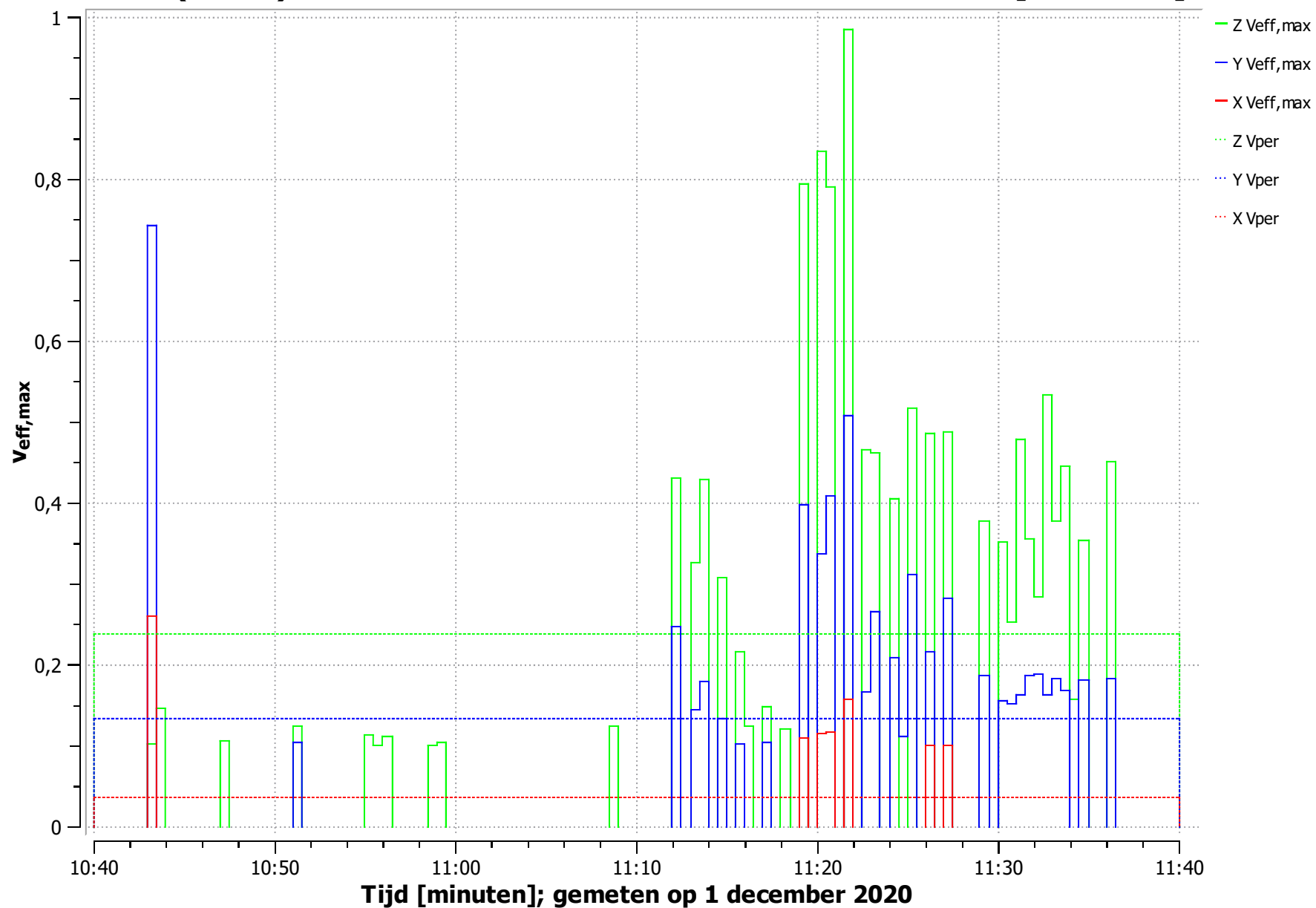
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



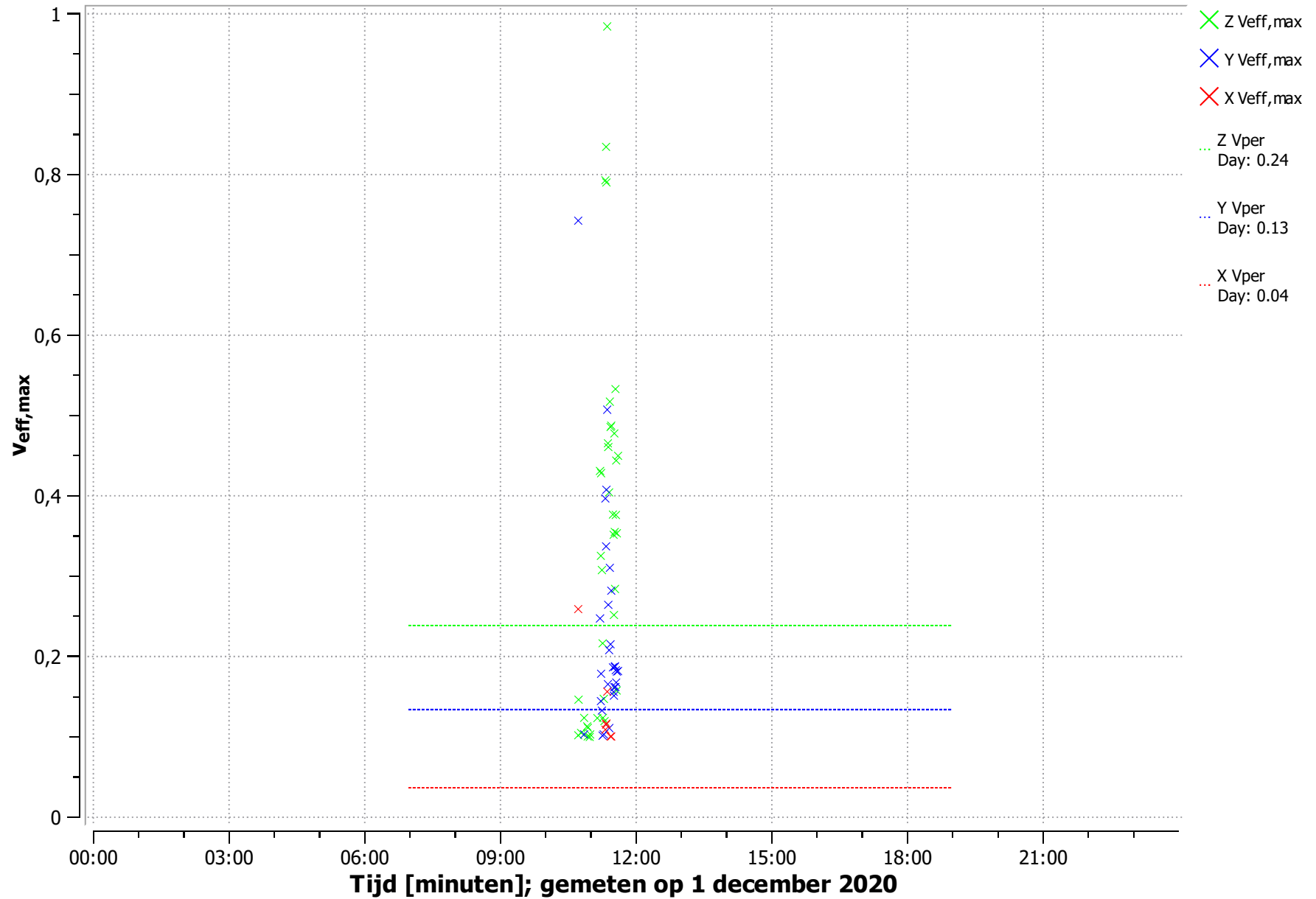
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



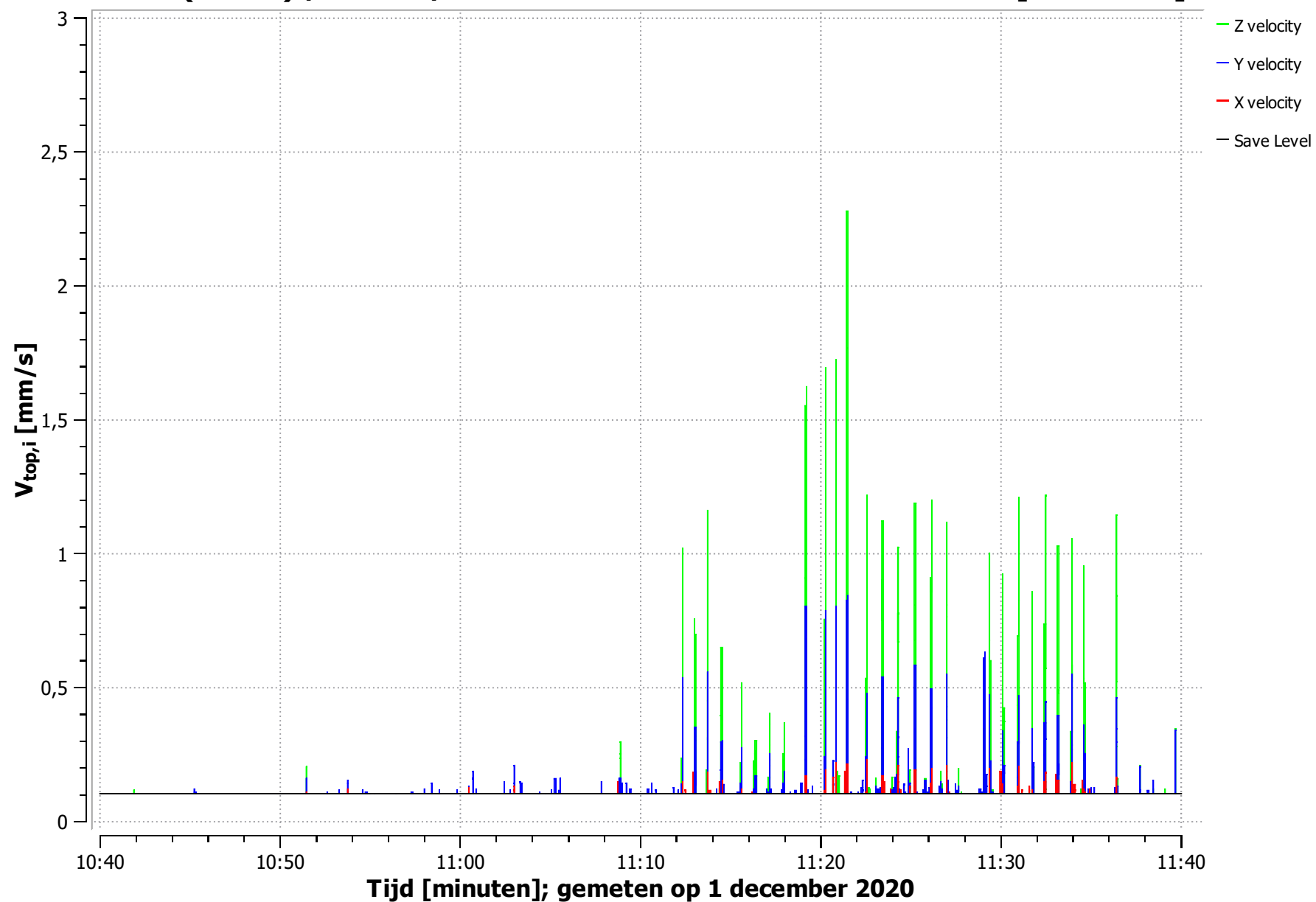
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



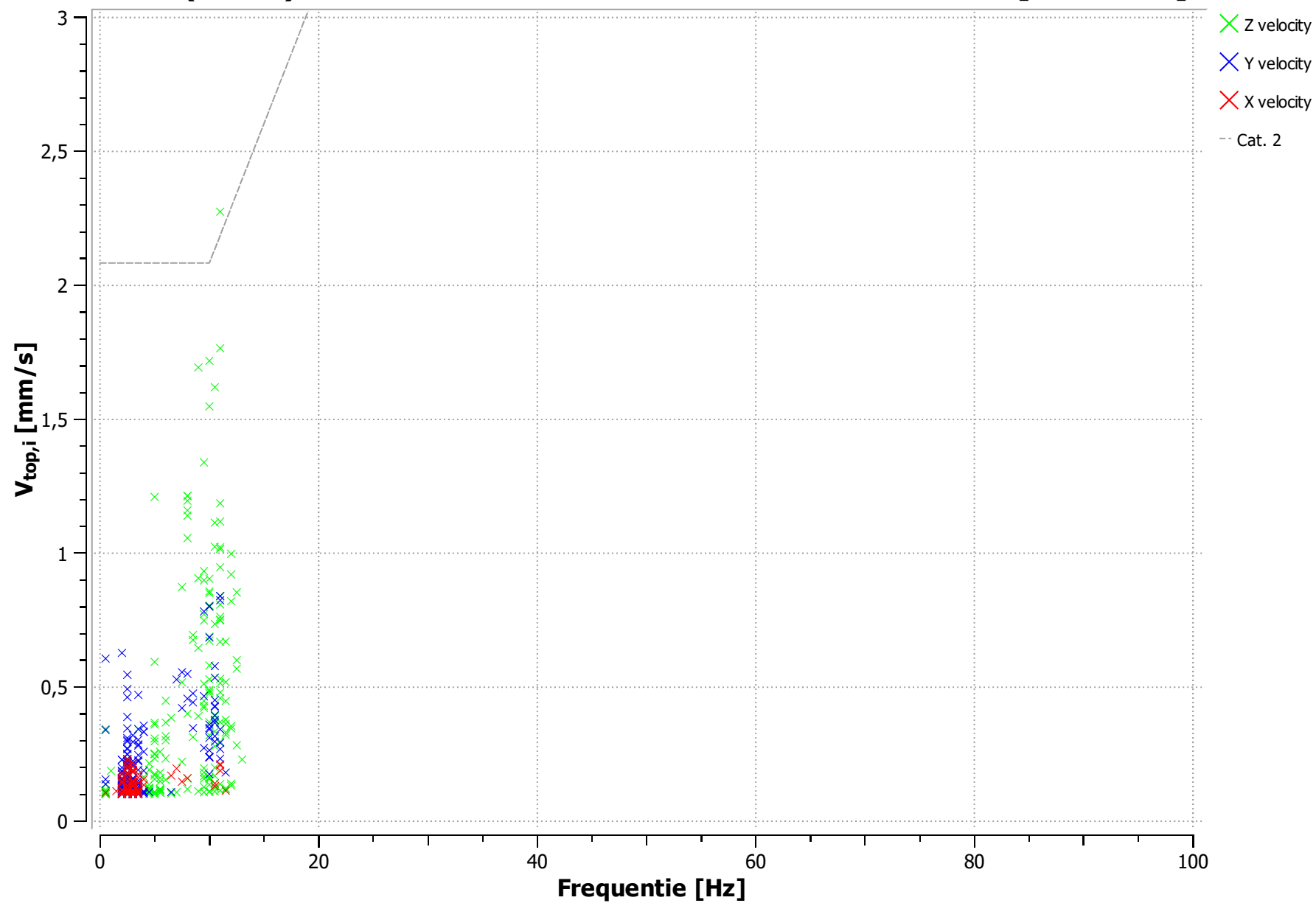
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



MP6 (SBR-A) / VB009 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



MP6 (SBR-A) / VB009 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]





IFCO Funderingexpertise BV

**Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl**

TRILLINGSPROGNOSE HEIEN PREFAB BETONPALEN						
PROJECT: PALENSTEIN VLEK G TE ZOETERMEER						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
0	Concept	16-12-2020	Ir. J. Veselka	JV	P.A.M. Baarendse	

**Opdrachtgever: Gemeente Zoetermeer
T.a.v. dhr. R. Pronk
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer**

Referentie : R20AA0367.001.JV_trillingsprognose.docx

INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.	2
2	BESCHIKBAAR GESTELDE INFORMATIE.	2
3	UIT TE VOEREN HEIWERK.	2
4	PROJECTLOCATIE EN BELENDINGEN.	4
5	BEOORDELING TRILLINGSHINDER.	5
6	TRILLINGSSCHADE.	8
7	PROGNOSE TRILLINGEN DOOR HEIEN PALEN.	9
7.1	ALGEMEEN.	9
7.2	UITGANGSPUNTEN.	9
7.3	BODEMOPBOUW.	10
7.4	RELATIE BODEMOPBOUW - TRILLINGEN.	10
7.5	PROGNOSE TRILLINGEN BIJ HEIEN PREFAB BETONPALEN 290x290 MM.	11
7.6	PROGNOSE TRILLINGEN BIJ HEIEN PREFAB BETONPALEN 350x350 MM.	12
8	PROGNOSE ZETTINGEN.	13
9	SAMENVATTING EN CONCLUSIES.	14
10	TRILLINGSMETINGEN.	15
	BIJLAGEN.....	16

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van de Gemeente Zoetermeer om ten behoeve van het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer een prognose te geven van de trillingen, welke worden veroorzaakt door het heien van prefab betonpalen.

Het doel van de trillingsprognose is om aan te geven vanaf welke afstand tussen het heiwerk en nabijgelegen belendingen de trillingen naar verwachting voldoen aan SBR-richtlijn A, waardoor de kans op het ontstaan van trillingsschade klein is.

In de prognose wordt het volgende behandeld:

- *Aangeven wat de minimale afstand moet zijn tussen de in te heien palen en de belendingen, waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van uitvoering van een indicatieve en uitgebreide trillingsmeting. Tevens worden waar mogelijk voor maatgevende afstanden uit het heiwerk de maximum te verwachten trillingen vermeld en getoetst aan SBR-richtlijn A.*
- *Berekening van de bodem/maaiveldzakking ten gevolge van verdichting van losgepakt zand door het heien van palen.*

Navolgend wordt de trillingsprognose uitgebracht.

2 Beschikbaar gestelde informatie.

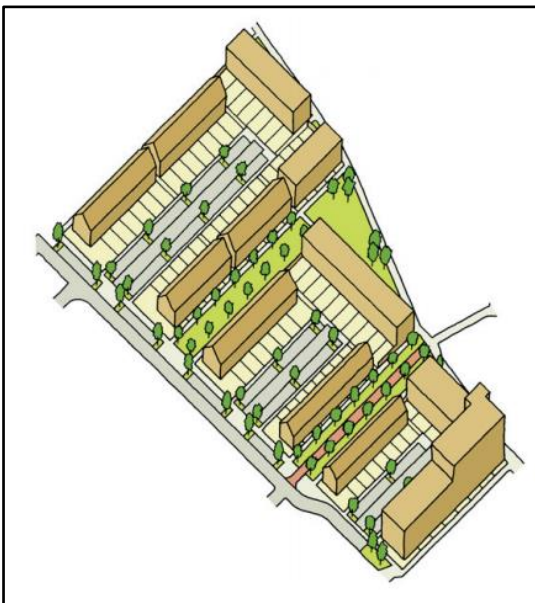
Ten behoeve van de trillingsprognose zijn aan IFCO de volgende gegevens beschikbaar gesteld:

- [1] Document Tekening “Bijlage 4 Palenstein IP VO vlek G tekening (20200611)”, Gemeente Zoetermeer, d.d. 11-06-2020;
- [2] Document Sonderingen 243-07 en 243-09, Fugro, d.d. 09-09-1963;
- [3] Document “Massastudie deelgebied G” Wijkvisie Palenstein juli 2012;
- [4] Document “RE_ 20AA0367 Heistaat Belendingen Palenstein vlek G”, rond 1967;
- [5] Documenten “Bouwtekeningen woningen BWT archief”, diverse, rond 1967.

3 Uit te voeren heiwerk.

Op dit moment is nog geen palenplan beschikbaar voor het uit te voeren heiwerk. De diameter en voetdiepte van de te heien palen zijn derhalve niet bekend. Uit de tekening van de 'massastudie deelgebied G' blijkt dat laagbouw (rijwoningen) en hoogbouw (appartementen) geplant wordt.

Ten behoeve van de prognose wordt uitgegaan van het heien van prefab betonpalen 290x290 mm, voor de rijwoningen met 2 tot 3 bouwlagen. Voor de gebouwen van 3 tot 6 bouwlagen of meer wordt uitgegaan van prefab betonpalen 350x350 mm.



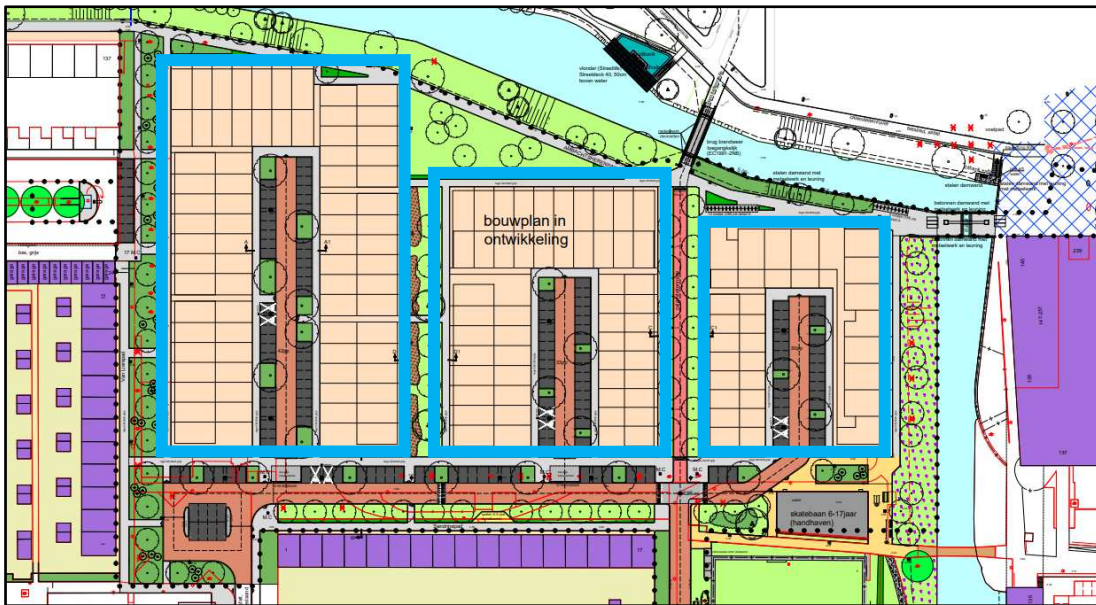
Figuur 3.1: geplande laagbouw en hoogbouw

Gelet op de bodemopbouw waarbij tot op een diepte van circa NAP -12,8 m à NAP -13,3 m slappe lagen aanwezig zijn, wordt ervan uitgegaan de palen op een niveau van NAP - 14,0 à -16,0 m in de zandlaag aan te brengen.

De palen zullen naar verwachting een lengte hebben van circa 10,0 à 12,0 m.

4 Projectlocatie en belendingen.

In onderstaande figuur 4.1 is de bestaande situatie weergegeven, met daarin blauw gearceerd het nieuwbouwproject "Palenstein Vlek G" te Zoetermeer.



Figuur 4.1: projectlocatie

Belendingen

Op de kortste afstand tot de nieuwbouwlocatie (15 tot 20 m) bevinden zich woningen aan de Ambachtsherenlaan, van Lierepad en Sandrinapad. IFCO is op locatie geweest om een inventarisatie en visuele beschouwing van de betreffende panden uit te voeren. Het betreffen rijwoningen uit 1967 die opgebouwd zijn uit metselwerk van 2 bouwlagen. De panden zijn op houten palen met betonnen oplangers gefundeerd. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m (totale paallengte van 9,25 à 11,25).

Op grotere afstand tot de nieuwbouwlocatie (30 tot 40 m) bevindt zich een appartementencomplex met een school en winkelcentrum aan het Rakkersveld en aan de van Lodensteinstraat. Het appartementencomplex betreft een hoog gebouw met lage delen van twee bouwlagen uit 2010. Dit gebouw is gefundeerd op betonpalen. De panden aan de van Lodensteinstraat zijn rijwoningen uit 1967 die opgebouwd zijn uit metselwerk van 2 bouwlagen. De panden zijn op houten palen met betonnen oplangers gefundeerd. De palen hebben een lengte van ca. 7 à 9 m met een oplanger van 2,25 m.

Voor het bepalen van toelaatbare trillingswaarden dienen de belendingen conform SBR-richtlijn A te worden geplaatst in een bepaalde categorie bouwwerk, zie hoofdstuk 5. Wanneer een pand is opgebouwd uit metselwerk in een redelijke tot goede bouwkundige staat, wordt deze geplaatst in categorie 2 [normaal]. Belendingen in een slechte bouwkundige staat en/of belendingen met een monumentaal karakter worden geplaatst in categorie 2 [gevoelig].

In de prognose wordt uitgegaan van belendingen in categorie 2 [normaal].

5 Beoordeling trillingshinder.

De trillingen worden beoordeeld aan de hand van “SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017”, nader te noemen “SBR-richtlijn A”.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade < 1 % in het geval de trillingen kleiner zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende categorieën bouwwerken:

Categorie	Omschrijving
1	- Onderdelen draagconstructie uit gewapend beton of hout - Onderdelen bouwwerk, geen draagconstructie, uit gewapend beton of hout - Draagconstructie bouwwerk, geen gebouw, uit metselwerk
2	- Onderdelen draagconstructie van een gebouw van metselwerk - Onderdelen gebouw, geen draagconstructie, uit niet-gewapend beton, metselwerk of brosse steenachtige materialen

Hierbij wordt per categorie onderscheid gemaakt in de staat van een bouwwerk:

Staat	Omschrijving
Gevoelig	- Bouwwerk of onderdeel waarvan sterkte is verminderd - Bouwwerk of onderdeel met extra initiële spanningen
Normaal	- Bouwwerk of onderdeel met niet-gevoelige bouwkundige staat

Tevens wordt gekeken naar de monumentale status van een bouwwerk:

Status	Omschrijving
Gevoelig	- Rijksmonument - Provinciaal monument - Gemeentelijk monument
Normaal	- Bouwwerk zonder monumentale status

In de prognose wordt uitgegaan van belendingen in categorie 2 [normaal].

Voor aanvang van het heiwerk dient de categorie indeling geverifieerd te worden. Indien er bouwwerken zijn die in een andere categorie vallen, zullen overeenkomstig ook de toetsingswaarden aangepast moeten worden en kan de conclusie met betrekking tot toelaatbaarheid van verwachte trillingen wijzigen.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende type metingen:

Type	Omschrijving
Indicatief	Hierbij wordt gemeten in 1 meetpunt in een stijf deel van de draagconstructie op begane grondniveau, ter plaatse van de kortste afstand tot de trillingsbron. De meting wordt in drie richtingen (x, y en z) uitgevoerd.
Beperkt	Hierbij wordt gemeten in 2 meetpunten. Het eerste meetpunt komt overeen met dat van de indicatieve meting. Het tweede meetpunt wordt gekozen op de bovenste verdieping in een stijf deel recht boven het eerste meetpunt. Ter plaatse van het eerste meetpunt wordt gemeten in drie richtingen (x, y en z), ter plaatse van het tweede meetpunt in minimaal twee richtingen (x en y).
Uitgebreid	Hierbij wordt gemeten in stijve punten van de draagconstructie die horizontale of verticale hart-op-hart afstanden van maximaal 10 m uit elkaar liggen. Op de begane grond wordt in drie richtingen (x, y en z) gemeten, op de bovenverdiepingen in twee richtingen (x en y). Bovendien dient te worden gemeten in één richting in het midden van enkele overspanningen van kolommen, vloeren en wanden die tot de draagconstructie behoren. Eventueel mag, indien goed gemotiveerd, met minder meetpunten worden volstaan, mits minimaal 4 à 6 meetpunten worden toegepast.

Wanneer op meer meetpunten wordt gemeten, mogen ter plaatse van de meetpunten hogere trillingen worden toegelaten, omdat bij toepassing van meer meetpunten de kans kleiner wordt dat elders in het gebouw hogere trillingen optreden. Op grond van deze filosofie mogen bij uitvoering van een uitgebreide meting de hoogste trillingen worden toegelaten en bij uitvoering van een indicatieve meting de laagste. Bij uitvoering van een uitgebreide meting zijn overeenkomstig SBR-richtlijn A circa 60 % hogere trillingen toelaatbaar. Bij het uitvoeren van een beperkte meting zijn slechts 14 % hogere trillingen toelaatbaar, waardoor uitvoering van een beperkte meting in de praktijk vaak weinig toegevoegde waarde heeft.

In de prognose wordt uitgegaan van de grenswaarden voor een indicatieve en uitgebreide meting.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende type trillingsbronnen:

Type	Omschrijving
Kortdurend	Trillingen door stootvormige excitatie, die zo weinig voorkomen dat geen vermoeiing optreedt. Voorbeelden: . explosies . botsingen . omvallende constructie
Herhaald kortdurend	Trillingen door stootvormige excitatie die herhaaldelijk voorkomt. Voorbeelden: . heiwerk . sloophamers, pneumatische beitels . weg- en railverkeer
Continu	Trillingen waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten een rol spelen. Voorbeelden: . machines met roterende onderdelen . verdichtingswerk met trilwals of trilplaat . inbrengen damwanden of palen met een trilblok

Grenswaarden SBR-richtlijn A

SBR-richtlijn A 2107 geeft grenswaarden voor trillingen vanwege constructieve eisen aan een gebouw en grenswaarden voor trillingen vanwege funderingstechnische eisen (i.v.m. mogelijke verdichting van zand onder een fundering). IFCO heeft de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A voor beide eisen met elkaar vergeleken. Hieruit volgt dat bij het heien van palen de waarden vanwege constructieve eisen vrijwel altijd maatgevend zijn. Wanneer de trillingen een frequentie hebben > 25 à 30 Hz of wanneer sprake is van trillingsgevoelige funderingen, zullen de funderingstechnische eisen mogelijk maatgevend worden. In de prognose worden de trillingen getoetst aan de waarden voor constructieve eisen.

Trillingen veroorzaakt door het heien van palen zijn herhaald kortdurende trillingen. Meer dan 15 jaar meetervaring heeft geleerd dat deze trillingen veelal een frequentie hebben van gemiddeld circa 10 Hz.

In tabel 5-1 wordt vermeld welke trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn bij het heien van palen, uitgaande van een indicatieve trillingsmeting.

TABEL 5-1 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij indicatieve trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	normaal	8,33	9,38	10,42	11,46	12,50	13,54	14,58
	gevoelig	4,90	5,51	6,13	6,74	7,35	7,97	8,58
categorie 2	normaal	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
	gevoelig	1,23	1,53	1,84	2,14	2,45	2,76	3,06

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-1, bij uitvoering van een indicatieve meting aan een gebouw in categorie 2 [normaal], een maximum trilling toelaatbaar van 2,1 mm/s.

Wanneer bij het uitvoeren van een indicatieve meting de trillingen voldoen aan SBR-richtlijn A, bestaat in het algemeen het minste risico op trillingsschade. In het geval bij een indicatieve meting de trillingen niet voldoen aan de richtlijn, verdient het overweging om een uitgebreide meting uit te voeren, waardoor overeenkomstig SBR-richtlijn A 60 % hogere trillingen toegelaten mogen worden. Conform de SBR-richtlijn blijft in dat geval de kans op trillingsschade < 1 %.

In tabel 5-2 wordt vermeld welke trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn bij het heien van palen, uitgaande van een uitgebreide trillingsmeting.

TABEL 5-2 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij uitgebreide trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	normaal	13,33	15,00	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33
	gevoelig	7,84	8,82	9,80	10,78	11,76	12,75	13,73
categorie 2	normaal	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33
	gevoelig	1,96	2,45	2,94	3,43	3,92	4,41	4,90

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-2, bij uitvoering van een uitgebreide meting aan een gebouw in categorie 2 [normaal], een maximum trilling toelaatbaar van 3,3 mm/s.

6 Trillingsschade.

Wanneer trillingsschade door heiwerkzaamheden ontstaat, is dit in het algemeen zogenaamde cosmetische schade. Hieronder wordt verstaan haarscheurtjes in pleister-, tegel- en metselwerk, alsmede naadvorming langs kozijnen en plafonds, etc. De kans op constructieve trillingsschade is in het algemeen zeer gering. Risico op constructieve schade is veelal aanwezig wanneer verzakking optreedt, bijvoorbeeld door verdichting van zand onder de fundering.

Wanneer de trillingen voldoen aan de grenswaarden uit SBR-richtlijn A, is de kans op het ontstaan van cosmetische trillingsschade acceptabel klein. De kans op constructieve trillingsschade is dan (nagenoeg) uitgesloten.

De grenswaarden in de richtlijn zijn oorspronkelijk tot stand gekomen op basis van ervaringen in de praktijk. De grenswaarden zijn zo gekozen dat bij trillingswaarden beneden de grenswaarden, het optreden van schade als gevolg van trillingen onwaarschijnlijk is. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt. De kans op schade zal met toenemende trillingswaarden hoger worden.

In tabel 6-1 (bron: SBR-richtlijn A 2107) is de kans op schade aan een bouwwerk gerelateerd aan de verhouding tussen de trillingswaarde en de grenswaarde (V_d/V_r). Deze kansen moeten als orde van grootte inschatting worden gezien voor gebruik in bijvoorbeeld risico inschattingen. Ze zijn zeker niet bedoeld als exacte waarde voor individuele bouwwerken. De tabel mag niet worden uitgebreid voor overschrijdingsfactoren groter dan 3.

TABEL 6-1 : Ordegrootte kans op schade voor draagconstructie en onderdelen draagconstructie uit metselwerk	
Factor op grenswaarde	Ordegrootte kans op schade
1 x grenswaarde ($V_d/V_r = 1$)	ongeveer 1 %
1,2	ongeveer 3 %
1,5	ongeveer 5 %
2	ongeveer 10 %
3	ongeveer 30 %

SBR-richtlijn A heeft betrekking op schade aan gebouwen, maar geeft geen informatie over de hinder en 'voelbaarheid' van de trillingen voor personen. Hiervoor wordt verwezen naar SBR-richtlijn B. Uit ervaring is gebleken dat trillingen tot circa 0,35 mm/s niet of nauwelijks voelbaar zijn. Trillingen tussen circa 0,35 en 0,80 mm/s zijn (licht) voelbaar en trillingen groter dan circa 0,80 mm/s zijn (goed) voelbaar.

De trillingen in onderhavige prognose worden getoetst aan SBR-richtlijn A.

7 Prognose trillingen door heien palen.

7.1 Algemeen.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij vele tientallen trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type heiwerk en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is gedaan voor het heien van funderingspalen (systeem prefab beton, vibro en stalen buispalen), alsmede voor het in- en uittrillen van damplanken. De ervaring heeft geleerd dat bij conusweerstand van gemiddeld 10 MPa de trillingshinder de opgestelde prognosegrafiek in het algemeen goed volgt.

7.2 Uitgangspunten.

De trillingsprognose geldt voor gemetselde/betonnen gebouwen van 2 à 4 bouwlagen. Wanneer een gebouw hoger is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte groter. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw lager zijn dan uit de prognose volgt. Wanneer een gebouw lager is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte kleiner. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw groter zijn dan uit de prognose volgt. Voor belendingen met 1 bouwlaag dient rekening te worden gehouden met trillingen die 50 à 70 % hoger zijn dan uit de standaard IFCO-analyse blijkt.

De te verwachten trillingen gelden voor een stijf onderdeel van het gebouw ter hoogte van de begane grondverdieping.

De standaard IFCO-prognosegrafiek geldt voor belendingen gefundeerd op palen. Indien de belendingen op staal zijn gefundeerd, kunnen de trillingen afwijken van de prognosegrafiek. De grootte van deze afwijking is lastig in te schatten, omdat dit mede afhangt van het dempend vermogen van de verschillende grondlagen. Wanneer belendingen op staal zijn gefundeerd, zullen de trillingen tijdens het heien in dieper gelegen zandlagen in het algemeen iets lager zijn dan bij belendingen op een paalfundering. Opgemerkt wordt dat belendingen op staal gevoeliger zijn voor oppervlaktetrillingen, zoals het rijden van een heistelling en het heien van palen in/door een topzandlaag. Bij het heien van palen in of door een topzandlaag worden de trillingen in een belending, en dan met name in een op staal gefundeerde belending, ongeveer 50 tot 100 % hoger dan uit de standaard IFCO-analyse blijkt. Dit is bij diverse door IFCO uitgevoerde trillingsmetingen naar voren gekomen. In de prognose wordt ervan uitgegaan dat de palen niet door een eventueel aanwezige topzandlaag worden geheid.

Er wordt van uitgegaan dat de palen worden geheid met een hydraulisch heiblok met voldoende massa.

Er wordt van uitgegaan dat bij het heien de paal zakt. Wanneer dit niet het geval is, kunnen de trillingen hoger worden.

In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels in de bodem. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

De trillingsprognose waarover wordt gerapporteerd is een zogenaamde “best guess”, wat betekent dat een zo goed mogelijke inschatting van de trillingen wordt gegeven op basis van de IFCO-prognosegrafiek.

7.3 Bodemopbouw.

In tabel 7-1 wordt op basis van de beschikbaar gestelde sonderingen een globale omschrijving gegeven van de aanwezige bodemopbouw.

TABEL 7-1 : Bodemopbouw			
Laag	Diepte [m t.o.v. NAP]		Beschrijving bodem.
Nr.	bovenkant	onderkant	
1	-4,5	-4,5	<u>Maaiveldhoogte.</u> <u>Klei/veen</u> , $q_c < 1$ MPa. <u>Zand</u> , $q_c \approx 12$ à 28 Mpa, maximaal circa 14 à 22 MPa over circa 1 m hoogte. Maximum voetdiepte palen.
2	-13,0	-13,0	
	-14,0 à -16,0	-14,0 à -16,0	

De grondwaterstand is niet bekend, maar wordt aangenomen op circa 1,0 à 1,5 m min maaiveld.

7.4 Relatie bodemopbouw - trillingen.

De hoogte van de trillingen tijdens het heien van de palen hangt onder andere af van de vastheid van de bodem. Bij het heien in vastere grond ontstaan namelijk hogere trillingen dan tijdens het heien in minder vaste grond. Bij het heien in grond met een conusweerstand van 10 MPa komen de trillingen ongeveer overeen met de IFCO prognosegrafiek.

In tabel 7-2 wordt vermeld welke maximum trillingen worden verwacht tijdens het heien van palen op verschillende diepten, uitgedrukt in procenten t.o.v. de IFCO prognosegrafiek. Bij het bepalen van de maximum trillingen wordt gekeken naar de maatgevende maximum conusweerstand. Dit zijn de maximale conusweerstand over een hoogte van circa 1,0 m.

TABEL 7-2 : Verwachte maximum trillingen op verschillende diepten t.o.v. de prognosegrafiek, uitgedrukt in procenten					
Laag	bk laag	ok laag	Grondsoort	Maatgevende conusweerstand	Trillingen
Nr.	m tov NAP	m tov NAP		MPa	% tov prognosegrafiek
1	-4,5	-13,0	Klei/veen	< 1	-
2	-13,0	-14,0 à 16,0	Zand	Maximaal 14	120
				Maximaal 22	150

De hoogte van de maximum trillingen bij het heien van de palen in laag 2 zullen voor een groot deel afhangen van de daadwerkelijke inheidiepte van de palen in het zandpakket vanaf ongeveer NAP -13,0 m. Dit in verband met de wisselende maximum conusweerstand tussen NAP -13,0 en -16,0 m.

7.5 Prognose trillingen bij heien prefab betonpalen 290x290 mm.

In tabel 7-3 worden de absolute waarden van de maximum trillingen (in mm/s) vermeld, die in de praktijk worden verwacht bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot een diepte van NAP -14,0 à -16,0 m. Daarin worden in de kolom behorend bij 10 MPa de te verwachten trillingen volgens de IFCO prognosegrafiek vermeld. In bijlage I wordt de betreffende prognosegrafiek toegevoegd.

TABEL 7-3 : Prognose maximum trillingen aan belendingen bij heien prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m					
Laag nr. →	-	2	2	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]	
q _c → factor	10 MPa 1,00	14 MPa 1,20	22 MPa 1,50		
Afstand uit paal [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓			indicatieve meting	uitgebreide meting
9,5	2,8	3,3	4,2	nee	ja/nee
13,0	2,2	2,6	3,3	nee	ja
18,0	1,8	2,1	2,7	ja/nee	ja
25,0	1,4	1,7	2,1	ja	ja
30,0	1,2	1,4	1,8	ja	ja
40,0	1,0	1,2	1,5	ja	ja
50,0	0,8	1,0	1,2	ja	ja

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 18 à 25 m van de te heien palen.

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 290x290 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 10 à 13 m van de te heien palen.

Opmerkingen

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de maatgevende maximum conusweerstand niet overal gelijk is en ook niet overal op precies dezelfde diepte aanwezig is. De daadwerkelijke hoogte van de maximum trillingen zal grotendeels afhangen van hoe diep de palen in het vaste zandpakket vanaf ongeveer NAP -13,0 m worden geheid (laag 2) en van de maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen.

7.6 Prognose trillingen bij heien prefab betonpalen 350x350 mm.

In tabel 7-4 worden de absolute waarden van de maximum trillingen (in mm/s) vermeld, die in de praktijk worden verwacht bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot een diepte van NAP -14,0 à -16,0 m. Daarin worden in de kolom behorend bij 10 MPa de te verwachten trillingen volgens de IFCO prognosegrafiek vermeld. In bijlage II wordt de betreffende prognosegrafiek toegevoegd.

TABEL 7-4 : Prognose maximum trillingen aan belendingen bij heien prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m					
Laag nr. →	-	2	2	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]	
q _c → factor	10 MPa 1,00	14 MPa 1,20	22 MPa 1,50		
Afstand uit paal [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓			indicatieve meting	uitgebreide meting
10,0	3,5	4,2	5,2	nee	nee
14,0	2,8	3,3	4,2	nee	ja/nee
19,0	2,2	2,6	3,3	nee	ja
28,0	1,8	2,1	2,7	ja/nee	ja
38,0	1,4	1,7	2,1	ja	ja
50,0	1,1	1,3	1,7	ja	ja

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 28 à 38 m van de te heien palen.

Verwacht wordt dat bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting de maximum trillingen die in een gebouw ontstaan bij het heien van prefab palen 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m vrijwel altijd kleiner blijven dan SBR-richtlijn A toestaat voor een gebouw in categorie 2 [normaal], mits het gebouw zich bevindt op een afstand > 14 à 19 m van de te heien palen.

Opmerkingen

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de maatgevende maximum conusweerstand niet overal gelijk is en ook niet overal op precies dezelfde diepte aanwezig is. De daadwerkelijke hoogte van de maximum trillingen zal grotendeels afhangen van hoe diep de palen in het vaste zandpakket vanaf ongeveer NAP -13,0 m worden geheid (laag 2) en van de maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen.

8 Prognose zettingen.

Door het heien van palen ontstaan trillingen in de zandbodem die, afhankelijk van de pakingsdichtheid van het zand, aanleiding kunnen geven tot verdichting van het zandpakket en daardoor tot zakking van de bodem/maaiveld. Wanneer dit optreedt in het zandpakket onder een constructie, kan deze mogelijk zakken.

De berekening van de bodemzakking door verdichting van zand tijdens het heien van palen wordt uitgevoerd via een door IFCO gebouwde spreadsheet conform het theoretische model dat beschreven staat in hoofdstuk 5.8.4 van CUR-166 “Damwandconstructies” in combinatie met het verdichtingsmodel volgens Lunne. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van een relatie tussen de conusweerstand, het korrelspanningsniveau en de relatieve dichtheid in het zand volgens de formules van Lunne & Christoffersen (1983), uitgaande van:

- Heien palen 350x350 mm tot NAP -16,0 m (meest negatieve scenario);
- Bodemopbouw conform de beschikbare sonderingen D7/D9;
- Frequentie trillingen afkomstig van het heiblok is 10 Hz;
- Porositeit grondlagen $N_{\max} = 0,45$ en $N_{\min} = 0,25$;
- De verwachte bodemtrillingen op 0,7 m uit de paal bij een conusweerstand van 10 MPa.

Trillingen in de bodem zijn op basis van ervaring naar verwachting circa 40 % groter dan de trillingen op de begane grondverdieping van een gebouw. Zie ook rapport CUR-166 “Damwandconstructies”, 6^e herziene druk deel 2, hoofdstuk 5.8.3, bladzijde 569. Hierin wordt een reductiefactor trillingen gebouw/bodem van 0,7 vermeld. De verhouding tussen bodemtrillingen en gebouwtrillingen is daardoor $1/0,7 \approx 1,4$.

De rekenresultaten worden gepresenteerd in bijlage III.

Uit de rekenresultaten volgt dat er door het heien van de palen geen bodemverdichting plaatsvindt en geen maaiveldzakkingen te verwachten zijn.

9 Samenvatting en conclusies.

In tabel 9-1 worden op basis van de trillingsprognose de afstanden van het heiwerk tot belendingen in categorie 2 [normaal] aangegeven, waarbij naar verwachting wordt voldaan aan SBR-richtlijn A bij het heien van prefab palen 290x290 mm en 350x350 mm tot NAP -14,0 à -16,0 m.

TABEL 9-1 : Afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een bouwwerk in categorie 2 [normaal]		
	Indicatieve meting	Uitgebreide meting
Palen 290x290 mm	≥ 18 à 25 m	≥ 10 à 13 m
Palen 350x350 mm	≥ 28 à 38 m	≥ 14 à 19 m

De variatie in afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A komt door het feit dat de exacte inheidiepte niet bekend is en de maatgevende maximum conusweerstand niet overal even hoog is. Afhankelijk van de daadwerkelijke inheidiepte en de maatgevende maximum conusweerstand ter plaatse van de te heien palen, dient rekening te worden gehouden met enige variatie in de grootte van de maximum trillingen en derhalve ook met de afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A.

Wanneer meer informatie over het uit te voeren heiwerk en de exacte afstanden van de belendingen tot het heiwerk bekend zijn, kan op basis van tabel 9-1 worden bepaald of de trillingen bij het heien van de palen voldoen aan SBR-richtlijn A.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan het Sandrinapad, het Van Lierepad en aan de Ambachtsherenlaan op een geschatte afstand van 15 tot 20 m uit het heiwerk voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting en uitgaande van het aanbrengen van palen met de afmeting 290x290 mm. Uit de tekeningen blijkt dat tegenover de voornoemde belendingen laagbouw gepland wordt.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat de trillingen ter plaatse van de belendingen aan de Van Lodensteinstraat en aan het Rakkersveld op een geschatte afstand van 30 tot 40 m uit het heiwerk (palen 290x290 mm en 350x350 mm) voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een uitgebreide meting. Naar verwachting zal een deel van de trillingen ook voldoen aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een indicatieve meting.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade aanvaardbaar klein (< 1 %) in het geval de trillingen lager zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden. Dit geldt zowel bij uitvoering van een indicatieve trillingsmeting als bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting.

Door het heien van de palen worden geen noemenswaardige zettingen van belendingen en het maaiveld verwacht.

10 Trillingsmetingen.

Het verdient aanbeveling om tijdens heiwerkzaamheden trillingsmetingen (monitoring tijdens de uitvoering van het werk) te laten uitvoeren op grond van de volgende overwegingen:

1. Via trillingsmetingen kan worden gecontroleerd of de verwachte trillingen overeenkomen met de praktijk. Aan de hand van de resultaten van trillingsmetingen kan de kans op het ontstaan van trillingsschade aan de belendingen worden ingeschat.
2. Er kan worden nagegaan vanaf welk moment eventueel trillingsreducerende maatregelen genomen dienen te worden om de trillingen te laten voldoen aan SBR-richtlijn A.
3. Bij eventuele schadeclaims zijn feitelijke gegevens beschikbaar aan de hand waarvan het realiteitsgehalte van schadeclaims kan worden beoordeeld.

In het algemeen worden veelal indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd. Wanneer bij een indicatieve meting de trillingen niet voldoen aan SBR-richtlijn A, kan worden overwogen om een uitgebreide meting uit te voeren. Hierbij is de kans dat de trillingen voldoen groter dan bij uitvoering van een indicatieve meting.

IFCO en zusterorganisatie 4RISK zijn gecertificeerd voor het uitvoeren van trillingsmetingen en kunnen deze desgevraagd verzorgen. De meting wordt dan uitgevoerd onder procescertificaat BRL 5023. De nationale beoordelingsrichtlijn 5023 “Het proces van het meten van trillingen” is tot stand gekomen om te waarborgen dat de trillingsmetingen goed conform SBR-richtlijn A worden uitgevoerd en dat de resultaten derhalve bruikbaar zijn in bijvoorbeeld een discussie betreffende schade en/of hinder als gevolg van trillingen.

Waddinxveen, 15 januari 2021,

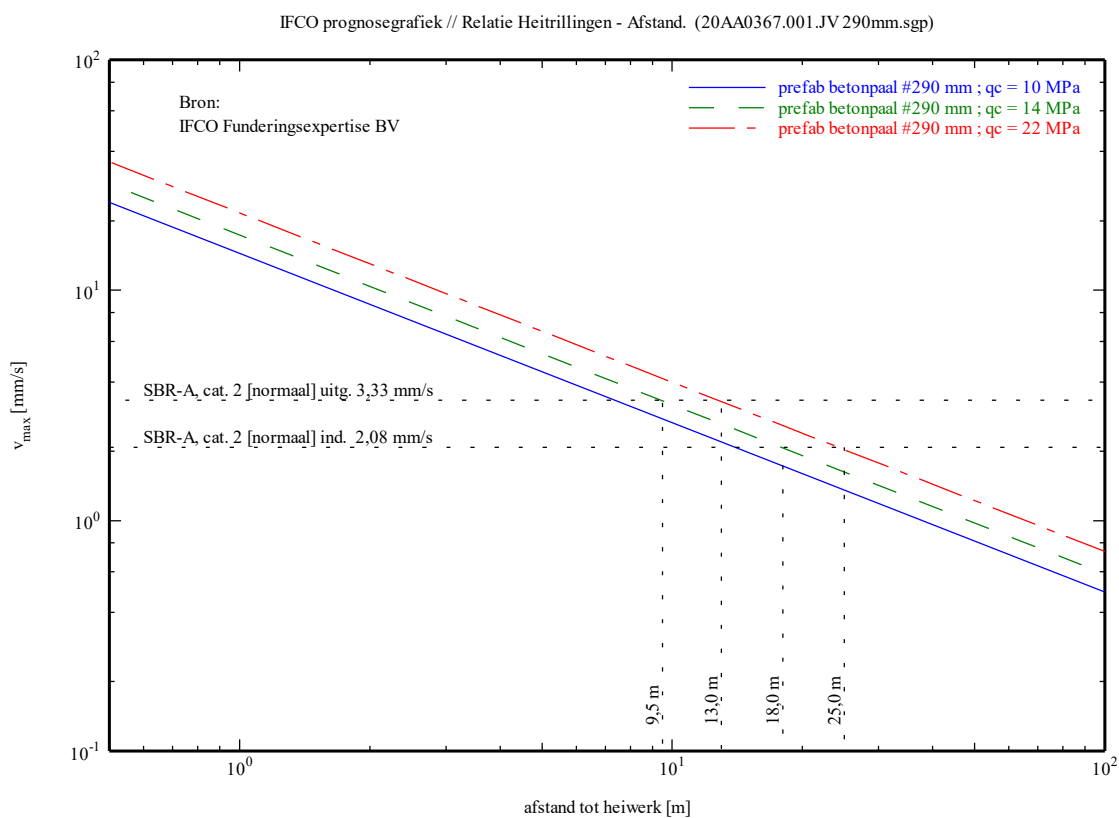
Ir. J. Veselka
IFCO Funderingsexpertise BV

Bijlagen.

- I. Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 290x290 mm.
- II. Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 350x350 mm.
- III. Berekening zetting door verdichting bij heien palen.

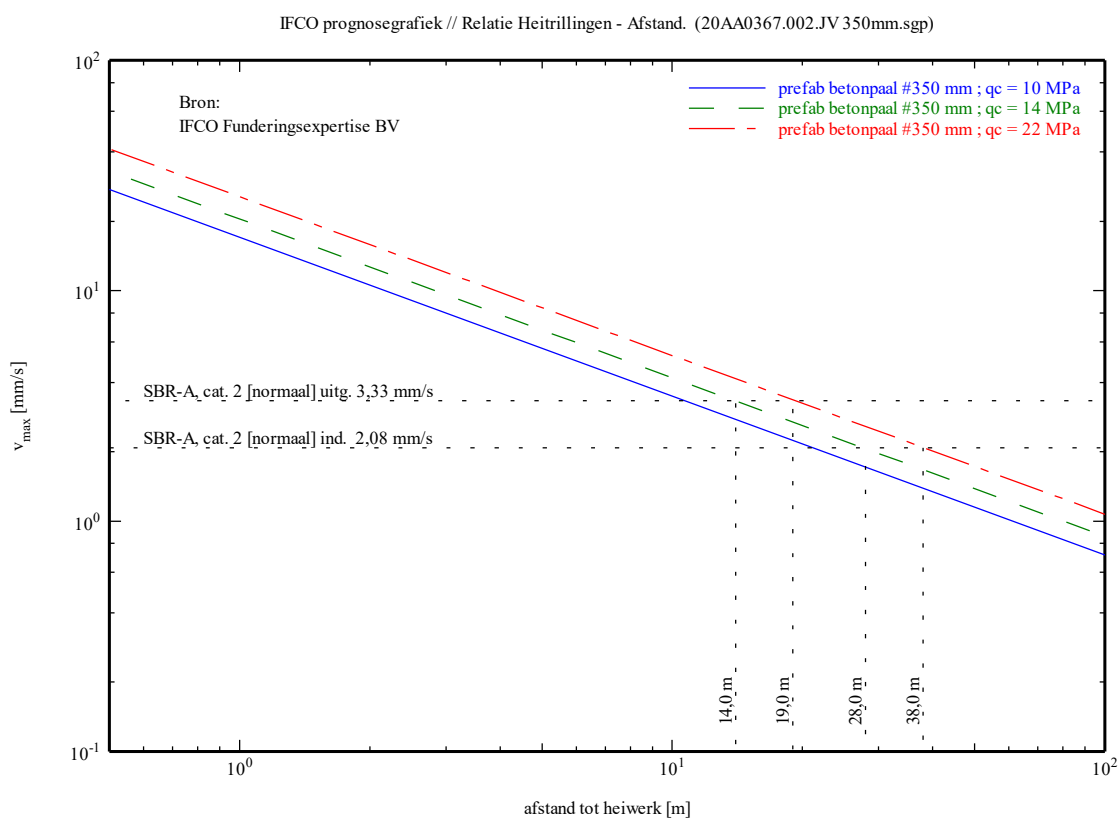
BIJLAGE I

Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 290x290 mm.



BIJLAGE II

Prognosegrafiek voor heien prefab betonpalen 350x350 mm.



BIJLAGE III

Berekening zetting door verdichting bij heien palen.

BEPALING ZAKKING VAN MAAIVELD DOOR VERDICHTING VAN DE ONDERGROND DOOR TRILLINGEN VOLGENS METHODE LUNNE - HERGARDEN & VAN TOL (CUR 166-6E)

Berekeningen maaiveldveld a.g.v. van volumeverandering in een grondelement.

Project: Palenstein Zoetermeer
 Projectnummer: 20AA0367
 Onderdeel: Heien prefab paal 350x350



INVOER

Sondering nr. D7 (fugro)
 Type heilblok standaard

Frequentie heilblok 10 Hz

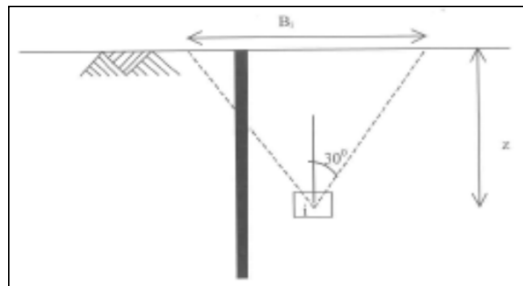
B.k. paal -4,50 m + NAP
 O.k. paal -16,00 m + NAP
 Huidig maaiveldniveau -4,50 m + NAP

α 5
 n_{max} 0,45
 n_{min} 0,25
 V_{max} (trilling bodem bij paal) 30 mm/s (qc = 10 MPa)
 Spreiding 30 graden

afstand [m]
 0,07
 0,79
 1,08
 4,84
 6,50

Diepte [m tov NAP]
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000

Zakking [m]
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000



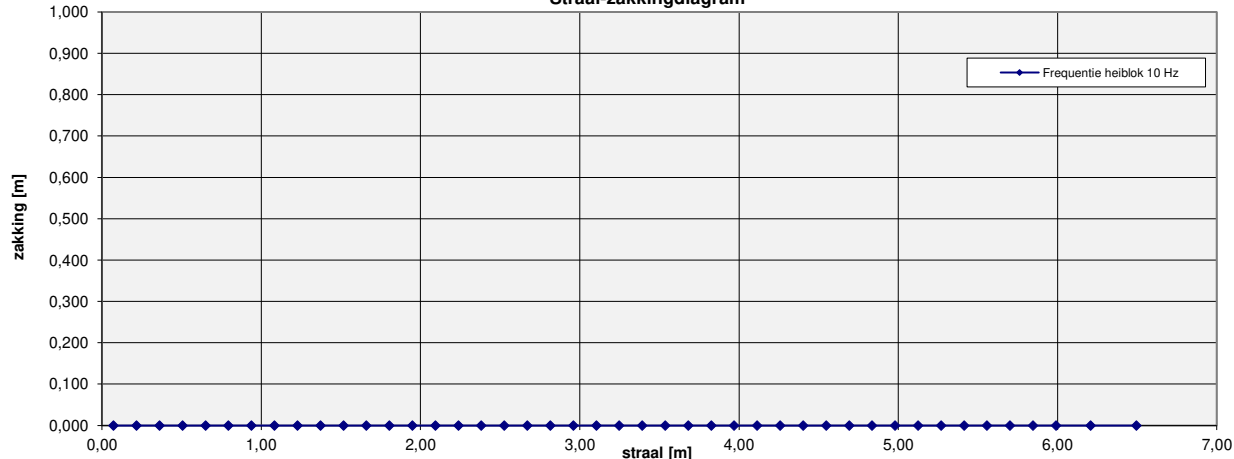
1983 1982 1986

Lunne Baldi Baldi

IN- & UITVOER

bk. laag	ok. laag	q _{c,min}	q _{c,max}	q _{c,gem}	γ _d	σ _{o,k,laag}	σ _{gem}	R _{e,0}	R _{e,0}	R _{e,0}	η ₀	V _{max}	a _{max}	e _{max}	e _{min}	e ₀	ΔR _e	ε _{vol}	Z _i	Z _{icum}	Z _i cum:gem	B _i	r _i	Δ _{zi}	Z _i
[m tov NAP]		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	mm/s	m/s ²	[-]	[-]	[-]	[-]	[rek]	[m]	[m]	[m tov mv]	[m]	[m]	[m]	[m]
-4.50	-4.75	0.5	0.5	0.5	4.0	1.0	0.5	0.89	0.68	0.64	0.45	6.71	0.42	0.82	0.33	0.39	0.000	0.000	0.25	0.25	0.13	0.14	0.07	0.000	0.000
-4.75	-5.00	0.5	0.5	0.5	4.0	2.0	1.5	0.62	0.41	0.39	0.20	6.71	0.42	0.82	0.33	0.52	0.000	0.000	0.25	0.50	0.38	0.43	0.22	0.000	0.000
-5.00	-5.25	0.5	0.5	0.5	4.0	3.0	2.5	0.50	0.29	0.27	0.14	6.71	0.42	0.82	0.33	0.58	0.000	0.000	0.25	0.75	0.63	0.72	0.36	0.000	0.000
-5.25	-5.50	0.5	0.5	0.5	4.0	4.0	3.5	0.42	0.21	0.19	0.11	6.71	0.42	0.82	0.33	0.62	0.000	0.000	0.25	1.00	0.88	1.01	0.51	0.000	0.000
-5.50	-5.75	0.5	0.5	0.5	4.0	5.0	4.5	0.36	0.15	0.14	0.09	6.71	0.42	0.82	0.33	0.65	0.000	0.000	0.25	1.25	1.13	1.30	0.65	0.000	0.000
-5.75	-6.00	0.5	0.5	0.5	4.0	6.0	5.5	0.31	0.10	0.09	0.07	6.71	0.42	0.82	0.33	0.67	0.000	0.000	0.25	1.50	1.38	1.59	0.79	0.000	0.000
-6.00	-6.25	0.5	0.5	0.5	4.0	7.0	6.5	0.27	0.06	0.05	0.06	6.71	0.42	0.82	0.33	0.69	0.000	0.000	0.25	1.75	1.63	1.88	0.94	0.000	0.000
-6.25	-6.50	0.5	0.5	0.5	4.0	8.0	7.5	0.23	0.03	0.02	0.05	6.71	0.42	0.82	0.33	0.71	0.000	0.000	0.25	2.00	1.88	2.17	1.08	0.000	0.000
-6.50	-6.75	0.5	0.5	0.5	4.0	9.0	8.5	0.20	0.00	0.00	0.04	6.71	0.42	0.82	0.33	0.72	0.000	0.000	0.25	2.25	2.13	2.45	1.23	0.000	0.000
-6.75	-7.00	0.5	0.5	0.5	4.0	10.0	9.5	0.17	0.00	0.00	0.04	6.71	0.42	0.82	0.33	0.73	0.020	0.005	0.25	2.50	2.38	2.74	1.37	0.000	0.000
-7.00	-7.25	0.5	0.5	0.5	4.0	11.0	10.5	0.15	0.00	0.00	0.03	6.71	0.42	0.82	0.33	0.75	0.044	0.012	0.25	2.75	2.63	3.03	1.52	0.000	0.000
-7.25	-7.50	0.5	0.5	0.5	4.0	12.0	11.5	0.13	0.00	0.00	0.03	6.71	0.42	0.82	0.33	0.76	0.066	0.018	0.25	3.00	2.88	3.32	1.66	0.000	0.000
-7.50	-7.75	0.5	0.5	0.5	4.0	13.0	12.5	0.11	0.00	0.00	0.02	6.71	0.42	0.82	0.33	0.77	0.087	0.024	0.25	3.25	3.13	3.61	1.80	0.000	0.000
-7.75	-8.00	0.5	0.5	0.5	4.0	14.0	13.5	0.09	0.00	0.00	0.02	6.71	0.42	0.82	0.33	0.78	0.105	0.029	0.25	3.50	3.38	3.90	1.95	0.000	0.000
-8.00	-8.25	0.5	0.5	0.5	4.0	15.0	14.5	0.07	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.78	0.123	0.033	0.25	3.75	3.63	4.19	2.09	0.000	0.000
-8.25	-8.50	0.5	0.5	0.5	4.0	16.0	15.5	0.05	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.79	0.139	0.038	0.25	4.00	3.88	4.47	2.24	0.000	0.000
-8.50	-8.75	0.5	0.5	0.5	4.0	17.0	16.5	0.04	0.00	0.00	0.01	6.71	0.42	0.82	0.33	0.80	0.154	0.042	0.25	4.25	4.13	4.76	2.38	0.000	0.000
-8.75	-9.00	0.5	0.5	0.5	4.0	18.0	17.5	0.02	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.81	0.169	0.045	0.25	4.50	4.38	5.05	2.53	0.000	0.000
-9.00	-9.25	0.5	0.5	0.5	4.0	19.0	18.5	0.01	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.81	0.182	0.049	0.25	4.75	4.63	5.34	2.67	0.000	0.000
-9.25	-9.50	0.5	0.5	0.5	4.0	20.0	19.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.00	4.88	5.63	2.81	0.000	0.000
-9.50	-9.75	0.5	0.5	0.5	4.0	21.0	20.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.25	5.13	5.92	2.96	0.000	0.000
-9.75	-10.00	0.5	0.5	0.5	4.0	22.0	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.50	5.38	6.21	3.10	0.000	0.000
-10.00	-10.25	0.5	0.5	0.5	4.0	23.0	22.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	5.75	5.63	6.50	3.25	0.000	0.000
-10.25	-10.50	0.5	0.5	0.5	4.0	24.0	23.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.00	5.88	6.78	3.39	0.000	0.000
-10.50	-10.75	0.5	0.5	0.5	4.0	25.0	24.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.25	6.13	7.07	3.54	0.000	0.000
-10.75	-11.00	0.5	0.5	0.5	4.0	26.0	25.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.50	6.38	7.36	3.68	0.000	0.000
-11.00	-11.25	0.5	0.5	0.5	4.0	27.0	26.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	6.75	6.63	7.65	3.82	0.000	0.000
-11.25	-11.50	0.5	0.5	0.5	4.0	28.0	27.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.00	6.88	7.94	3.97	0.000	0.000
-11.50	-11.75	0.5	0.5	0.5	4.0	29.0	28.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.25	7.13	8.23	4.11	0.000	0.000
-11.75	-12.00	0.5	0.5	0.5	4.0	30.0	29.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.50	7.38	8.52	4.26	0.000	0.000
-12.00	-12.25	0.5	0.5	0.5	4.0	31.0	30.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	7.75	7.63	8.80	4.40	0.000	0.000
-12.25	-12.50	0.5	0.5	0.5	4.0	32.0	31.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.00	7.88	9.09	4.55	0.000	0.000
-12.50	-12.75	0.5	0.5	0.5	4.0	33.0	32.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.25	8.13	9.38	4.69	0.000	0.000
-12.75	-13.00	0.5	0.5	0.5	4.0	34.0	33.5	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	0.42	0.82	0.33	0.82	0.193	0.052	0.25	8.50	8.38	9.67	4.84	0.000	0.000
-13.00	-13.25	1.0	1.0	1.0	4.0	35.0	34.5	0.10	0.00	0.00	0.02	9.49	0.60	0.82	0.33	0.77	0.165	0.045	0.25	8.75	8.63	9.96	4.98	0.000	0.000
-13.25	-13.50	6.0	6.0	6.0	10.0	37.5	36.3	0.70	0.64	0.69	0.24	23.24	1.46	0.82	0.33	0.48	0.000	0.000	0.25	9.00	8.88	10.25	5.12	0.000	0.000
-13.50	-13.75	12.0	12.0	12.0	10.0	40.0	38.8	0.92	0.90	0.96	0.51	32.86	2.06	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.25	9.13	10.54	5.27	0.000	0.000
-13.75	-14.00	13.0	13.0	13.0	11.0	42.8	41.4	0.93	0.92	0.98	0.54	34.21	2.15	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.50	9.38	10.83	5.41	0.000	0.000
-14.00	-14.25	13.0	13.0	13.0	11.0	45.5	44.1	0.92	0.90	0.97	0.50	34.21	2.15	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.25	9.75	9.63	11.11	5.56	0.000	0.000
-14.25	-14.50	16.0	16.0	16.0	11.0	48.3	46.9	0.98	0.97	1.00	0.74	37.95	2.38	0.82	0.33	0.35	0.000	0.000	0.25	10.00	9.88	11.40	5.70	0.000	0.000
-14.50	-14.75	18.0	18.0	18.0	11.0	51.0	49.6	1.00	1.00	1.00	0.88	40.25	2.53	0.82	0.33	0.33	0.000	0.000	0.25	10.25	10.13	11.69	5.85	0.000	0.000
-14.75	-15.00	18.0	18.0	18.0	11.0	53.8	52.4	0.99	0.99	1.00	0.89	40.25	2.53	0.82	0.33	0.34	0.000	0.000	0.25	10.50	10.38	11.98	5.99	0.000	0.000
-15.00	-15.50	16.0	16.0	16.0	11.0	59.3	56.5	0.93	0.93	1.00	0.53	37.95	2.38	0.82	0.33	0.37	0.000	0.000	0.50	11.00	10.75	12.41	6.21	0.000	0.000
-15.50	-16.00	14.0	14.0	14.0	11.0	64.8	62.0	0.86	0.85	0.92	0.39	35.50	2.23	0.82	0.33	0.40	0.000	0.000	0.50	11.50	11.25	12.99	6.50	0.000	0.000

Straal-zakkingdiagram





IFCO Funderingexpertise BV

**Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl**

RAPPORTAGE TRILLINGSONDERZOEK VERKEERSTRILLINGEN						
PROJECT: PALENSTEIN VLEK G TE ZOETERMEER						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
0	Definitief	29-01-2021	Ir. J. Veselka	JV	P.A.M. Baarendse	

**Opdrachtgever: Gemeente Zoetermeer
Postbus 15
2700 AA Zoetermeer**

Referentie : R20AA0367.002.JV_trillingen verkeer-v2.docx

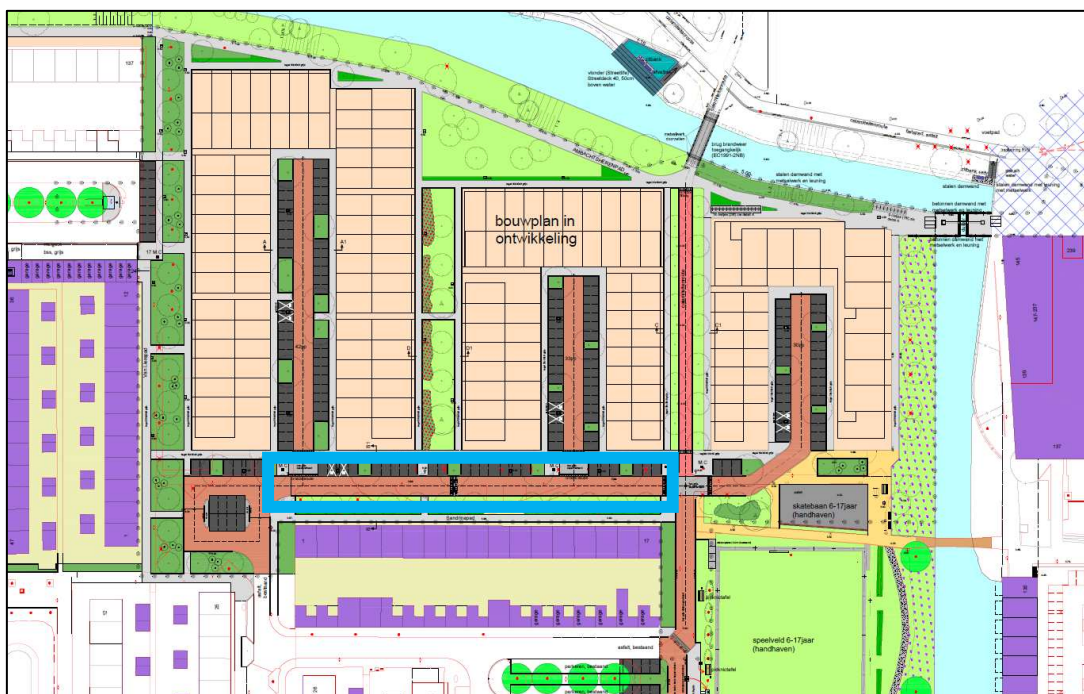
INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING.....	2
2	UITGANGSPUNTEN MONITORING.....	3
3	MEETAPPARATUUR.....	3
4	BEOORDELING TRILLINGEN.....	4
4.1	SBR-RICHTLIJN A.....	4
4.2	SBR-RICHTLIJN B.....	5
5	MEETLOCATIES.....	6
6	MEETRESULTATEN.....	8
6.1	PRESENTATIE.....	8
6.2	ANALYSE EN OPMERKINGEN.....	8
6.3	TOETSING TRILLINGEN AAN SBR-A.....	9
6.4	TOETSING TRILLINGEN AAN SBR-B.....	9
7	PROGNOSE TRILLINGEN.....	10
7.1	OPZET PROGNOSE EN UITGANGSPUNTEN.....	10
7.2	TRILLINGSPROGNOSE VERKEER.....	11
8	SAMENVATTING EN CONCLUSIES.....	13
9	BIJLAGEN.....	14

1 Inleiding.

IFCO Funderingsexpertise (IFCO) heeft opdracht ontvangen van de Gemeente Zoetermeer om een trillingsonderzoek uit te voeren ten behoeve van het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer.

In verband met de nieuwbouw van woningen verandert de verkeerssituatie in de wijk. Het huidige voetgangerspad, het Sandrinapad (blauw omkaderd in figuur 1.1), verandert in de toekomst in een erftoegangsweg en met de komst van 119 nieuwe woningen verwacht men een toename van het verkeer in de wijk. In de nieuwe situatie aan de Sandrinapad zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen.



Figuur 1.1: projectlocatie

Het doel van het trillingsonderzoek is om middels het uitvoeren van trillingsmetingen aan drie woningen in de Van Lodensteinstraat en aan het Sandrinapad een beeld te krijgen van de trillingen die worden veroorzaakt door passerend verkeer, en met name ter plaatse van de verkeersplateau. Vervolgens wordt middels een trillingsprognose voor verkeerstrillingen een inschatting gegeven van de te verwachten trillingen na de aanleg van een nieuwe erftoegangsweg met verkeersdrempel aan het Sandrinapad. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de uitgevoerde trillingsmetingen en een door IFCO ontwikkeld empirisch rekenmodel op basis van een database met ervaringsgetallen.

De gemeten en de te verwachten trillingen worden getoetst aan richtlijn deel A “Schade aan bouwwerken” van Stichting Bouw Research (SBR-A) en aan richtlijn deel B “Hinder voor personen in gebouwen” (SBR-B).

2 Uitgangspunten monitoring.

De opzet van de trillingsmetingen is om een beeld te krijgen van de trillingen die optreden door passerend verkeer ter plaatse van twee panden in de Van Lodensteinstraat, ter hoogte van een verkeersplateau. In de huidige situatie wordt door de bewoners hierdoor enige hinder ervaren. In de toekomstige situatie wordt hier een toename van het verkeer verwacht. Aan het Sandrinapad zijn ter indicatie eveneens trillingen gemeten. In de huidige situatie eindigt ter hoogte van Sandrinapad 1 de straat in een klein parkeerterrein.

Het gaat hierbij om de volgende locaties en veranderingen c.q. aanpassingen aan de weg:

- Sandrinapad 1: Aanleg erftoegangsweg
- Van Lodensteinstraat 21: Toename verkeer
- Van Lodensteinstraat 26: Toename verkeer

De trillingsmetingen zijn door IFCO uitgevoerd op 1 december 2020 op bovengenoemde adressen.

De meetsystemen hebben gedurende de meetperiode continu gemeten. Tussen 11:12 uur tot 11:34 uur werd met een vrachtwagen van de vuilnisinzameling van de Gemeente Zoetermeer een reeks testritten uitgevoerd om tijdens verschillende situaties de trillingen te meten. Daarbij zijn 5 proeven uitgevoerd waarbij per proef 4 keer werd gereden:

1^e proef: normaal rijden, bereikte snelheden tot 20 km/u;

2^e proef: normaal rijden en remmen voor het verkeersplateau, bereikte snelheden op het verkeersplateau tussen 10 tot 15 km/u;

3^e proef: normaal rijden zonder remmen voor het verkeersplateau, bereikte snelheden tot 20 tot 30 km/u;

4^e proef: naar het verkeersplateau toerijden vanuit de Voorhamstraat, bereikte snelheden bij het verkeersplateau 10 tot 15 km/u;

5^e proef: doorrijden tot het einde van de straat en remmen op het parkeerterrein ter hoogte van MP 1/MP2, bereikte snelheden tot 25 km/u.

3 Meetapparatuur.

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met de Profound *VIBRA*⁺, welke zowel de trillingsamplitude in x-, y- en z-richting alsmede de bijbehorende dominante frequentie vastlegt. Elk meetsysteem is gecodeerd met een nummer dat begint met VB. De *VIBRA*⁺ meet volledig conform SBR-A en SBR-B. De frequentie is bepaald volgens methode I van SBR-A. Per ingestelde intervaltijd van 1 seconde wordt de meest relevante meetwaarde opgeslagen. Het betreft die waarde die zich het dichtst bij de grenslijn van de gekozen gebouwcategorie bevindt dan wel deze het meest overschrijdt.

4 Beoordeling trillingen.

4.1 SBR-richtlijn A.

Met betrekking tot het aspect “schade aan gebouwen” worden de trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-A, versie 2017. Deze richtlijn is van toepassing op trillingen met een dominante frequentie tussen de 1 en 100 Hz. In SBR-A wordt onderscheid gemaakt in verschillende type metingen, namelijk een indicatieve, een beperkte en een uitgebreide meting. Tevens wordt onderscheid gemaakt in verschillende type trillingen, namelijk kortdurende, herhaald kortdurende en continue trillingen. En als laatste wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën bouwwerken, namelijk categorie 1 en categorie 2 met daarbij de status [normaal] of [gevoelig].

In het onderhavige geval zijn indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd.

Trillingen veroorzaakt door passerend verkeer zijn volgens SBR-A herhaald kortdurende trillingen. De frequenties van deze trillingen liggen in het algemeen vaak tussen 3 en 20 Hz.

De panden waaraan gemeten is worden geplaatst in categorie 2 [normaal].

In tabel 4-1 staan vanwege constructieve eisen de toelaatbare trillingen voor de draagconstructie van een gebouw op begane grondniveau, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen, een indicatieve meting en een gebouw in categorie 2.

TABEL 4-1 : Toelaatbare herhaald kortdurende trillingen [mm/s] aan constructie begane grond bij indicatieve trillingsmeting vanwege constructieve eisen								
Bouwwerk	Staat	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 2	normaal	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
	gevoelig	1,23	1,53	1,84	2,14	2,45	2,76	3,06

De kans op trillingsschade wordt bepaald door de verhouding tussen de optredende trillingen en de maximum toelaatbare trillingen. In tabel 4-2 wordt deze relatie weergegeven.

Tabel 4-2 : Ordegrootte kans op schade door trillingen volgens SBR-A	
Verhouding optredende trillingen t.o.v. toelaatbare trillingen	Ordegrootte kans op schade
$\leq 1,0$	1 %
1,2	3 %
1,5	5 %
2	10 %
3	30 %

Volgens SBR-A is de kans op trillingsschade < 1 % in het geval de optredende trillingen kleiner zijn dan de maximum toelaatbare trillingen. Wanneer de trillingen voldoen aan de waarden uit SBR-A, is het onwaarschijnlijk dat als gevolg van trillingen schade optreedt. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt.

4.2 SBR-richtlijn B.

Met betrekking tot het aspect “hinder voor personen” worden trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-B. In SBR-B wordt onderscheid gemaakt in de duur van de periode waarin de trillingen voorkomen, te weten een lange en een korte periode. Wanneer sprake is van een lange periode wordt tevens onderscheid gemaakt in gebouwfuncties, dag- en nachtperioden, type trillingen en bestaande, nieuwe en gewijzigde situaties.

Voor het onderhavige project wordt uitgegaan van een lange periode, de dagperiode en een bestaande en gewijzigde situatie. Voorbeelden van een gewijzigde situatie zijn onder andere de vervanging van het wegdek en verhoging van de verkeersintensiteit.

Na aanpassing van de wegen zal sprake zijn van een gewijzigde situatie. Voor de beoordeling van de gewijzigde situatie geldt als uitgangspunt dat de wijziging niet tot een verhoging van de reeds aanwezige trillingssterkte mag leiden.

In tabel 4-3 worden de streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen vermeld over lange perioden in gebouwen, uitgaande van een bestaande en gewijzigde situatie.

TABEL 4-3 : Streefwaarden voor bestaande/gewijzigde situaties gedurende een lange periode						
Gebouwfunctie	dag & avond (7:00 uur - 19:00 uur - 23:00 uur)			nacht (23:00 uur - 7:00 uur)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,10
2. Wonen	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,10
3. Onderwijs en kantoor	0,30	1,20	0,15	0,30	1,20	0,15
4. Bijeenkomst	0,30	1,20	0,15	0,30	1,20	0,15
5. Kritische werkruimte	0,10	0,10	----	0,10	0,10	----

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{\text{eff, max}}$) [dimensieloos].

A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte ($v_{\text{eff, max}}$) [dimensieloos].

A3 = streefwaarde voor de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde (v_{per}) [dimensieloos].

Volgens SBR-B mogen de trillingen voor personen in het algemeen als toelaatbaar worden beschouwd als wordt voldaan aan één van de volgende twee voorwaarden:

1. De $v_{\text{eff, max}}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A1.
of
2. De $v_{\text{eff, max}}$ in een ruimte moet kleiner zijn dan A2, waarbij v_{per} kleiner is dan A3.

Omdat grenswaarden voor trillingshinder niet scherp gedefinieerd kunnen worden, wordt in SBR-B gesproken over streefwaarden. Als de trillingssterkte onder deze streefwaarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden.

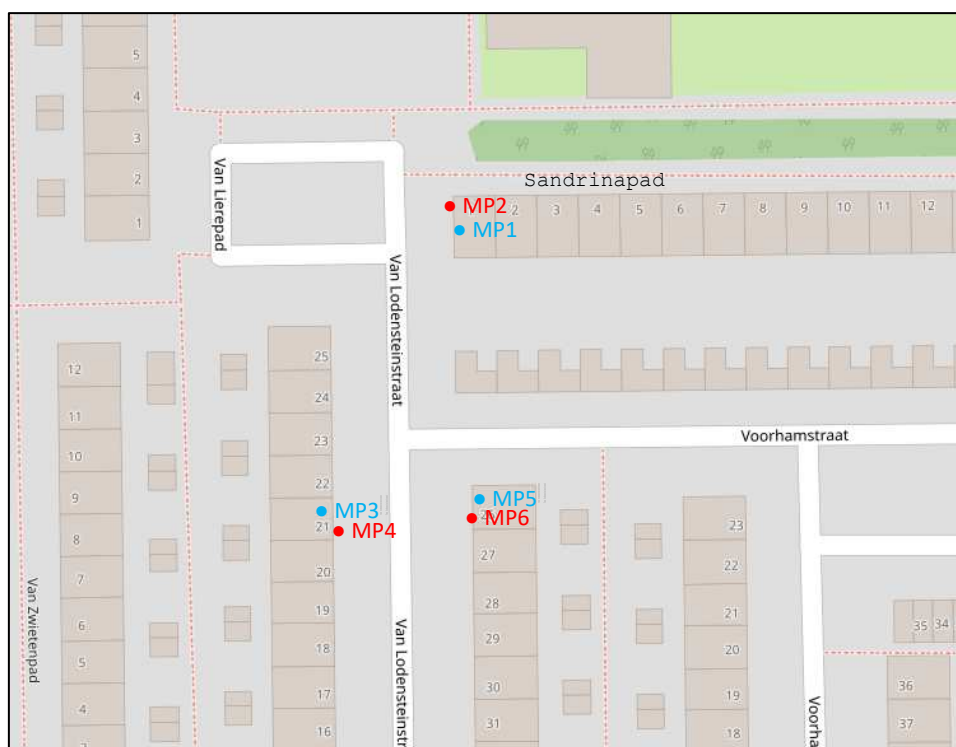
5 Meetlocaties.

In tabel 5-1 is aangegeven op welke locaties en met welke meetsystemen de trillingsmetingen zijn uitgevoerd. Ook wordt de kortste afstand van het meetpunt tot de weg aangegeven.

TABEL 5-1 : Meetlocaties trillingsmetingen				
Meet-punt	Meet-systeem	Adres	Meetlocatie	Afstand tot wegdek
1	VB004	Woning Sandrinapad 1	2 ^e verdieping, rechter zijgevel, tussen nok en zijde voorgevel	± 8,8 m
2	VB006	Woning Sandrinapad 1	Rechter zijgevel, bij voorgevel	± 6,5 m
3	VB008	Woning Van Lodensteinstraat 21	BG, voorgevel, 0,5 m vanaf rechter zijgevel	± 5,2 m
4	VB010	Woning Van Lodensteinstraat 21	Voorgevel, nabij linker zijgevel	± 5,0 m
5	VB005	Woning Van Lodensteinstraat 26	BG, voorgevel, 0,5 m vanaf linker zijgevel	± 7,7 m
6	VB009	Woning Van Lodensteinstraat 26	Voorgevel, nabij rechter zijgevel	± 7,5 m

Meetpunten 2, 4 en 6 zijn voor toetsing aan SBR-A. Meetpunten 1, 3 en 5 zijn voor toetsing aan SBR-B.

In figuur 5.1 zijn de meetlocaties op kaart aangegeven (meetpunten 1 t/m 6).



Figuur 5.1: meetpunten Van Lodensteinstraat en Sandrinapad

In onderstaande foto's zijn de betreffende woningen en meetpunten gepresenteerd.



Foto 1 en 2: locatie meetpunten 1 (binnen) en 2 (buiten) aan het Sandrinapad 1



Foto 3 en 4: locatie meetpunten 3 (binnen) en 4 (buiten) aan de Van Lodensteinstraat 21



Foto 5 en 6: locatie meetpunten 5 (binnen) en 6 (buiten) aan de Van Lodensteinstraat 26

IFCO heeft op 18 november 2020 op de nieuwbouwlocatie Palenstein Vlek G een risicoanalyse uitgevoerd, waarbij het exterieur van de panden visueel is beschouwd. De resultaten van deze risicoanalyse worden separaat gepresenteerd. Op basis van deze risicoanalyse worden de panden aan de Van Lodensteinstraat 21 en 26 en Sandrinapad 1 geplaatst in categorie 2 [normaal].

6 Meetresultaten.

6.1 Presentatie.

De meetresultaten van de trillingsmetingen zijn toegevoegd in de BIJLAGEN I t/m VI. Per meetpunt worden de volgende grafieken gepresenteerd:

1. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de tijd [dagen] op de horizontale as.
2. De trillingssterkte $v_{top,i}$ [mm/s] op de verticale as tegen de frequentie [Hz] op de horizontale as. Hierin zijn voor de meetpunten 2, 4 en 6 de toelaatbare waarden uit SBR-A voor een gebouw in categorie 2 als lijn weergegeven, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen en een indicatieve meting.

Voor de meetpunten 1, 3 en 5 (SBR-B) worden aanvullend de volgende grafieken gepresenteerd:

3. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] op de verticale as tegen de tijd op de horizontale as.
4. De effectieve waarde van de trillingssterkte $v_{eff,max}$ [-] en de v_{per} [-] over de gehele meetperiode op de verticale as tegen de tijd in daguren van de gehele meetperiode op de horizontale as.

6.2 Analyse en opmerkingen.

De *VIBRA*⁺ registreert alle trillingen, dus ook trillingen die niet door het passerende verkeer worden veroorzaakt. Hierbij kan gedacht worden aan het dichtklappen van een deur, het aanstoten van de meetsensor, werkzaamheden in de omgeving en het lopen van personen ter plaatse van het meetpunt, enzovoorts. Voor het bepalen van de maximum trillingen die zijn veroorzaakt door verkeer gedurende de meetperiode, zijn de meetresultaten van de verschillende meetpunten met elkaar vergeleken en nader geanalyseerd. Doordat de meting bemand is uitgevoerd is tevens een goed beeld verkregen van de trillingen die zijn veroorzaakt door het verkeer.

Op meetpunt 5 is om 10:43 uur een afwijkende trilling gemeten met een waarde van 1,90 mm/s. Deze trilling is niet veroorzaakt door verkeer, maar naar verwachting door een lokale trillingsbron in de woning.

Het patroon van de verkeersproef is duidelijk afleesbaar in de grafieken van de meetpunten 3 t/m 6. De laagste trillingen zijn gemeten tijdens proef 2, waarbij de snelheid van de wagen kort voor het verkeersplateau werd gereduceerd tot circa 10 à 15 km/h. De hoogste trillingen zijn gemeten tijdens proef 3, waarbij zonder te remmen over het verkeersplateau is gereden.

De meetresultaten van de meting aan het Sandrinapad vertonen een wat ander beeld dan de meetresultaten aan de Van Lodensteinstraat. Dit heeft er onder andere mee te maken dat deze meetpunten op grotere afstand van het verkeersplateau zijn gelegen. Tevens vonden er tegenover de woning aan het Sandrinapad werkzaamheden plaats welke ook trillingen veroorzaakten.

Over het algemeen zijn de hoogste trillingen gemeten in de verticale z-richting. De frequenties van de gemeten trillingen liggen veelal tussen circa 2 en 12 Hz.

Volgens de bewoners aan de Van Lodensteinstraat worden naar hun gevoel de hoogste trillingen veroorzaakt door met name vrachtverkeer en vuilniswagens ter plaatse van het verkeersplateau.

6.3 Toetsing trillingen aan SBR-A.

In tabel 6-1 worden per meetpunt telkens de twee hoogst gemeten maximum trillingen vermeld welke zijn veroorzaakt door (vracht)verkeer. Deze trillingen worden getoetst aan SBR-A, uitgaande van een indicatieve meting en een gebouw in categorie 2 [normaal].

TABEL 6-1 : Maximum trillingen door verkeer - SBR-A					
Meetpunt	Maximum trilling				Voldoet aan SBR-A categorie 2
	datum	tijdstip	grootte	frequentie	[normaal]
2	01-12-2020	11:07 uur	1,14 mm/s*	6,5 Hz	ja
2	01-12-2020	11:14 uur	0,93 mm/s	6,0 Hz	ja
4	01-12-2020	11:20 uur	1,35 mm/s	8,5 Hz	ja
4	01-12-2020	11:21 uur	1,65 mm/s	5,5 Hz	ja
6	01-12-2020	11:20 uur	1,72 mm/s	11,0 Hz	ja
6	01-12-2020	11:21 uur	2,28 mm/s	11,0 Hz	nee

(*) Van deze trilling is het niet helemaal zeker of deze door verkeer is veroorzaakt.

Het merendeel van de maximum trillingen is gemeten tijdens de verkeersproef tussen 11:12 en 11:34 uur.

Op één na zijn alle gemeten trillingen, welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer, kleiner dan SBR-A toelaatbaar acht voor een gebouw in categorie 2 [normaal], uitgaande van een indicatieve meting. Alleen bij meetpunt 6 (Van Lodensteinstraat 26) is een zeer lichte overschrijding gemeten. Wanneer wordt uitgegaan van een uitgebreide meting, voldoet deze trilling wel aan SBR-A.

6.4 Toetsing trillingen aan SBR-B.

In tabel 6-2 worden per meetpunt de maximum gemeten V_{eff} vermeld welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer. Deze waarden worden getoetst aan de toelaatbare waarden voor A2 uit SBR-B, uitgaande van een bestaande situatie.

TABEL 6-2 : Maximum trillingen door verkeer - SBR-B				
Meetpunt	Maximum trilling			Voldoet aan SBR-B ($V_{eff, max} < 0,8$)
	datum	tijdstip	$V_{eff, max}$	
1	01-12-2020	11:07 uur	0,95*	nee*
1	01-12-2020	11:21 uur	0,57	ja
3	01-12-2020	11:21 uur	0,60	ja
3	01-12-2020	11:19 uur	0,54	ja
5	01-12-2020	11:21 uur	0,98	nee
5	01-12-2020	11:20 uur	0,83	nee

(*) Van deze trilling is het niet helemaal zeker of deze door verkeer is veroorzaakt.

Het toetsen van de meetresultaten aan SBR-B wordt gedaan op basis van de waarde A2, omdat A1 vrijwel nooit maatgevend is en A3 in deze situatie niet representatief is in verband met de relatief korte meetperiode. De v_{per} (=waarde A3) is van toepassing voor een meetperiode van minimaal één etmaal. In het onderhavige geval is slechts een kort deel van de dag gemeten, waardoor de v_{per} relatief hoog uitvalt. Bij vergelijkbare projecten is gebleken dat de v_{per} over het algemeen vrijwel altijd kleiner is dan de waarde A3.

7 Prognose trillingen.

7.1 Opzet prognose en uitgangspunten.

Door wegverkeer worden trillingen opgewekt die zich via de bodem voortplanten en waarvan de grootte afneemt bij toename van de afstand tot de weg waarvan het verkeer gebruik maakt. Deze trillingen worden in een gedempte vorm doorgegeven aan een gebouw, dat daardoor wordt blootgesteld aan een zekere mate van trillingsbelasting.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij meerdere trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type trillingsbron en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is vertaald naar verschillende IFCO-prognosegrafieken (voor o.a. heiwerk, trilwerk en verkeer).

Uit metingen in het verleden is gebleken dat trillingen door verkeer een vrij grote bandbreedte hebben. Dit heeft te maken met het feit dat de grootte van de trillingen onder meer afhangt van:

- De constructie en zwaarte van het gebouw.
- De funderingswijze van het gebouw.
- De bodemopbouw ter plaatse van het gebouw.
- De snelheid en zwaarte van het verkeer.
- De aanwezigheid van verkeersdrempels en andere obstakels.
- De vlakheid en soort verharding van de weg.

De IFCO-prognosegrafiek bevat diverse resultaten van trillingsmetingen aan gebouwen bij verkeer over een vlakke weg en verkeer over verkeersdrempels en plateau's. De grafiek betreft een gemiddelde van hoogst gemeten trillingen, waarin verschillende typen voertuigen, gebouwen en wegdektypen zijn verwerkt.

Er wordt uitgegaan van een gemiddeld verkeersbeeld en dat het verkeer niet harder rijdt dan 30 km/u. Volgens opgave zal na de aanleg van een erftoegangsweg aan het Sandrinapad gemiddeld 5 keer per dag vrachtverkeer door de straat rijden. In de gewijzigde situatie zal de verkeersintensiteit in de wijk toenemen.

Navolgend wordt op basis van de uitgevoerde trillingsmetingen en op basis van de IFCO-prognosegrafieken voor verkeer aangegeven welke maximum trillingen door verkeer worden verwacht op verschillende afstanden uit de weg.

7.2 Trillingsprognose verkeer.

De hoogst gemeten piektrillingen tijdens de verkeersproef zijn veroorzaakt door een relatief zware vuilniswagen in de meest ongunstige situatie. Volgens opgave zal in de gewijzigde situatie normaal verkeer en vrachtverkeer door de straat rijden. Ten behoeve van de prognose wordt derhalve gerekend met de gemiddeld hoogst gemeten trillingen en niet uitsluitend met de maximum piektrillingen.

SBR-richtlijn A (schade aan gebouwen)

In BIJLAGE VII is de prognosegrafiek voor verkeer gepresenteerd met betrekking tot SBR-A. Hierin is middels een blauwe lijn de standaard IFCO-prognoselijijn voor verkeer aangegeven. In de grafiek is vervolgens het gemiddelde van de gemeten hoogste trillingen als punten weergegeven. Op basis van deze meetpunten is de standaard prognoselijijn geschaald naar een prognoselijijn voor de gewijzigde situatie (rode streep-stippelijijn). Hierbij zijn de gemeten trillingen aan de Van Lodensteinstraat als meest maatgevend beschouwd.

Op basis van de prognosegrafiek worden in tabel 7-1 voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-A, uitgaande van een indicatieve meting.

TABEL 7-1 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad		
Afstand tot weg	$v_{top,i}$	Voldoet aan SBR-A categorie 2 [normaal]
1,0 m	2,8 mm/s	nee
2,0 m	2,3 mm/s	nee
4,0 m	1,9 mm/s	ja
6,0 m	1,6 mm/s	ja
8,0 m	1,5 mm/s	ja
10,0 m	1,4 mm/s	ja
15,0 m	1,2 mm/s	ja
20,0 m	1,1 mm/s	ja

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-A, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 4,0 m uit de weg zijn gelegen. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-A voldoen.

De uiteindelijke trillingen die optreden zullen mede afhangen van de snelheid van het (vracht)verkeer. De prognose is enigszins conservatief opgesteld, waarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid van verkeersdrempels.

SBR-richtlijn B (hinder voor personen)

In BIJLAGE VIII is de prognosegrafiek voor verkeer gepresenteerd met betrekking tot SBR-B. In de grafiek is het gemiddelde van de gemeten hoogste trillingen ($v_{eff,max}$) als punten weergegeven. Op basis van deze meetpunten is een prognoselijn voor de gewijzigde situatie (groene streep-stippellijn) gemaakt. Hierbij is de helling van de standaard IFCO-prognoselijn als basis aangehouden.

Op basis van de prognosegrafiek worden in tabel 7-2 voor verschillende afstanden tot de weg de maximum trillingen ($v_{eff,max}$) vermeld die naar verwachting zullen optreden in de gewijzigde verkeerssituatie. Daarbij wordt aangegeven of de te verwachten trillingen voldoen aan SBR-B.

TABEL 7-2 : Te verwachten trillingen gewijzigde situatie Sandrinapad		
Afstand tot weg	$v_{eff,max}$	Voldoet aan SBR-B $A2 < 0,8$
1,0 m	1,4	nee
2,0 m	1,1	nee
4,0 m	0,9	nee
6,0 m	0,8	ja
8,0 m	0,7	ja
10,0 m	0,7	ja
15,0 m	0,6	ja
20,0 m	0,5	ja

Toetsing aan SBR-B is gedaan op basis van de waarde $A2$. In de praktijk is namelijk gebleken dat de waarde $A1$ vrijwel nooit maatgevend is en $A3$ (v_{per}) veelal voldoet als $A2$ ook voldoet.

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat na aanpassing van de verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-B, wanneer de woningen op een afstand van meer dan 6,0 m uit de weg zijn gelegen. In de nieuwe situatie zal de afstand van de voorgevel tot de zijkant van de weg 8,35 m bedragen en zullen de trillingen aan de SBR-B voldoen.

Het middels een prognose voorspellen van trillingshinder is zeer lastig, omdat dit mede afhangt van waar in de woning men de meeste trillingshinder ervaart en dit dus op verschillende plaatsen in de woning kan zijn. De prognose voor SBR-B moet daarom worden gezien als een zo goed mogelijke indicatie van de te verwachten trillingshinder.

De uiteindelijke trillingen die optreden zullen mede afhangen van de snelheid van het (vracht)verkeer. De prognose is enigszins conservatief opgesteld, waarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid van verkeersdrempels.

8 Samenvatting en conclusies.

Voor het project “Palenstein Vlek G” te Zoetermeer heeft IFCO middels het uitvoeren van trillingsmetingen onderzoek gedaan naar de trillingen die worden veroorzaakt door verkeer over de Van Lodensteinstraat en nabij het Sandrinapad. Aan de hand van de resultaten van de trillingsmetingen en door het opstellen van een trillingsprognose wordt een inschatting gegeven van de trillingen die worden veroorzaakt in de gewijzigde verkeerssituatie, waarbij het Sandrinapad een erftoegangsweg wordt en de verkeersintensiteit in de wijk toeneemt.

De trillingsmetingen zijn tevens bedoeld om te bepalen of de huidige trillingen, bij inzet van een vrachtwagen, voldoen aan SBR-richtlijn A (schade aan gebouwen) en SBR-richtlijn B (hinder voor personen).

De metingen zijn uitgevoerd op de volgende locaties:

- Sandrinapad 1
- Van Lodensteinstraat 21 (nabij verkeersplateau)
- Van Lodensteinstraat 26 (nabij verkeersplateau)

Tijdens de meetproef op 1 december 2020 is met een vuilniswagen (half vol) een aantal keer en met verschillende snelheden door de Van Lodensteinstraat en over het verkeersplateau gereden om zo de praktisch meest ongunstige situatie te creëren.

Op één na zijn alle gemeten trillingen tijdens de meetproef kleiner dan SBR-richtlijn A toelaatbaar acht voor een gebouw in categorie 2 [normaal] en een indicatieve meting. Bij uitvoering van een uitgebreide meting zouden alle trillingen voldoen aan de richtlijn.

Het merendeel van de gemeten trillingen tijdens de meetproef is kleiner dan de streefwaarden uit SBR-richtlijn B. De gemeten trillingen zijn echter wel goed voelbaar.

De hoogste trillingen zijn gemeten bij het passeren van de vuilniswagen over het verkeersplateau zonder snelheid te minderen. De verwachting is dat dit normaal gesproken in de praktijk niet of nauwelijks voorkomt.

Op basis van het trillingsonderzoek is de verwachting dat in de gewijzigde verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-richtlijn A, gezien de woningen zich op een afstand van 8,35 m uit de weg bevinden. De kans op trillingsschade aanvaardbaar klein geacht (< 1 %).

Op basis van de trillingsprognose is de verwachting dat in de gewijzigde verkeerssituatie de trillingen ter plaatse van de woningen aan het Sandrinapad voldoen aan SBR-richtlijn B, gezien de woningen zich op een afstand van 8,35 m uit de weg bevinden.

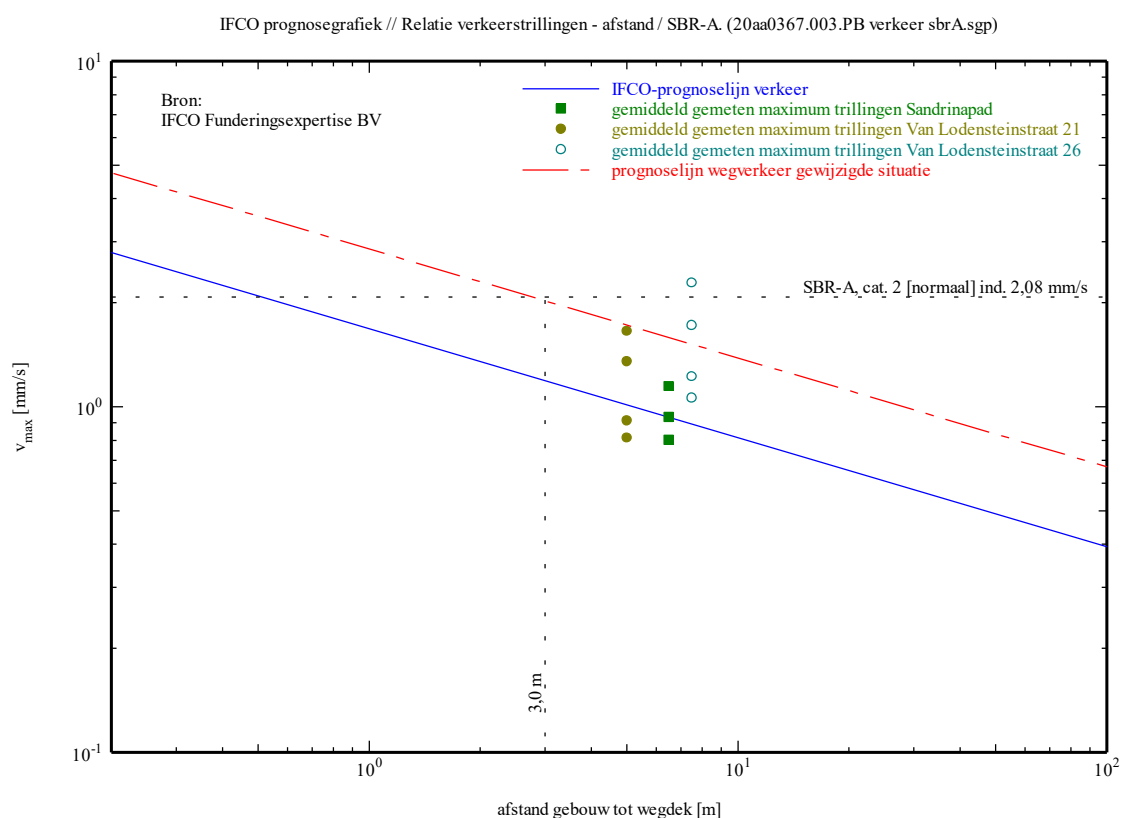
Afhankelijk van de uiteindelijke wegconstructie in de gewijzigde situatie dient rekening te worden gehouden met sporadisch een (lichte) overschrijding van de richtlijnen. Dit zal met name afhangen van het feit waar een verkeersdrempels wordt geplaatst.

9 **Bijlagen.**

- I: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 1
- II: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 2
- III: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 3
- IV: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 4
- V: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 5
- VI: Grafische uitwerking trillingsmetingen meetpunt 6
- VII: Prognosegrafiek verkeer SBR-A (onderaan rapport)
- VIII: Prognosegrafiek verkeer SBR-B (onderaan rapport)

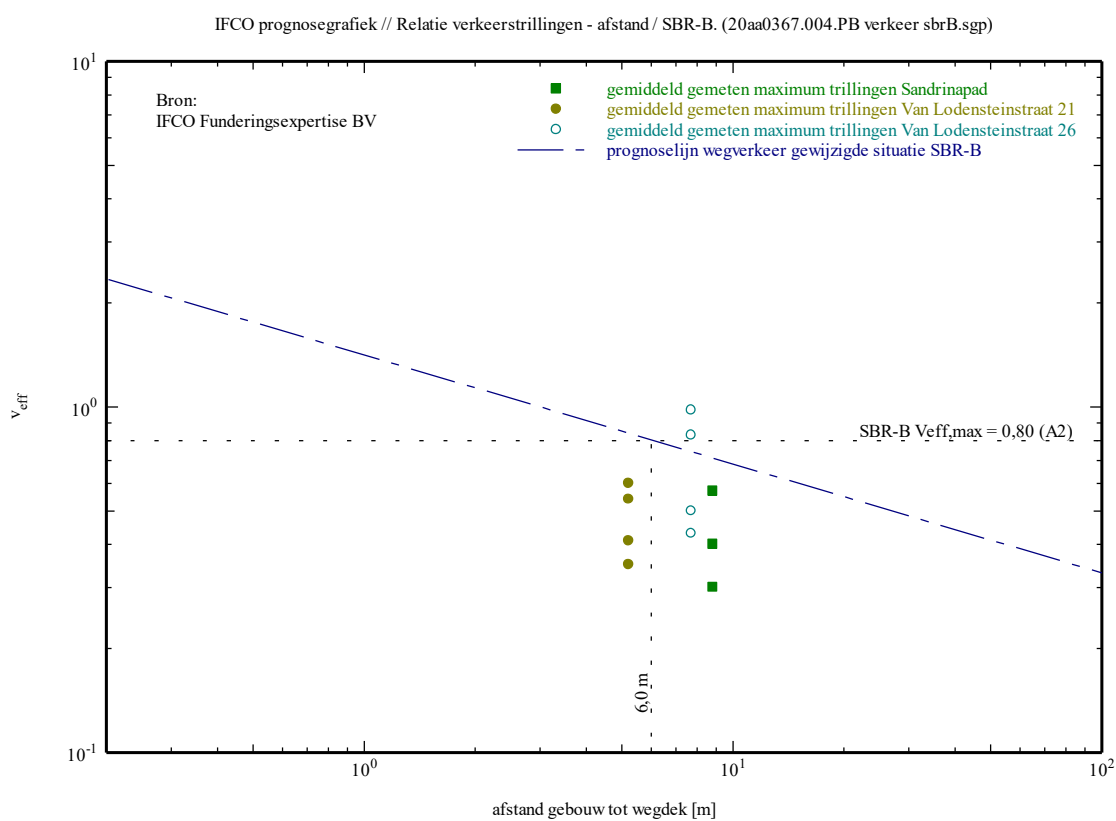
BIJLAGE VII

Prognosegrafiek verkeer SBR-A

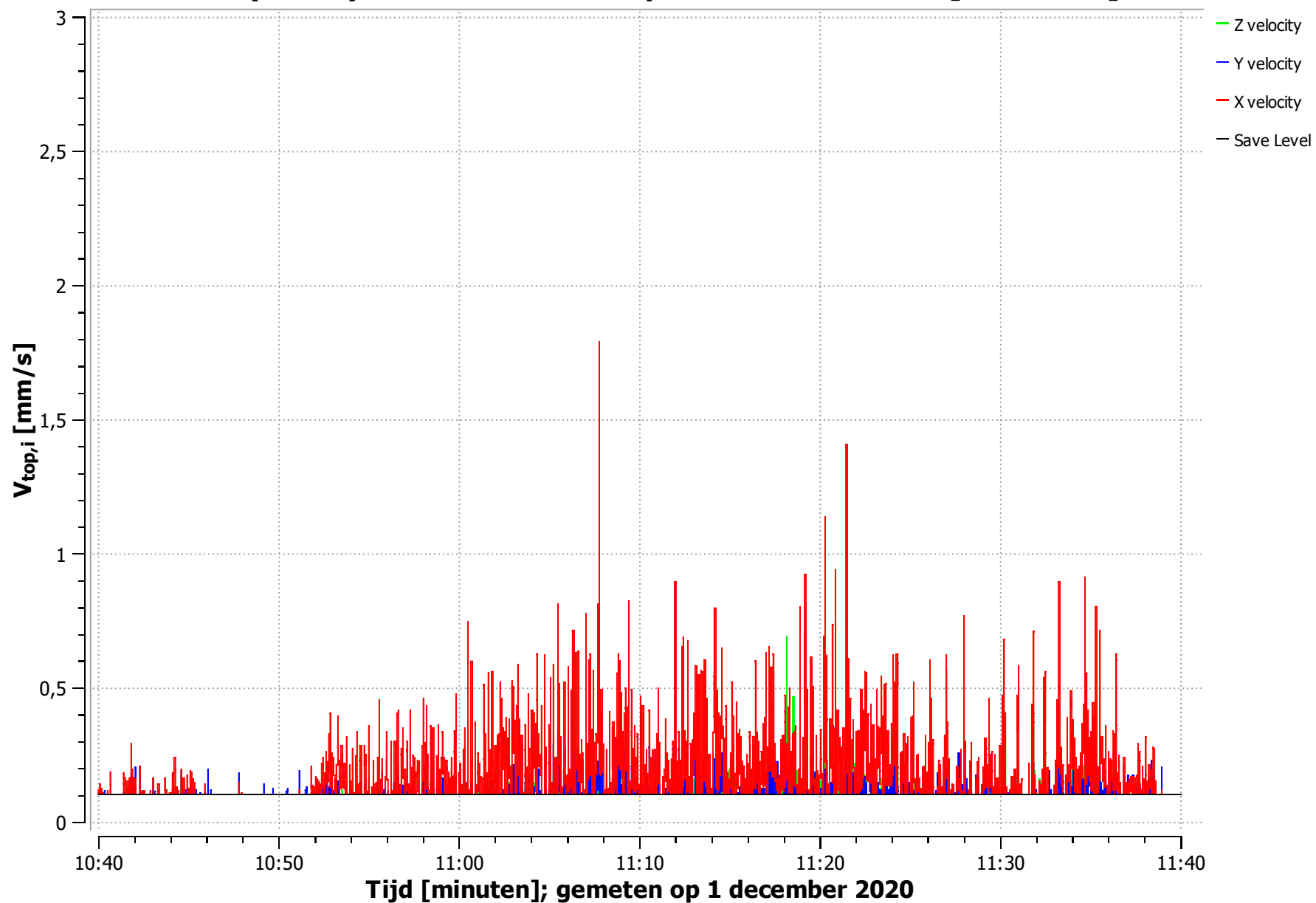


BIJLAGE VIII

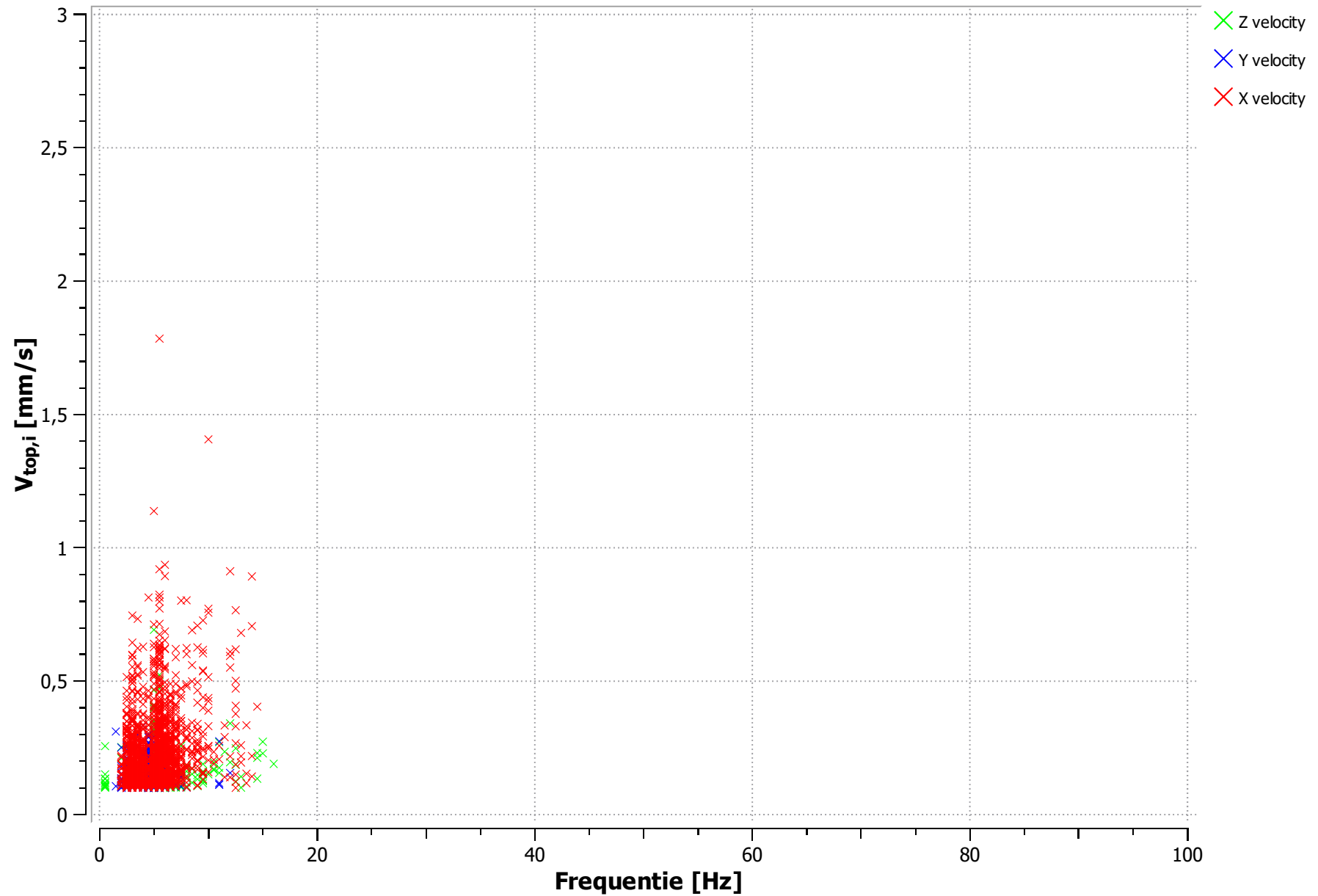
Prognosegrafiek verkeer SBR-B



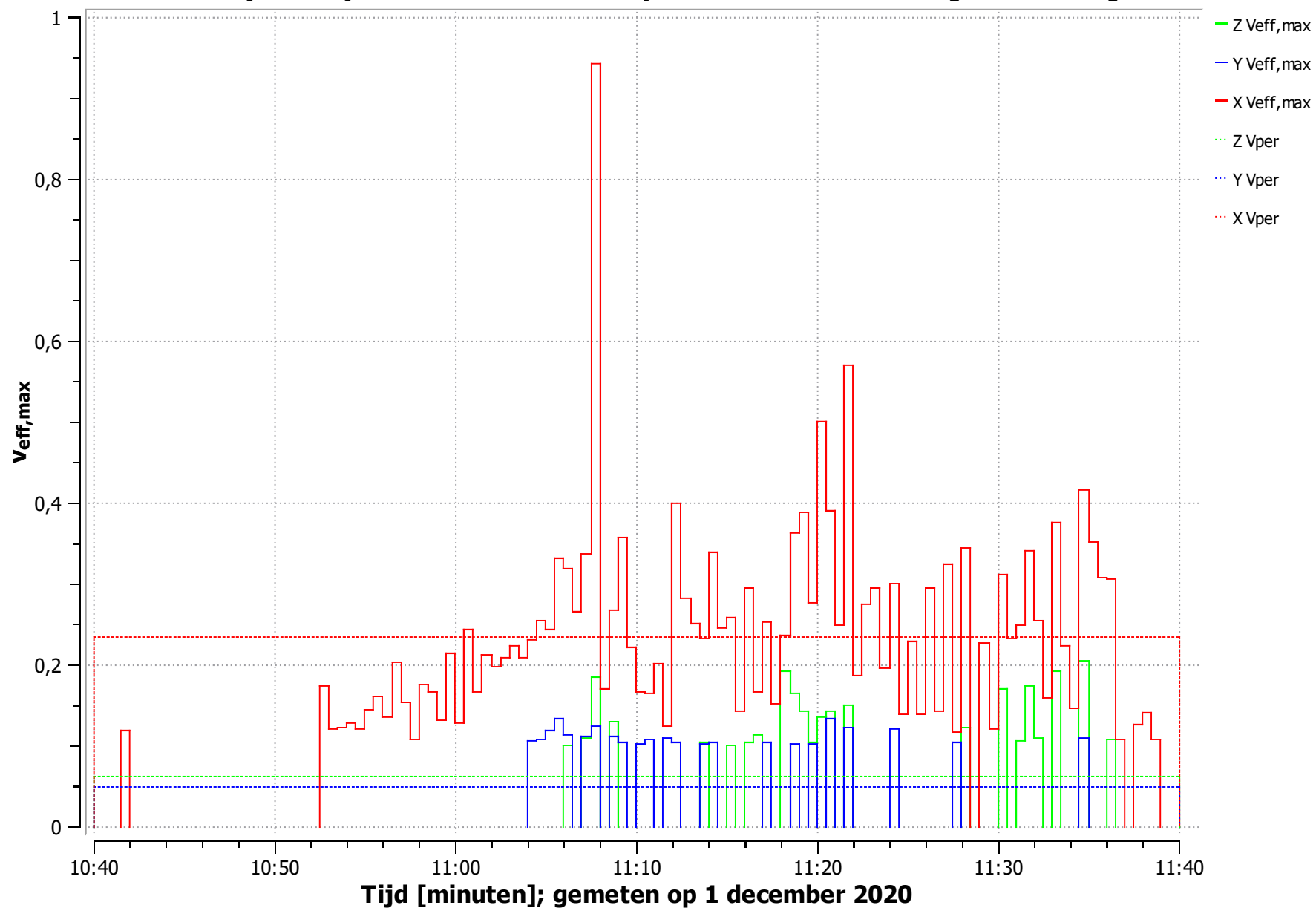
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



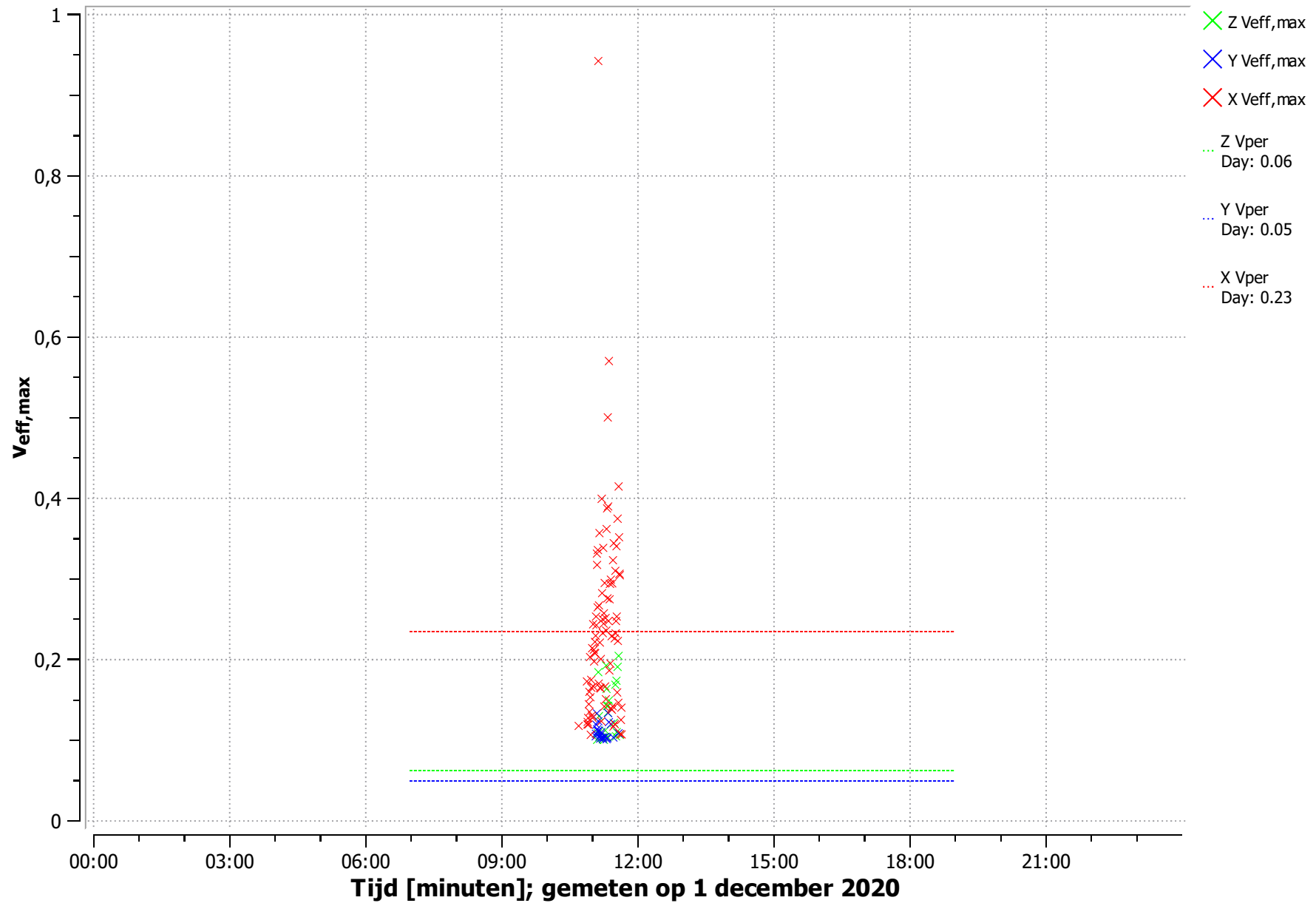
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



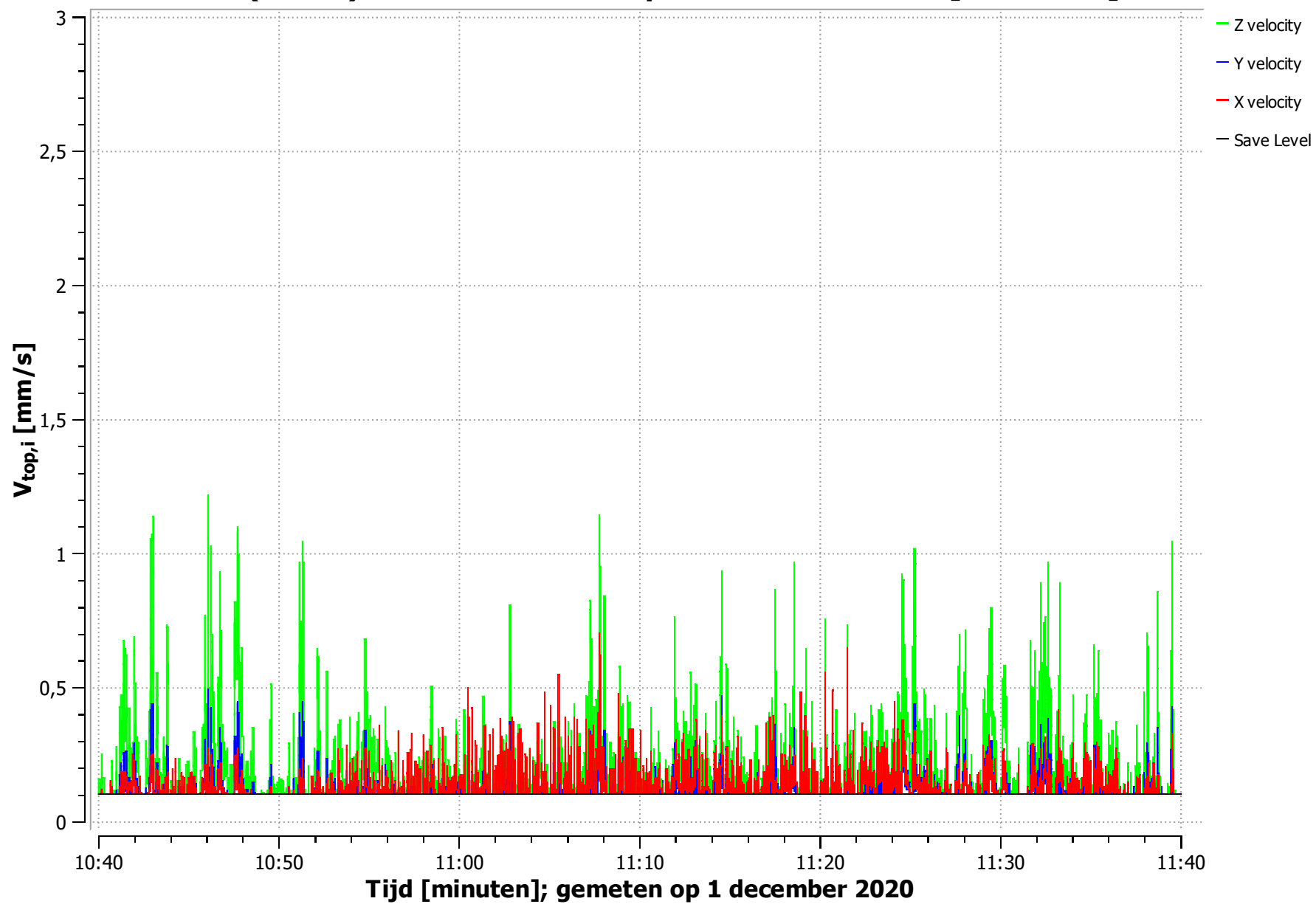
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



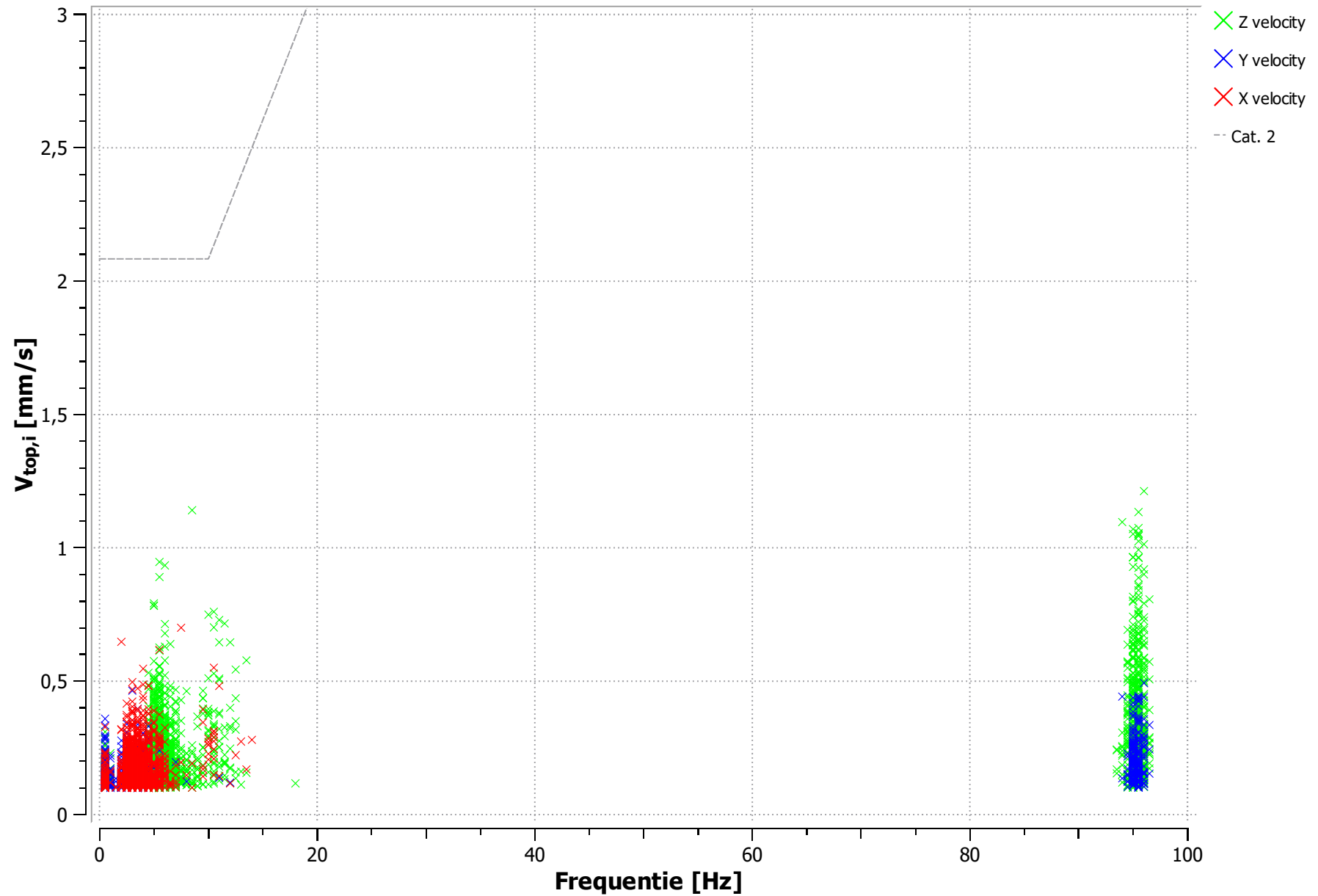
MP1 (SBR-B) / VB004 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



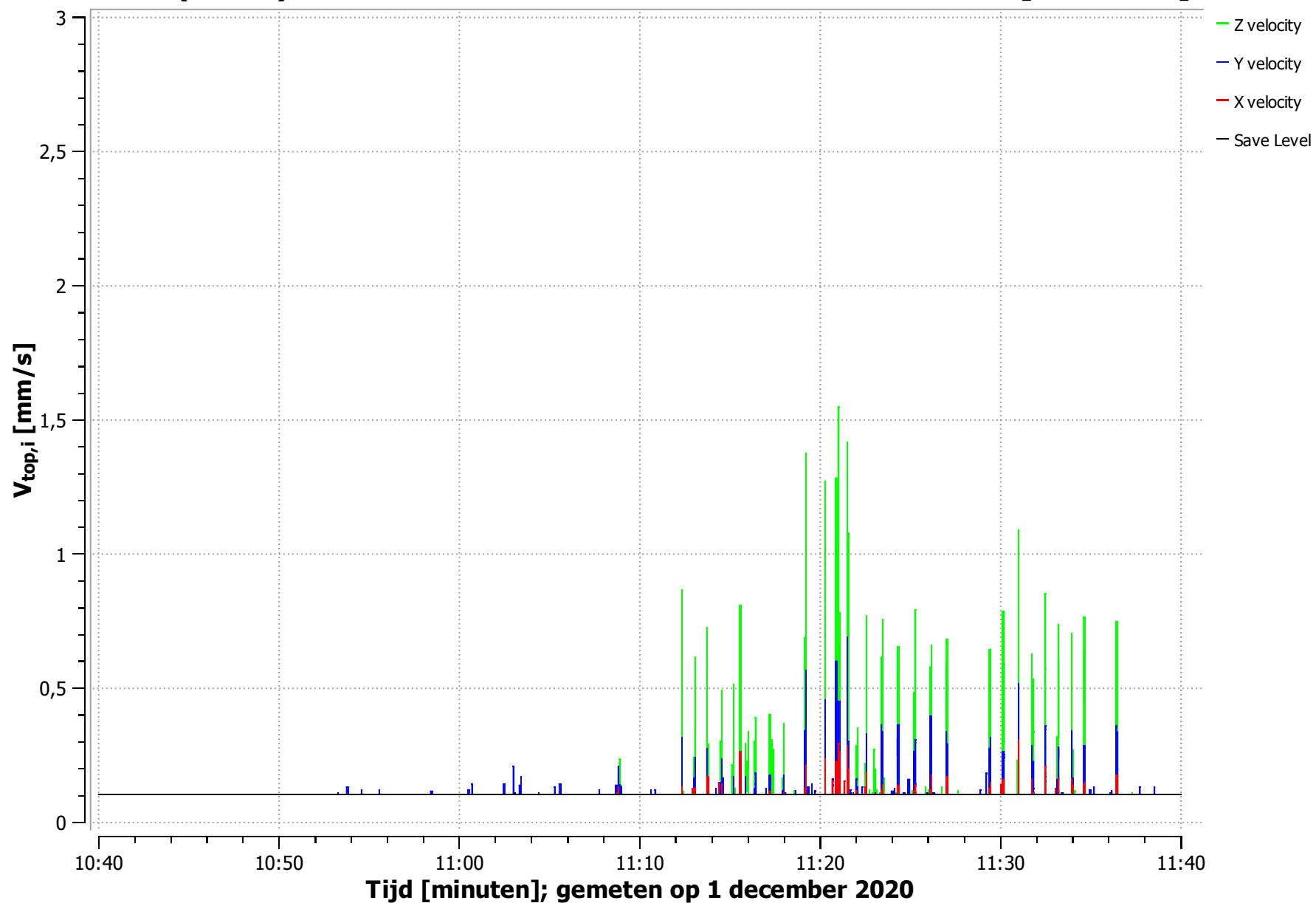
MP2 (SBR-A) / VB006 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



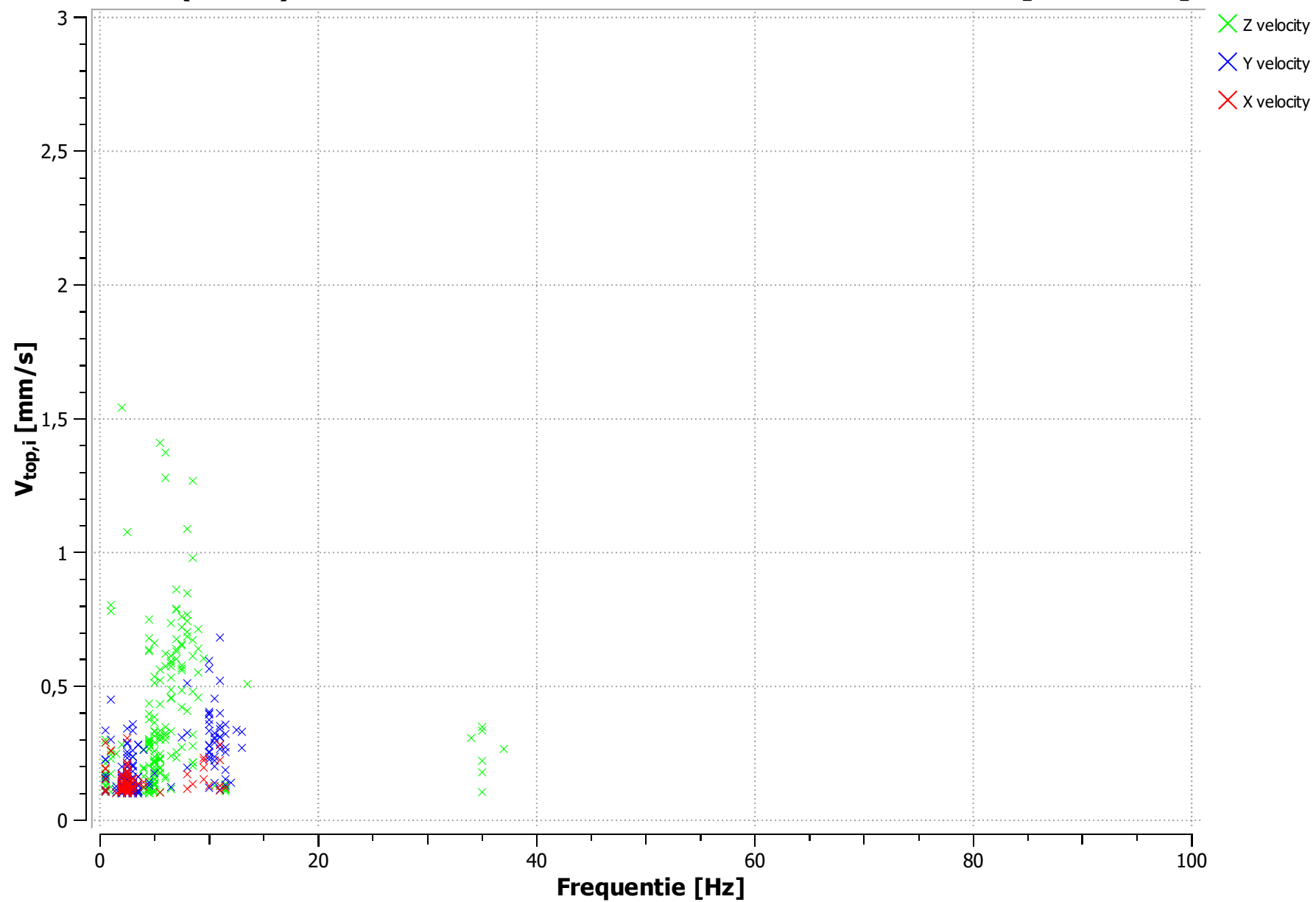
MP2 (SBR-A) / VB006 / Sandrinapad 1 te Zoetermeer [20AA0367]



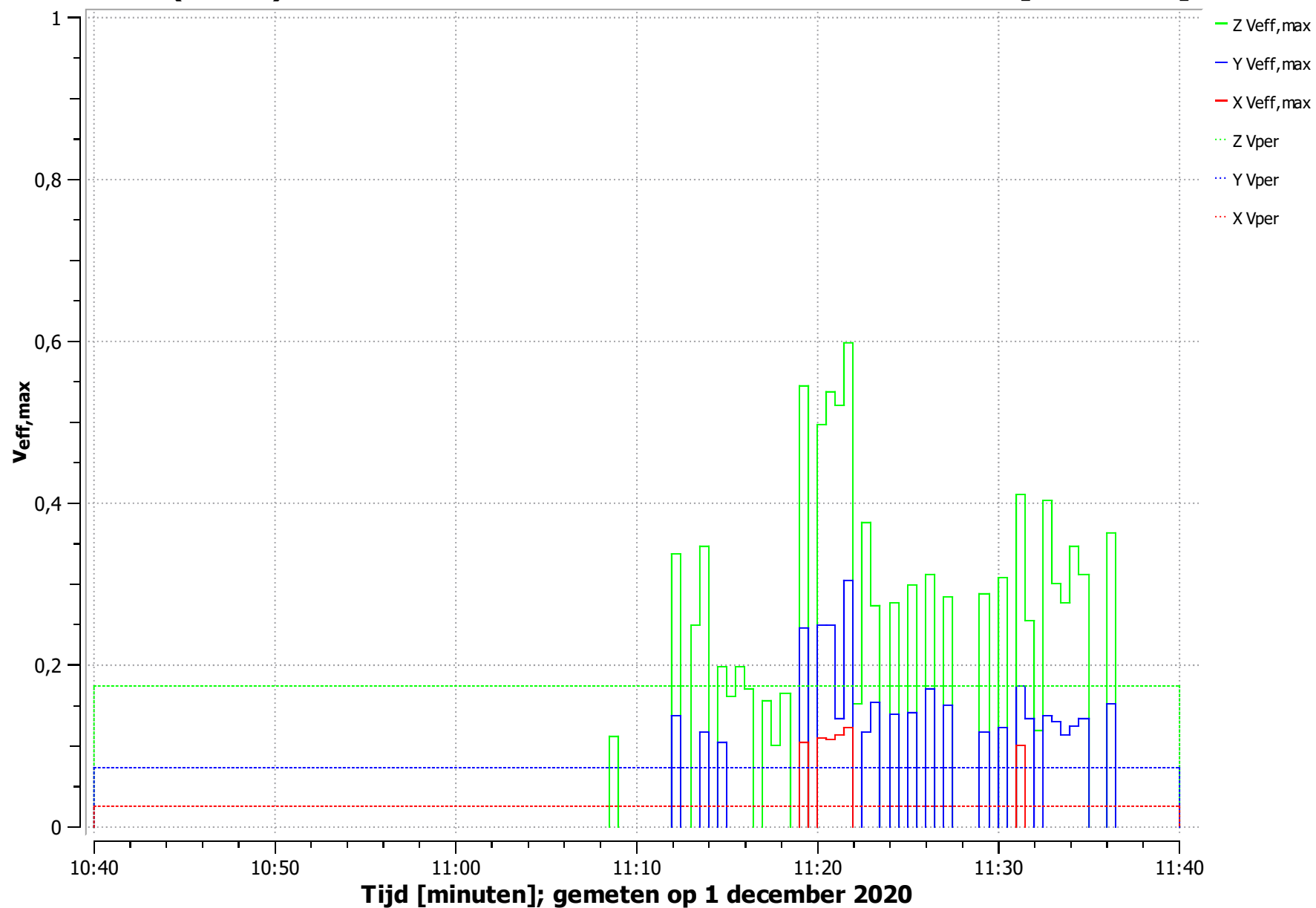
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



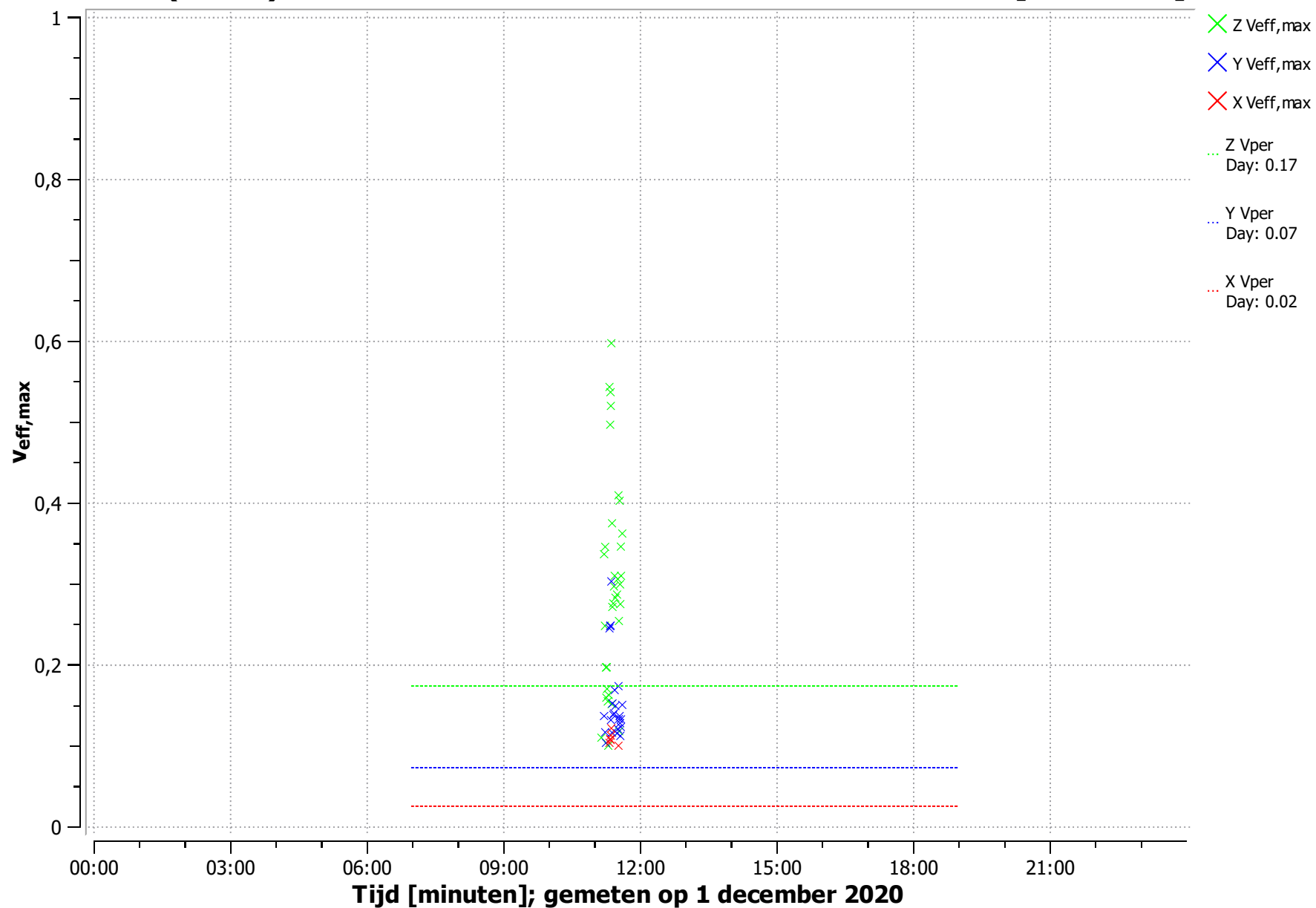
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



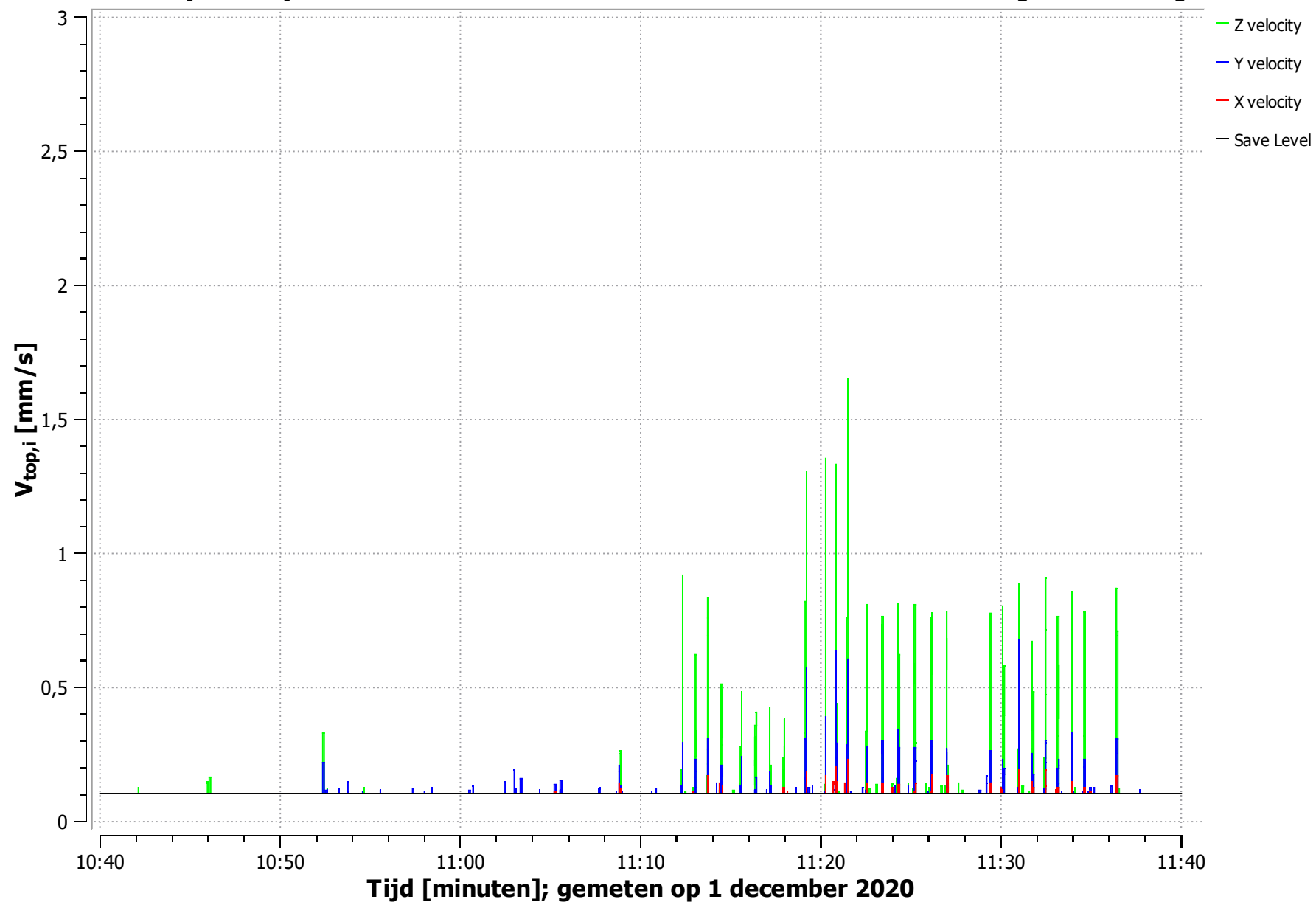
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



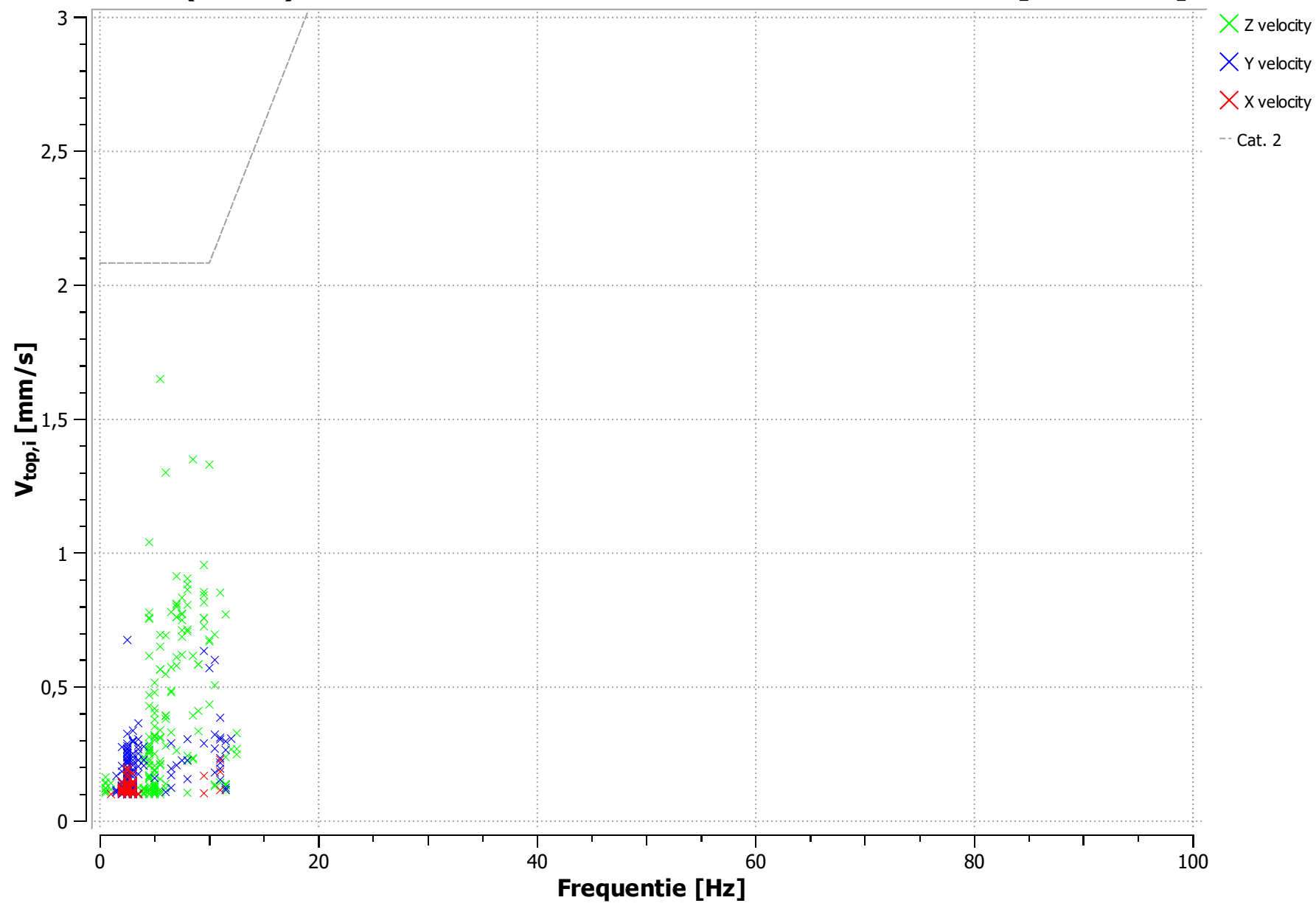
MP3 (SBR-B) / VB008 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



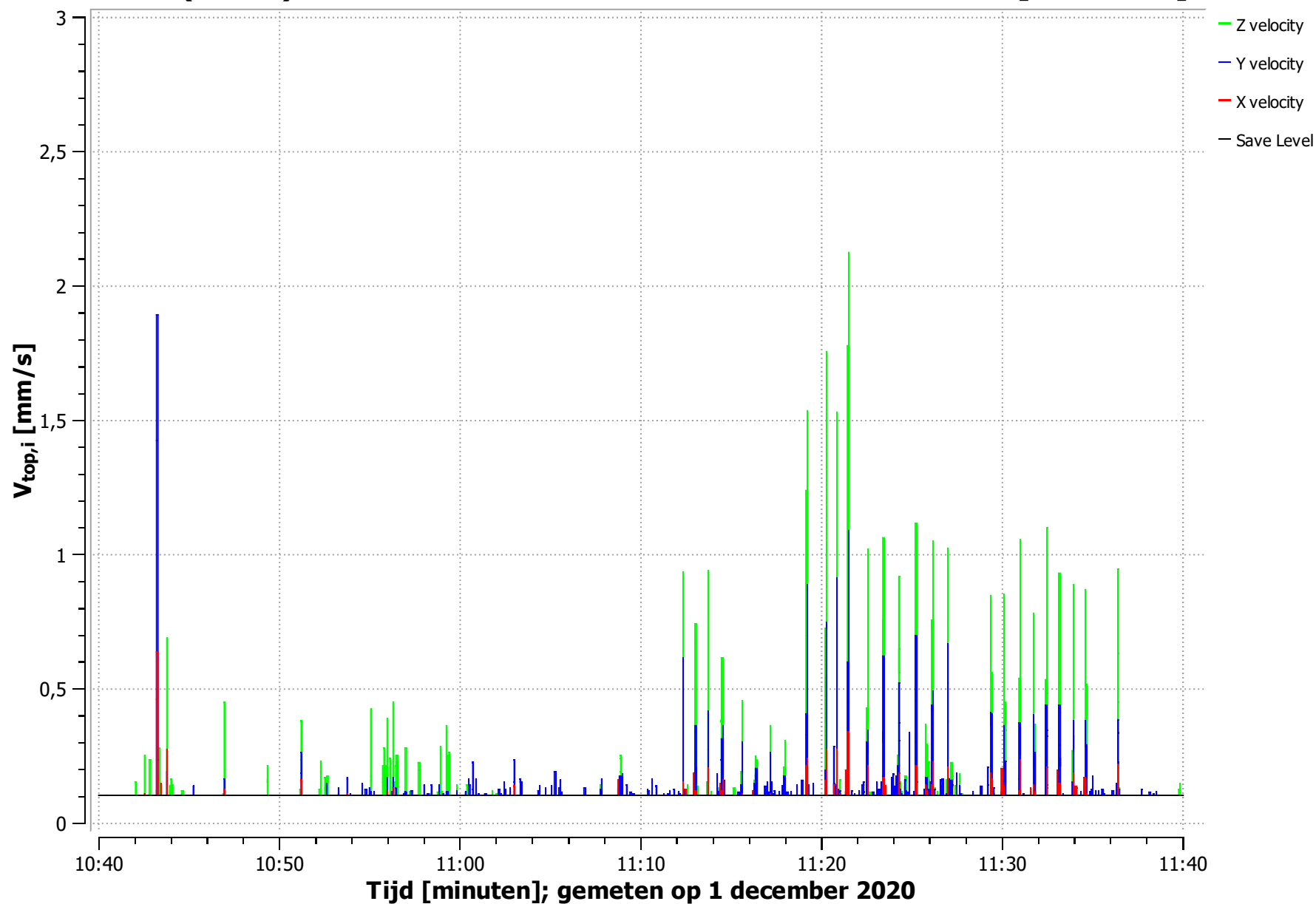
MP4 (SBR-A) / VB010 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



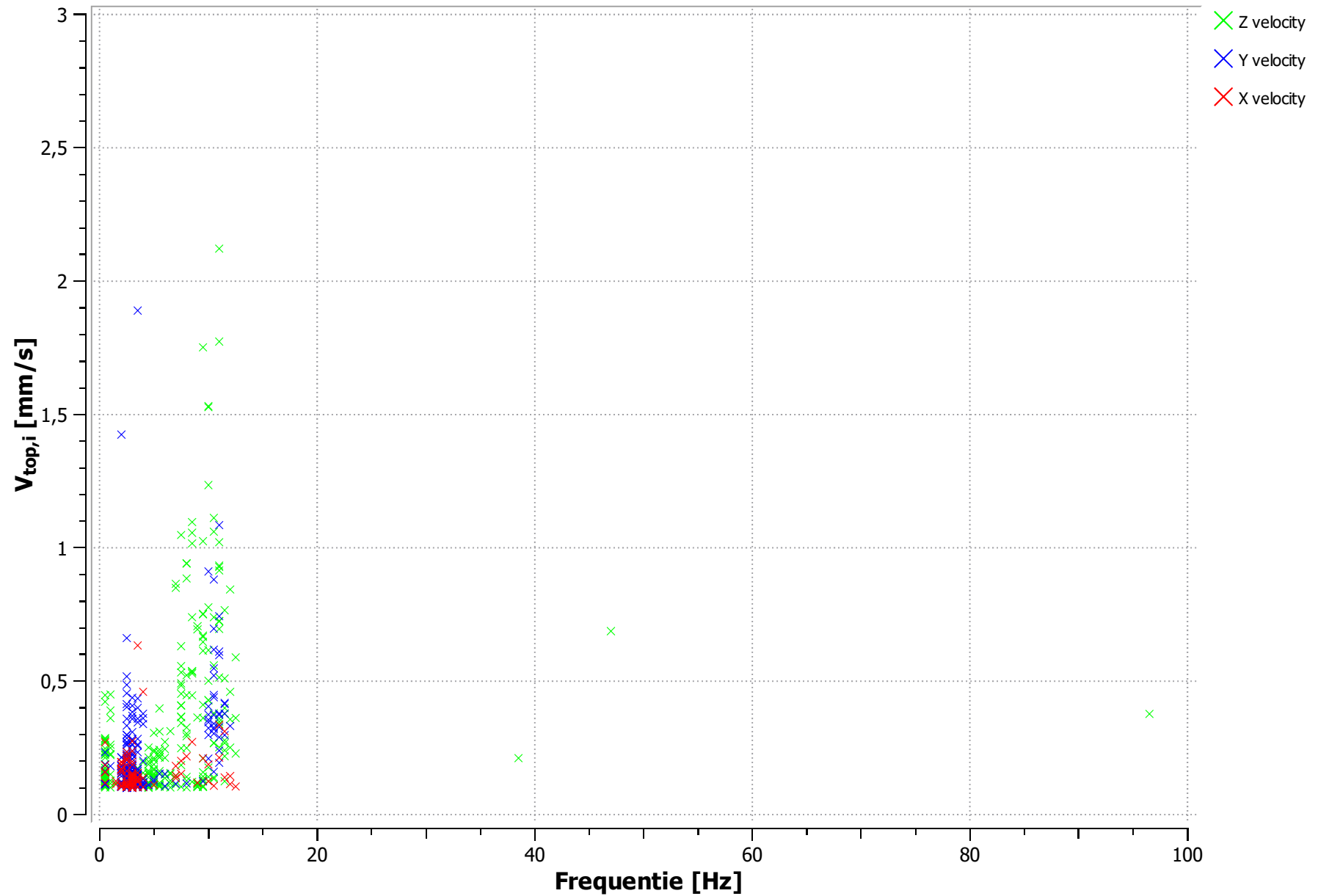
MP4 (SBR-A) / VB010 / Van Lodensteinstraat 21 te Zoetermeer [20AA0367]



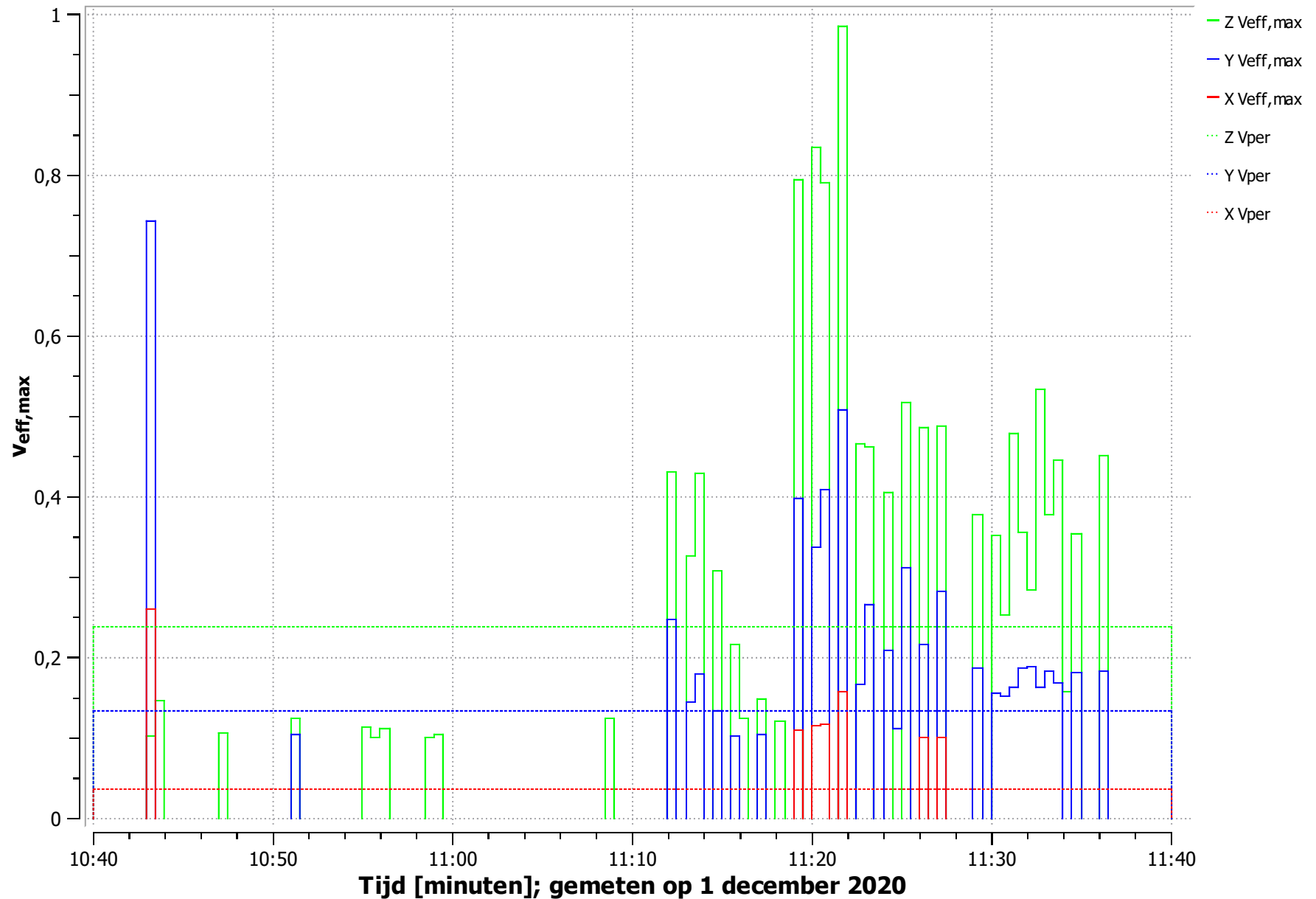
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



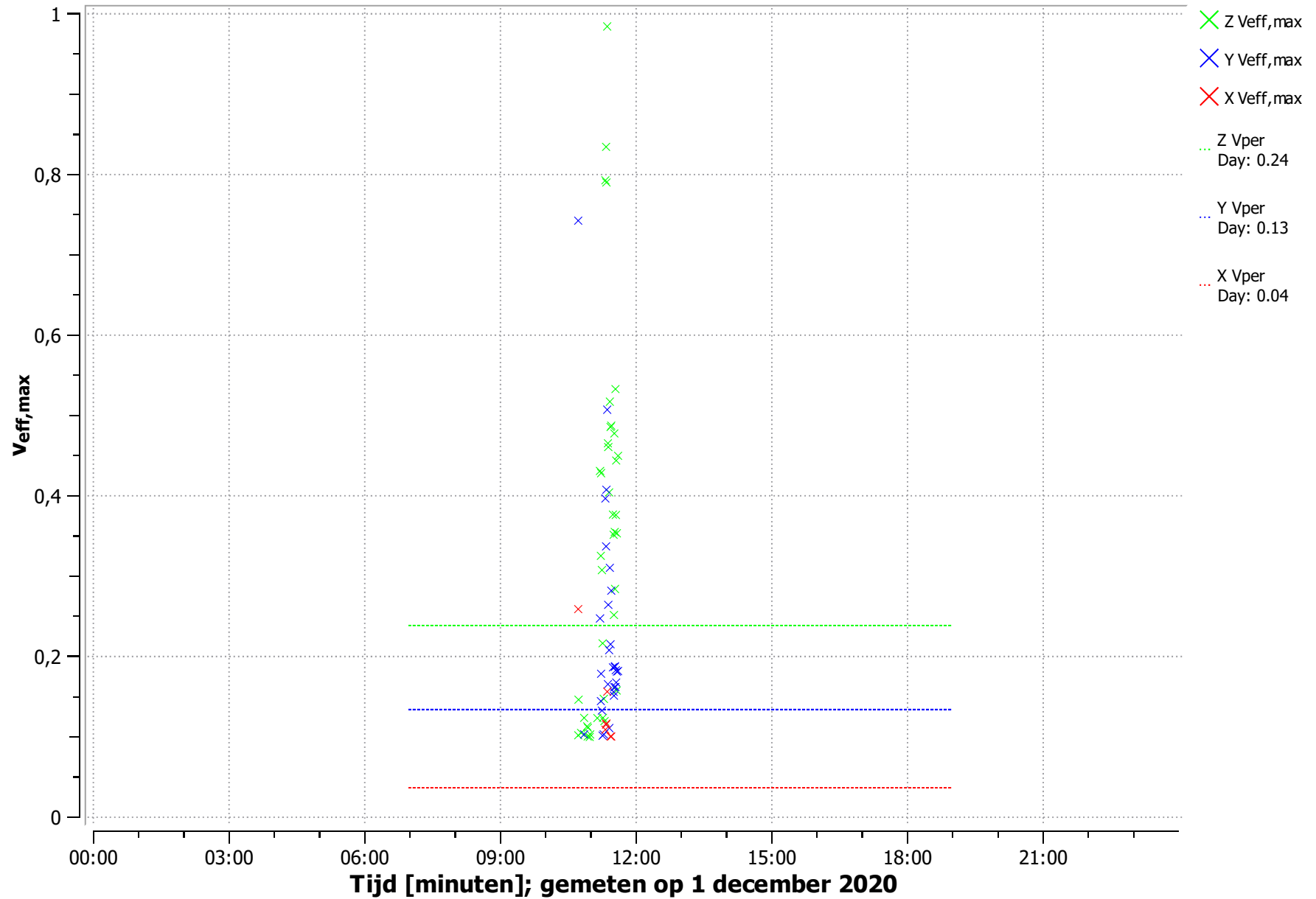
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



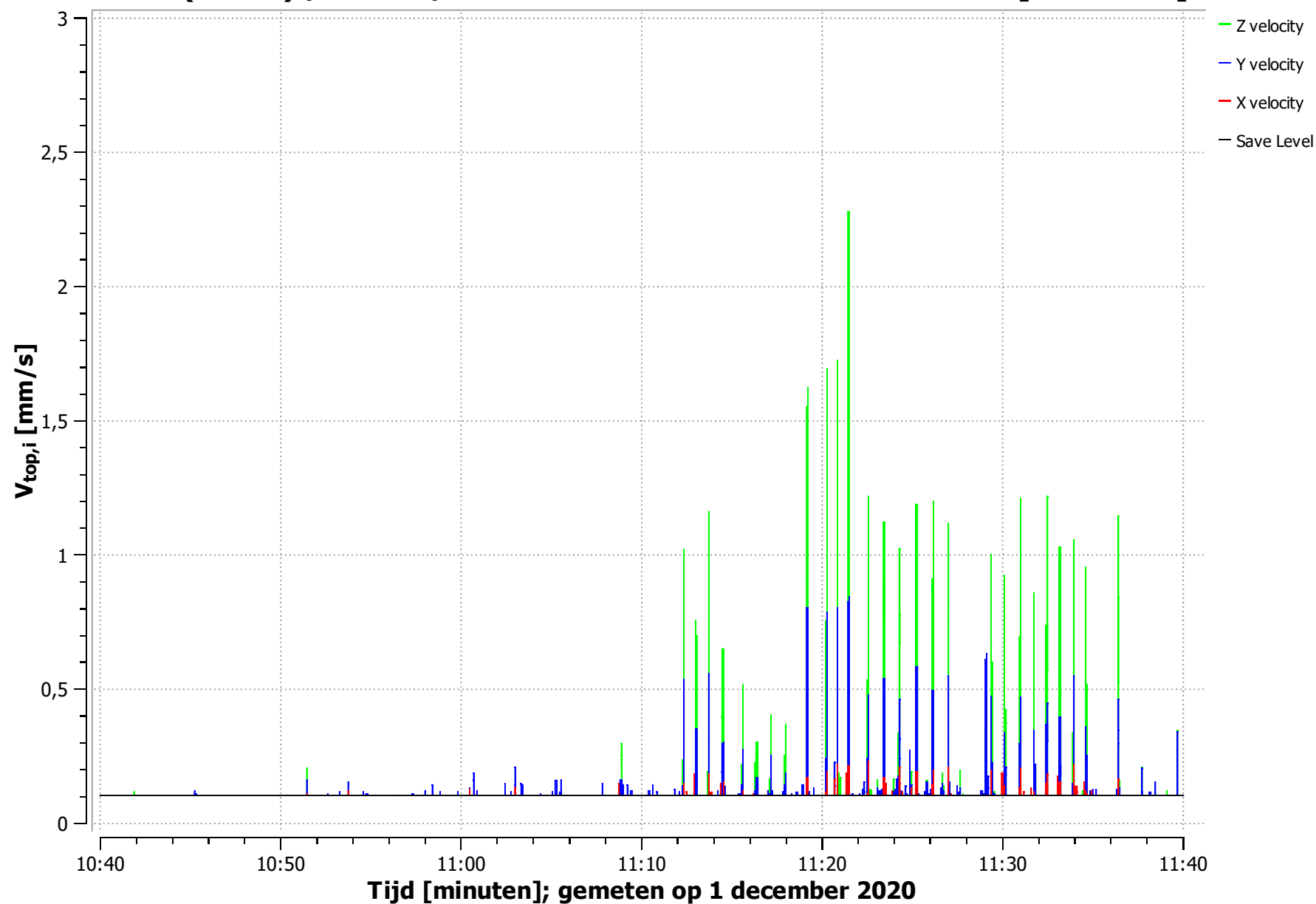
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



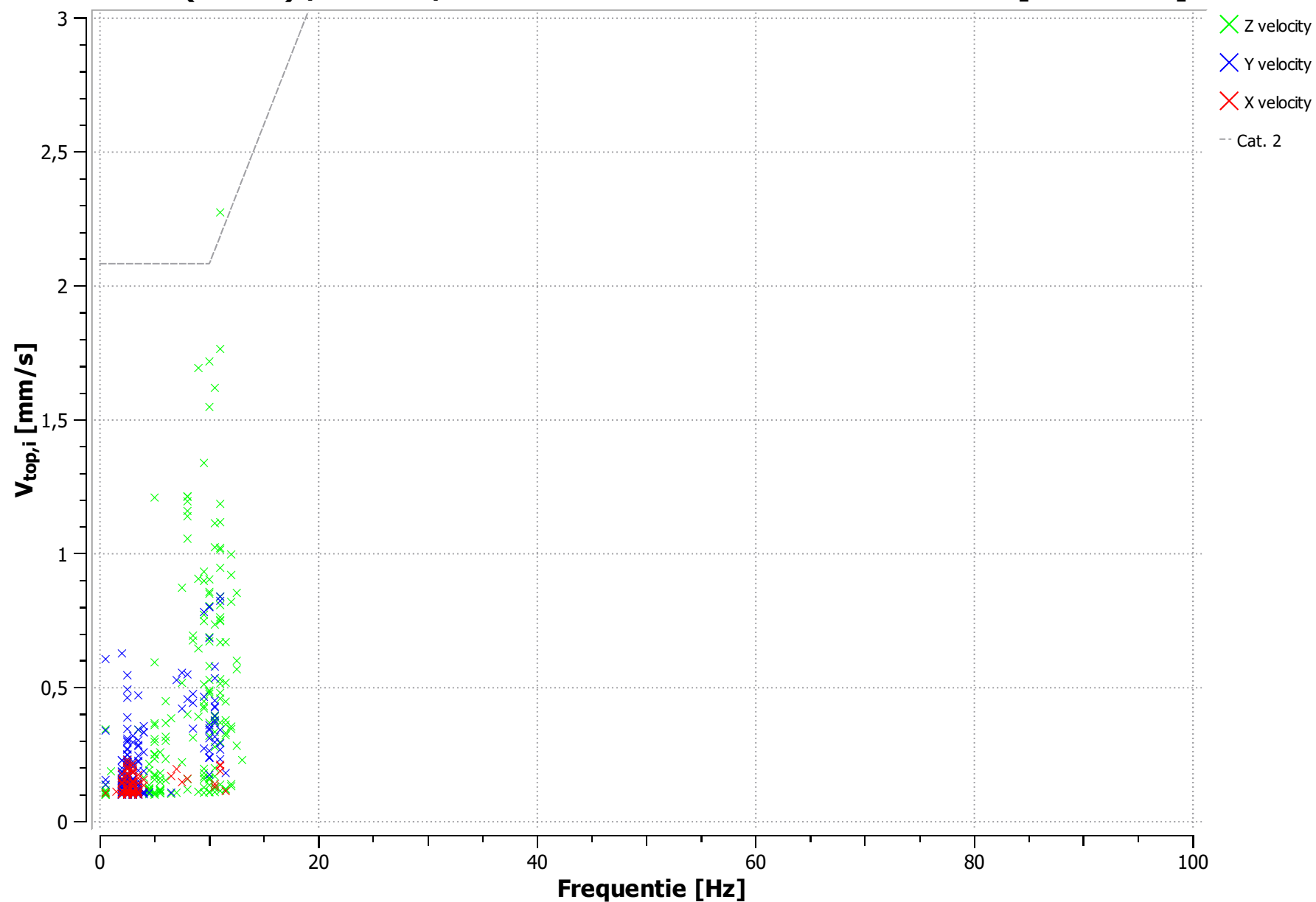
MP5 (SBR-B) / VB005 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



MP6 (SBR-A) / VB009 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



MP6 (SBR-A) / VB009 / Van Lodensteinstraat 26 te Zoetermeer [20AA0367]



Onderzoeksvragen van bewoners - gevolgen van trillingen Sandrinapad 1-17 Zoetermeer

1. ***Specifiek kijken naar deze woningen en niet woningen van een vergelijkbaar bouwjaar;***
2. ***Ook niet zonder meer vergelijken met de woningen die DGW nog in bezit heeft, want deze hebben zelden de zolderverdieping in gebruik als woonruimte;***

Antwoord vraag 1 en 2:

Op 17 november is een risico-inventarisatie op locatie uitgevoerd waarbij een inventarisatie van de aanwezige woningen is gemaakt en de bouwkundige staat van de woningen is beoordeeld. Gekeken wordt o.a. naar de opbouw van de draagconstructie, bijzonderheden, eventuele schade en de afstand tot bouwlocatie. Daarnaast zijn de bouwtekeningen uit het archief ingezien voor deze locatie.

Het hoofddoel van de risico-inventarisatie op locatie is het indelen van de betreffende woningen in een bepaalde categorie uit SBR-richtlijn A en eventuele bijzonderheden op te merken met betrekking tot gevoeligheid voor trillingsschade. De indeling van een woning vormt hier geen onderdeel van.

De risico-inventarisatie is uitgevoerd voor:

- Sandrinapad;
- Van Lierepad;
- Van Lodensteinstraat;
- Ambachtsherenlaan;
- Rakkersveld.

3. ***Specifiek kijken naar de bodem (grond) op deze plek.***

Antwoord vraag 3:

In het hoofdstuk 5 van de risico-analyse wordt ingegaan op het geotechnisch grondonderzoek en wordt o.a. gekeken naar de bodemopbouw. IFCO heeft hierbij gebruik gemaakt van de beschikbare sonderingen 4 en 5 van Fugro en sonderingen van Dino-loket.

4. ***Zowel beoordelen t.a.v. bestendigheid bij sloopwerkzaamheden als bouwwerkzaamheden (heien, boren of andere maatregelen??);***

Antwoord vraag 4:

In de risico-analyse en de trillingsprognose zijn de trillingen beoordeeld die tijdens het aanbrengen van heipalen kunnen optreden en hier werden twee scenario's beschouwd, namelijk voor funderingspalen voor laagbouw (kleine diameter palen) en voor funderingspalen voor hoogbouw (grote diameter palen). Daarmee wordt een 'worst-case' scenario beschouwd.

Het aanbrengen van geboorde palen werd in de risico-analyse en trillingsanalyse niet beschouwd, geboorde palen worden als een 'trillingsvrije' funderingstechniek gezien.

De omgevingsrisico's tijdens sloopwerkzaamheden zijn niet beschouwd, omdat op de projectlocatie geen te slopen gebouwen aanwezig zijn (en geen onderdeel van het trillingsonderzoek).

5. Ook **beoordelen op het effect van trillingen door verkeer** bij een straat rondom de woningen, daarbij **frequentie** en **maximaal gewicht voertuigen** meenemen (er worden immers zware voertuigen verwacht voor de bouw, maar ook voor bijvoorbeeld het legen van ondergrondse containers);

Antwoord vraag 5:

In de risico-analyse en het onderzoek naar verkeerstrillingen zijn de trillingen beoordeeld die in verband met de gewijzigde verkeerssituatie kunnen worden verwacht. De trillingen worden beoordeeld aan de hand van de richtlijn “SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken”, nader te noemen “SBR-richtlijn A” en “SBR Trillingsrichtlijn B: Hinder voor personen in gebouwen”.

De prognose is opgesteld op basis van de uitgevoerde meting aan de Van Lodensteinstraat op 1 december 2020. Beoordeeld zijn de effecten van de trillingen door verkeer op de woningen (SBR-A) en op personen (SBR-B) rekening houdend met frequentie en gewicht van de voertuigen. Gereden werd met een vuilniswagen (halfvol) van circa 25 à 27 ton. De frequenties van de gemeten trillingen liggen tussen circa 2 en 12 Hz.

Trillingen veroorzaakt door passerend verkeer zijn volgens SBR-A herhaald kortdurende trillingen. De frequenties van deze trillingen liggen in het algemeen vaak tussen 3 en 20 Hz.

Uitkomsten uit de meting, SBR-A: schade aan bouwwerken

Op één na zijn alle gemeten trillingen, welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer, kleiner dan SBR-A toelaatbaar acht voor een gebouw in categorie 2 [normaal]/bestaande uit metselwerk, uitgaande van een indicatieve meting. Alleen bij meetpunt 6 (aan de Van Lodensteinstraat 26) is een zeer lichte overschrijding gemeten.

Uitkomsten uit de meting, SBR-B: Hinder voor personen in gebouwen

Niet alle gemeten trillingen, welke zijn veroorzaakt door passerend verkeer, zijn kleiner dan SBR-B toelaatbaar acht voor personen, uitgaande van een indicatieve meting. De gemeten overschrijdingen betreffen lichte overschrijdingen.

6. In het beoordelen van de trillingen die verkeer kan veroorzaken ook graag het **effect van drempels** meenemen. Over een rechte weg zijn minder trillingen dan wanneer (zware) voertuigen over drempels moeten, en dit geeft ook minder geluidsoverlast;

Antwoord vraag 6:

De opzet van de trillingsmetingen was om een beeld te krijgen van de huidige trillingen die optreden door passerend verkeer ter plaatse van twee panden in de Van Lodensteinstraat, ter hoogte van een verkeersplateau.

De effecten van een verkeersdrempel zijn tevens in de prognose meegenomen.

7. **Beoordelen mogelijke geluidsoverlast** door verkeer gebruikmakend van de geldige normen voor geluidsoverlast, wederom **specifiek voor deze woningen zonder echte muren aan de voor- en achterzijde (slechts een groot kozijn) en geen binnenventilatie (dus ramen moeten open)**.

Antwoord vraag 7:

Overlast door geluid vormt geen onderdeel van de door IFCO ontvangen opdracht.

8. *Bij het beoordelen van de **trillingen niet alleen op straatniveau meten/ berekenen, maar ook de zolderverdieping**. Dit omdat vooral op de eerste verdieping en de zolderverdieping de meeste overlast wordt ervaren.*

Antwoord vraag 8:

Tijdens de trillingsmeting zijn meters geplaatst op straatniveau en binnen op de 2^e verdieping cq. zolderverdieping. De trillingsprognose verkeer werd opgesteld op basis van resultaten van de uitgevoerde trillingsmetingen.

9. ***Bij het beoordelen van de trillingbestendigheid èn het wooncomfort meenemen dat de huizen houten vloeren hebben** tussen de verdiepingen.*

Antwoord vraag 9:

De beoordeling van trillingen gebeurt volgens SBR-A (invloed op belendingen) en SBR-B (invloed op bewoners). Bij de indeling in de categorie (ter bepaling van de grenswaarde) werd de constructie en de bouwkundige staat van de woningen beoordeeld. De aanwezigheid van houten vloeren is hierbij niet van belang. Hout kan over het algemeen zelfs meer trillingen verdragen.



IFCO (1)



IFCO (2)



IFCO (3)



IFCO (4)





IFCO (7)



IFCO (8)



IFCO (9)



IFCO (10)



IFCO (11)



IFCO (12)



IFCO (13)



IFCO (14)



IFCO (15)



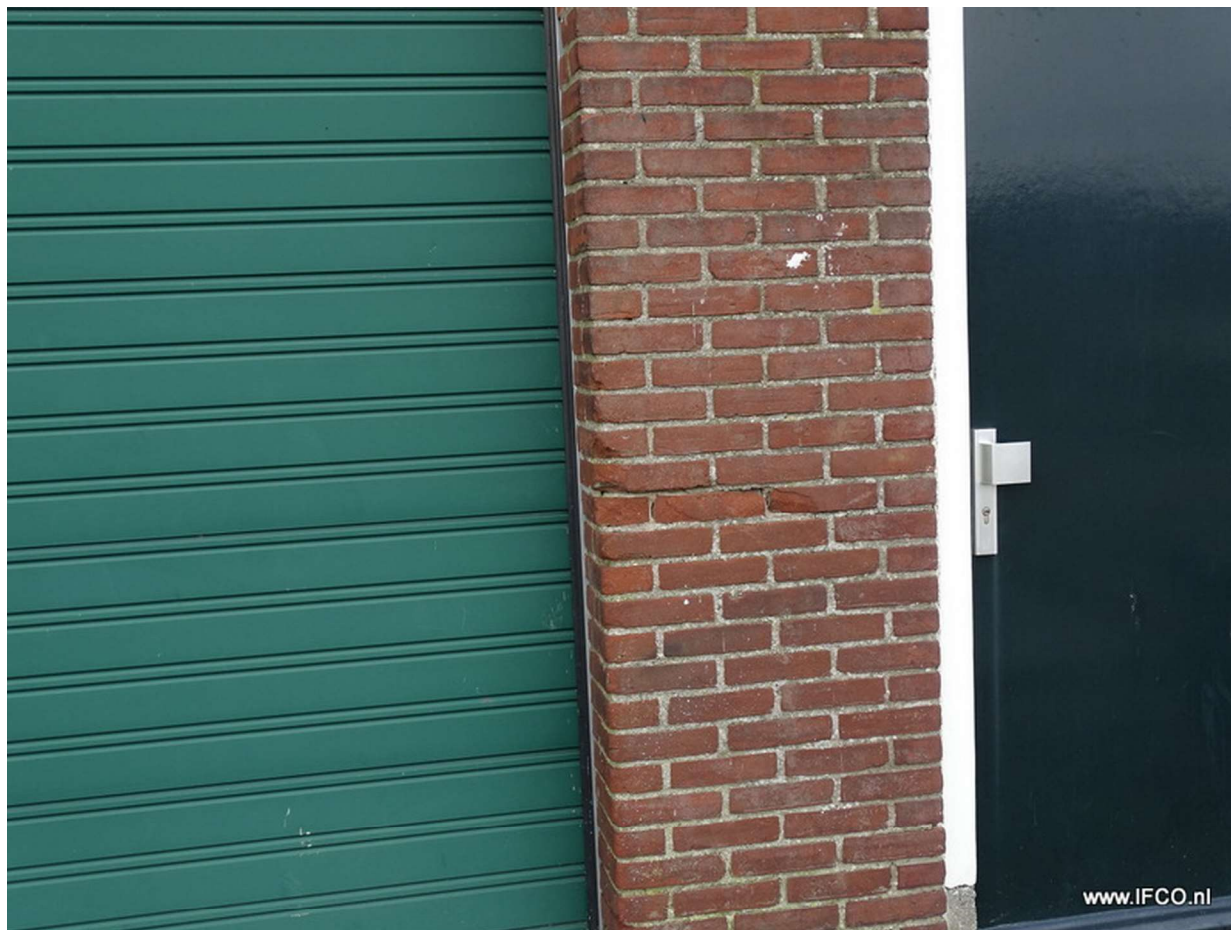
IFCO (16)



IFCO (17)



IFCO (18)



IFCO (19)



IFCO (20)



IFCO (21)



IFCO (22)



IFCO (23)



IFCO (24)



IFCO (25)



IFCO (26)



IFCO (27)



IFCO (28)



IFCO (29)



IFCO (30)



IFCO (31)



IFCO (32)



IFCO (33)



IFCO (34)



IFCO (35)



IFCO (36)



IFCO (37)



IFCO (38)



IFCO (39)



IFCO (40)



IFCO (41)



IFCO (42)



IFCO (43)



IFCO (44)



IFCO (45)



IFCO (46)



IFCO (47)



IFCO (48)



IFCO (49)



IFCO (50)



IFCO (51)



IFCO (52)



IFCO (53)



IFCO (54)



IFCO (55)



IFCO (56)



IFCO (57)



IFCO (58)



IFCO (59)



IFCO (60)



IFCO (61)



IFCO (62)



IFCO (63)



IFCO (64)



IFCO (65)



IFCO (66)



IFCO (67)



IFCO (68)



IFCO (69)



IFCO (70)



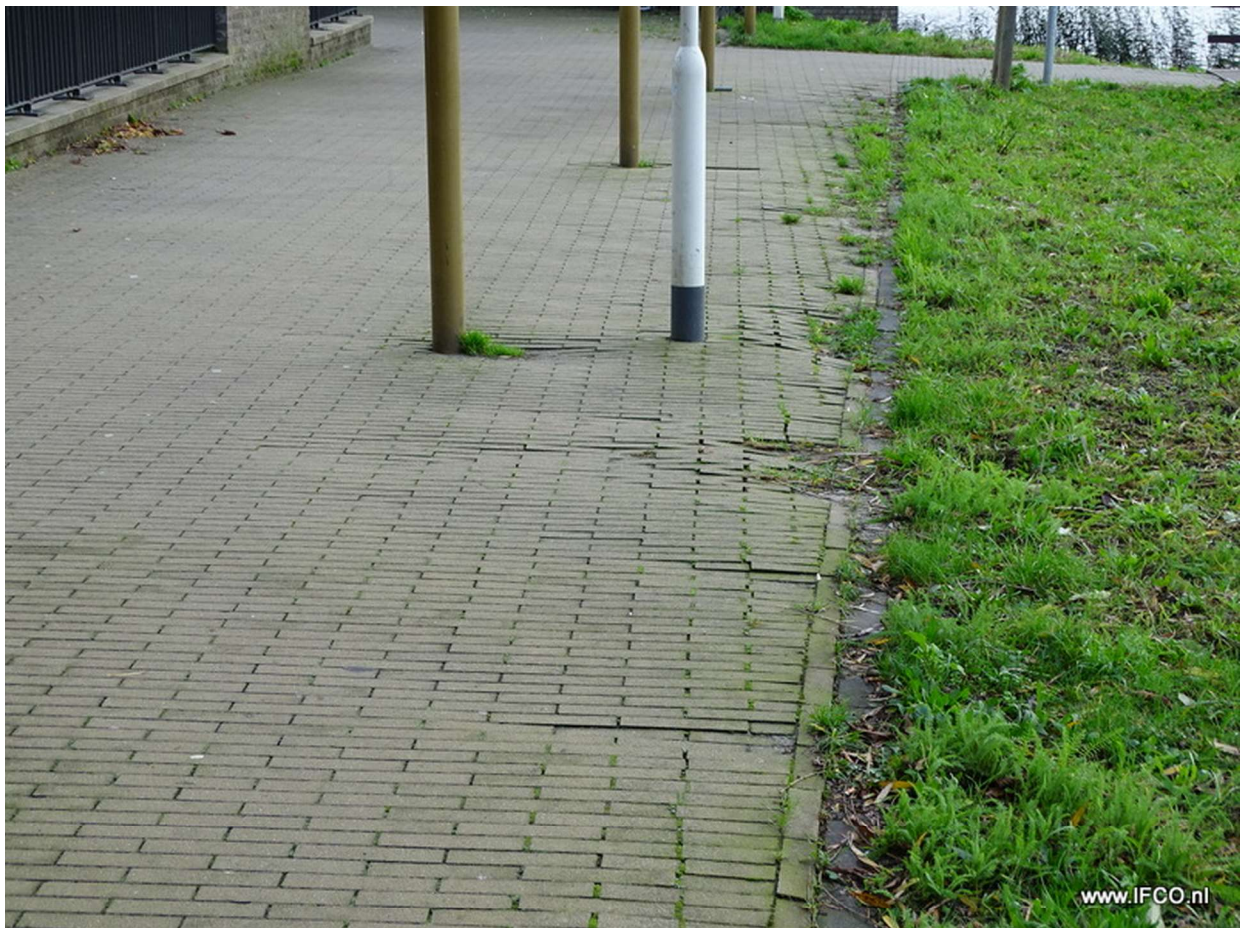
IFCO (71)



IFCO (72)



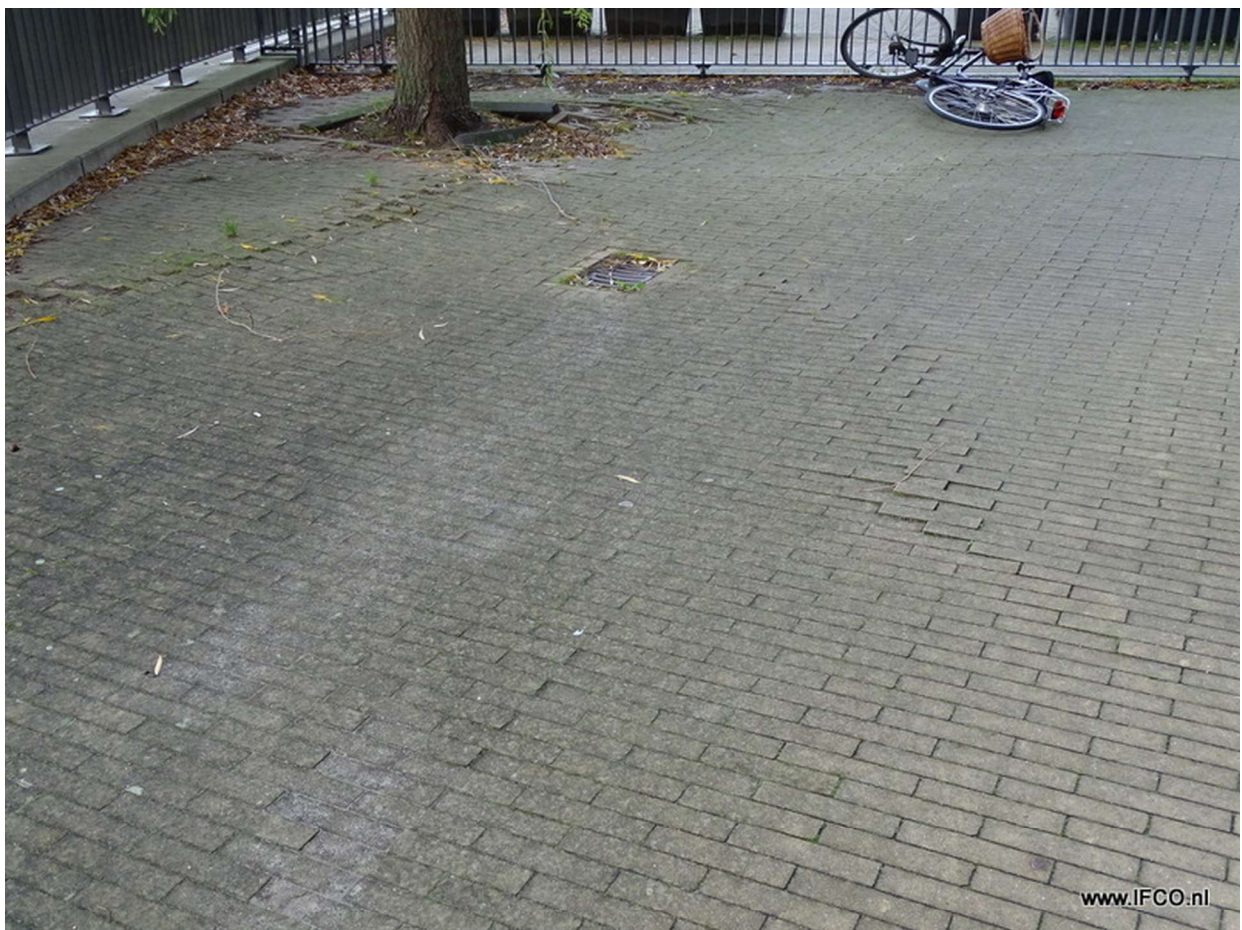
IFCO (73)



IFCO (74)



IFCO (75)



IFCO (76)



IFCO (77)



IFCO (78)



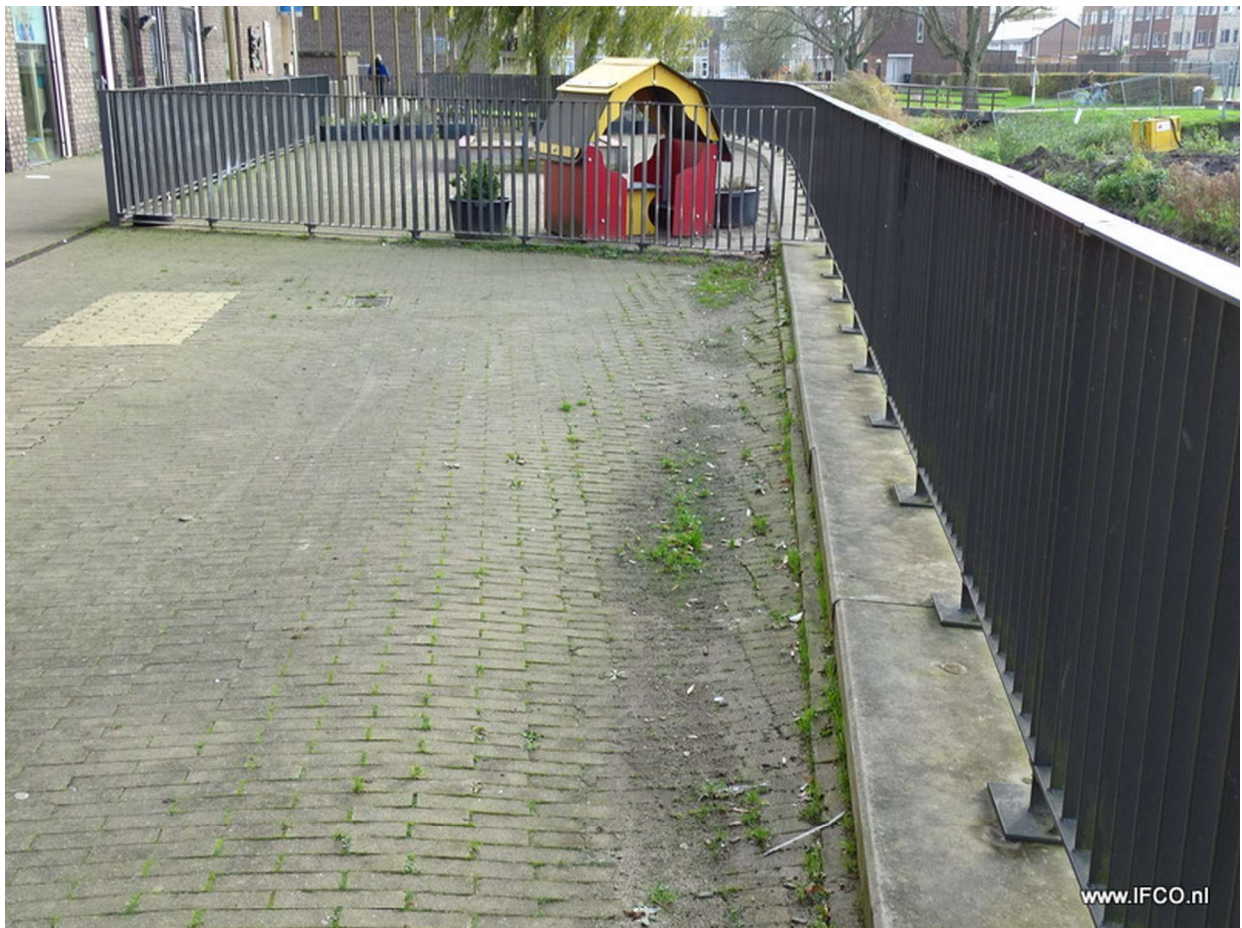
IFCO (79)



IFCO (80)



IFCO (81)



IFCO (82)



IFCO (83)



IFCO (84)



IFCO (85)



IFCO (86)



IFCO (87)



IFCO (88)



IFCO (89)



IFCO (90)



IFCO (91)



IFCO (92)



IFCO (93)



IFCO (94)



IFCO (95)



IFCO (96)