

Herontwikkeling Middenweg 7, Bovenkarspel

Trillingsonderzoek

Status	definitief
Versie	001
Rapport	B.2020.0409.00.R001
Datum	22 april 2020



Colofon

Opdrachtgever	Kuin Vastgoedontwikkeling De Tocht 5 1611 HT BOVENKARSPÉL
Contactpersoon opdrachtgever	De heer R. Ruitenberg
Project Betreft Uw kenmerk	Kuin BV/herontwikkeling Middenweg 7, Bovenkarspel Trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	B.2020.0409.00.R001 22 april 2020 001 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Contactpersoon	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Auteur	ing. R.G. (Reinoud) Fennema 088 346 76 33 rfe@dgmr.nl
Projectadviseur	ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren 088 346 76 02 hr@dgmr.nl
2e lezer/secr.	JBV LVK

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
3. Toetsingskader	6
3.1 Trillingen	6
4. Metingen	7
4.1 Meetpunten	7
4.2 Meetomstandigheden	7
4.3 Verwerking metingen	7
5. Meetresultaten	8
6. Prognose	10
7. Conclusies	12

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
-----------	-----------------------

1. Inleiding

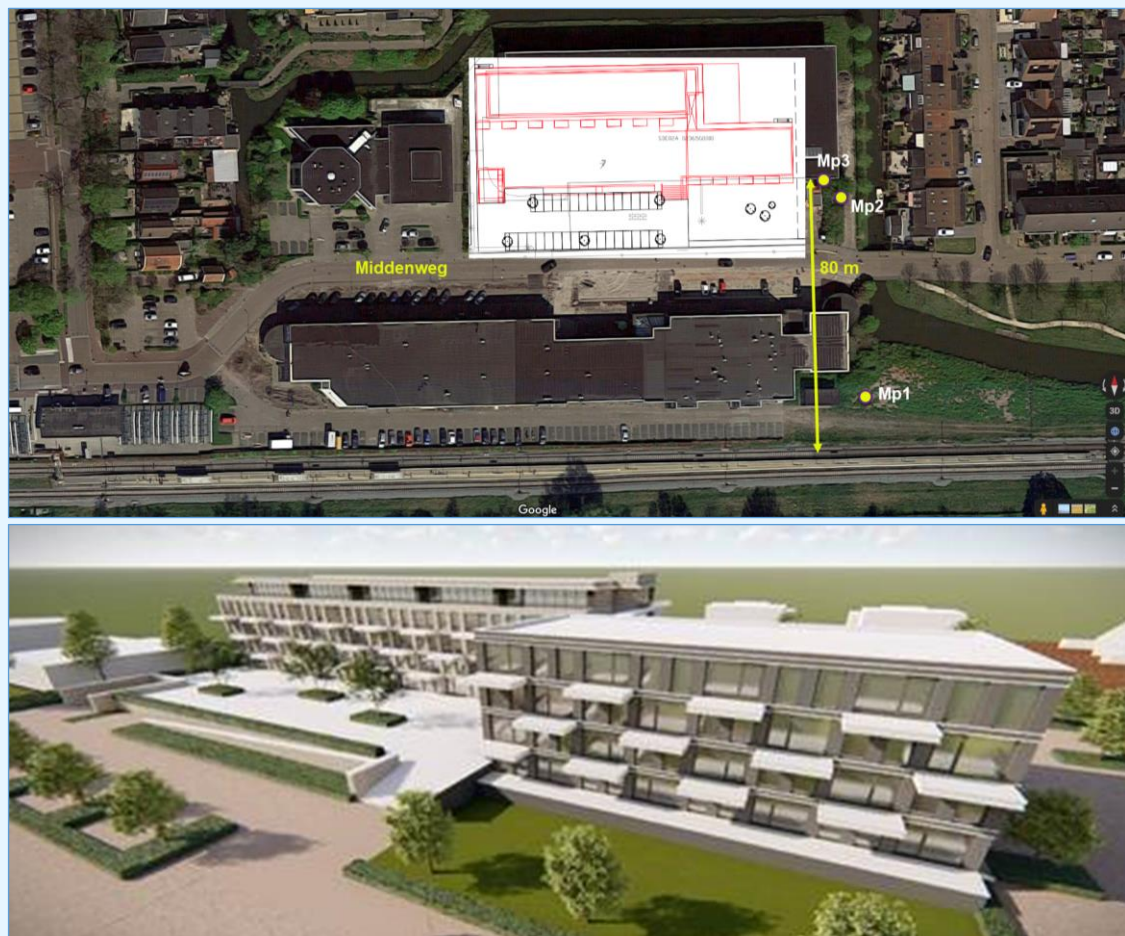
In opdracht van Kuin Vastgoedontwikkeling heeft DGMR onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingen voor het te bouwen appartementencomplex op de kavel 'Middenweg 7' in Hoogkarspel. Het trillingsonderzoek richt zich op trillingen afkomstig van de spoorlijn Hoorn - Enkhuizen. Deze lijn wordt gebruikt door reizigerstreinen die bijna allemaal stoppen op halte Bovenkarspel - Grootebroek. Af en toe komen er doorgaande intercitytreinen voor, maar regulier rijden er geen goederentreinen. Onderzocht is of de trillingen in de te bouwen woningen, afkomstig van het spoor, voldoen aan de daarvoor geldende richtlijnen.

Om inzicht te krijgen in de trillingsrisico's, zijn in april 2020 trillingsmetingen gedaan op de kavel en aan de fundatie van het nu nog aanwezige bedrijfspand. Hieruit ontstaat inzicht in zowel de trillingsbelasting op de kavel alsook een indruk van wat op de fundatie van woonbebouwing verwacht mag worden aan trillingssterkten.

De trillingsmetingen op de kavel en aan het bestaande bedrijfspand op deze kavel zijn verwerkt tot een prognose voor de voorziene nieuwbouw en getoetst aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B - 'Trillingshinder voor personen in gebouwen'.

2. Situatie

Het voorziene appartementencomplex van vier bouwlagen met onderliggende kelder komt in de plaats van het bestaande bedrijfspand Middenweg 7. De kleinste afstand van het complex tot het dichtstbijzijnde spoor bedraagt 80 meter, dezelfde afstand als voor het bestaande bedrijfspand. In figuur 1 is de voorziene nieuwbouw geprojecteerd over de luchtfoto van het gebied (bron: Google Maps) en wordt een 'artist impression' van het complex getoond.



figuur 1: bouwplan Middenweg 7, Bovenkarspel

bron: Google Maps

De spoorlijn Hoorn - Enkhuizen bestaat uit enkelspoor. Op station Bovenkarspel - Grootebroek passeren de treinen uit tegenovergestelde richtingen elkaar aan beide zijden van het perron. De treinen wachten daar op elkaar en de rijshnelheden liggen hier laag. Af en toe passeren er intercitytreinen die niet stoppen op dit station. Deze rijden dan met snelheden van rond 90 km/u over spoor 2, het spoor dat in rechte lijn aansluit op het enkelspoor. Ook wordt er zo nu en dan leeg materieel overgebracht over spoor 2. Om op spoor 1 te komen moeten treinen voor en na het station door de wissel heen. Dit spoor wordt dus nooit gebruikt door met hoge snelheid passerende treinen. De treinen waarmee wordt gereden zijn overwegend van het dubbeldeks VIRM-materieel in combinaties van 4 of 6 geschakelde rijtuigen.

3. Toetsingskader

3.1 Trillingen

Voor de nieuwbouw zijn geen afwijkende trillingseisen opgegeven. Optredende trillingen worden beoordeeld aan de hand van de in Nederland gebruikelijke SBR-richtlijn Trillingen - deel B: 'Trillingshinder voor personen in gebouwen', uitgave 2002 (revisie 2006). In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen.

tabel 1: SBR-B - streefwaarden herhaald voorkomende trillingen (railverkeer), nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} .
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$.

Voor nieuwe woningen nabij een spoorlijn wordt voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,2 (A2/nacht) en de tijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,05 (A3). Als V_{max} lager is dan 0,1, dan komt de toetsing van de V_{per} te vervallen.

De SBR-B is gebaseerd op de DIN4150 Teil 2 en de V_{eff} uit de SBR-B is overeenkomstig de in de DIN4150 gedefinieerde KB-waarde. De DIN4150 geeft de volgende kwalificatie qua voelbaarheid van trillingen:

- $KB \geq 0,1$: juist voelbaar
- $KB \geq 0,4$: goed voelbaar
- $KB \geq 1,6$: sterk voelbaar

4. Metingen

Om inzicht te krijgen in de trillingsrisico's, zijn tussen 3 april en 10 april 2020 trillingsmetingen gedaan in de bodem op de kavel en aan de fundatie van het nu nog aanwezige bedrijfspand. Om treinpassages qua tijd en trillingsopwekking (bronsterkte) in beeld te brengen is ook een referentie trillingsmeetsysteem geplaatst in de bodem nabij het spoor en zijn er (time-lapse) camera's geplaatst om treinen en eventuele andere versturende gebeurtenissen waar te nemen.

4.1 Meetpunten

Om een beeld te krijgen van de trillingsbelasting op de kavel en daarop te realiseren bebouwing zijn trillingsmetingen uitgevoerd in de bodem nabij het spoor, op de kavel en aan de fundatie van het nog bestaande bedrijfspand (zie figuur 1). Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetsystemen. De meetsystemen in de bodem zijn ingegraven op 50 cm diepte om een goede koppeling met de bodem te verkrijgen. Het meetsysteem aan de fundatie is gemonteerd met een muurbeugel.

tabel 2: meetsystemen

Meetpunt	Afstand tot spoor	Meetsysteem	Serienummer
Mp1: referentie meetsysteem	15 m	Vibra-sbr	VIB 00587
Mp2: kavel	80 m	Vibra-sbr	VIB 00588
Mp3: fundatie bestaande bedrijfspand	80 m	Vibra-sbr	VIB 01188

4.2 Meetomstandigheden

De meetperiode viel in de periode met aangepaste dienstregelingen vanwege Corona-maatregelen. Op deze lijn heeft dat weinig invloed gehad want er reden twee treinen per uur per richting net zoveel als anders, gedurende een groot deel van de dag. Alleen tijdens de spits reden er voorheen meer treinen, die nu in de aangepaste dienstregeling zijn weggefallen. Er zijn echter ruim voldoende passages over voor een representatief beeld. Ook de bezetting in de treinen zal minder zijn dan voorheen, maar de bezettingsgraad heeft op reizigerstreinen maar zeer beperkte invloed.

4.3 Verwerking metingen

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillingshinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt gemeten in 30 seconden intervallen volgens de SBR-B. Voor identificatie van treinpassages en herkenning van verstoringen is dit te grof. Dit gebeurt daarom op basis van de V_{top} die per 3 seconden is vastgelegd. Van geïdentificeerde treinpassages, vrij van verstoring, is de bijbehorende effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ geselecteerd voor verdere analyse en prognose.

5. Meetresultaten

Bodem nabij spoor

Bijlage 1 geeft een overzicht van treinpassages en eventuele verstoringen gedurende een week meten. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} , die zoals in paragraaf 4.3 is omschreven, wordt gebruikt voor identificatie van de treinpassages. Het bovenste diagram toont de registratie van het bodemmeetpunt nabij het spoor (Mp1). Hierop zijn alle treinpassages duidelijk herkenbaar en enkele qua trillingssterkte uitschieterende passages zijn erop gemarkeerd.

De maximale trillingssterkte V_{top} op het bodemmeetpunt op slechts 15 m van het spoor bedraagt in de regel niet meer dan 0,25 (mm/s) verticaal en 0,20 (mm/s) in de horizontale richting dwars op het spoor. Dit zijn zeer lage waarden. De bijbehorende effectieve trillingssterkten $V_{eff,max}$ (per passage) halen veelal de voelbaarheidsdrempel van 0,1 niet eens. Dit komt door de zeer lage rijksnelheden van de op het station stoppende treinen.

De in bijlage 1 gemarkeerde treinpassages met verhoogde trillingsopwekking zijn óf doorgaande intercitytreinen (eveneens type VIRM) óf sprintertreinen van het type SLT of SGM. De doorgaande intercity's reden daarbij met een snelheid van ongeveer 90 km/u.

Deze intercity's wekken trillingssterkten V_{top} op tot ongeveer 0,6 (mm/s) verticaal en 0,3 (mm/s) horizontaal. De bijbehorende effectieve trillingssterkten $V_{eff,max}$ zijn 0,25 verticaal en 0,13 horizontaal. De sprinters wekken trillingssterkten V_{top} tot ongeveer 0,35 mm/s verticaal op en de bijbehorende $V_{eff,max}$ ligt tussen 0,1 en 0,15. De meeste passages met wat hogere trillingssterkten komen voor in de avond- en nachtperiode.

Bouwkavel

Het tweede en derde diagram in bijlage 1 tonen de trillingsregistraties in de bodem op de kavel (80 m van het spoor) en aan de fundatie van het bestaande bedrijfspand. Te zien is dat de gemarkeerde (maatgevende) treinpassages, met de hoogste trillingsopwekking, nauwelijks tot uitdrukking komen op deze meetpunten. De maximale trillingssterkte V_{top} , zowel op de kavel als ook aan de fundatie, bedroeg ongeveer 0,10.

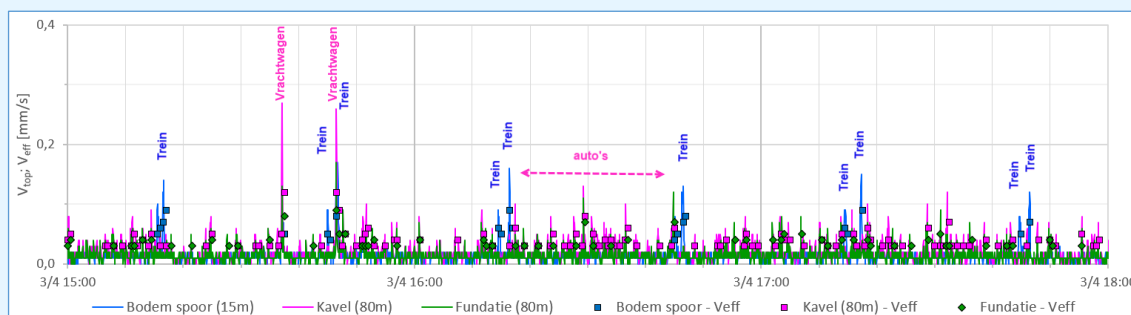
Met enig wegverkeer over de Middenweg of menselijke activiteit in de nabijheid (stonden beiden nu op een laag pitje) vallen dit soort trillingssterkten geheel weg in het achtergrondniveau. De gemeten effectieve trillingssterkten $V_{eff,max}$ op kavel en aan fundatie lagen bij alle treinpassages onder 0,06. Tabel 3 geeft een overzicht van de maximaal gemeten trillingssterkten op de drie meetpunten per treincategorie.

tabel 3: trillingssterkten $V_{eff,max}$

Type	Mp1 Bodem (15 m)			Mp2 Kavel (80 m)			Mp3 Fundatie (80 m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Reizigerstreinen Sprinter (SLT;SGM)	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05
Reizigerstreinen (VIRM) - stoppend	0,10	0,11	0,11	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,06
Reizigerstreinen (VIRM) - doorgaand	0,10	0,13	0,25	0,04	0,06	0,05	0,05	0,03	0,05

X-richting $\perp$ spoor, Y-richting // spoor en Z-richting = verticaal

De gemeten trillingssterkten $V_{\text{eff,max}}$ in de bodem op de kavel en aan de fundatie van het bedrijfspand lagen rond 0,05, maar in veel gevallen is enige verstoring door omgevingstrillingen niet uit te sluiten. Een personenwagen (auto) op de Middenweg wekt al gauw trillingssterkten van gelijke orde op als een treinpassage, zie figuur 2. Hoewel er vanwege Corona-maatregelen minder autoverkeer was zijn er overdag toch nauwelijks treinpassages te vinden die niet in lichte mate zijn verstoord. Voor een groot deel van de treinpassages liggen de trillingssterkten dus nog lager.



figuur 2: invloed treinpassages op kavel en verstoring door wegverkeer

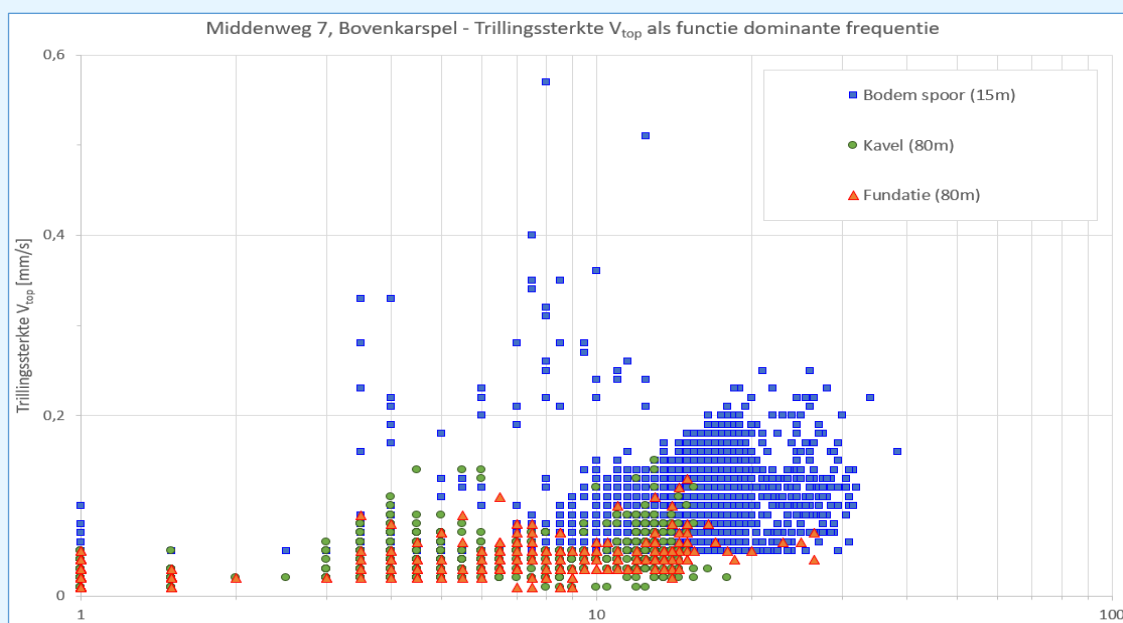
6. Prognose

De gemeten trillingssterkten in tabel 3 tonen dat de reizigerstreinen op lijn Hoorn - Enkhuizen maar zeer weinig trillingen opwekken in de omringende bodem. Dit komt enerzijds door de lage rijsnelheden en anderzijds door de bodemopbouw ter plaatse.

Op de fundatie van het relatief lichte bedrijfspand zijn vergelijkbare trillingssterkten gemeten als in de bodem op de kavel. Verwacht mag worden dat in een veel zwaarder appartementencomplex, van vier bouwlagen met onderliggende kelder, de trillingssterkten ten opzichte van het bedrijfspand zullen afnemen. Op grond van de verwachte massaverschillen tussen beide bouwwerken worden minstens een factor twee lagere trillingssterkten verwacht, dus trillingssterkten $V_{\text{eff,max}}$ van hooguit 0,03 in plaats van 0,06 op de fundatie.

Naar de woningvloeren zou ten opzichte van de fundatie weer wat trillingsversterking kunnen optreden. In de regel gebeurt dit vooral als de door treinen opgewekte dominante frequenties samenvallen met de specifieke frequenties, waarvoor de gebouwconstructie en met name vloeren gevoelig zijn (eigenfrequenties). Vooral als treinpassages langer duren, ofwel in het geval van langere treinen zoals goederentreinen. Deze laatste categorie rijdt hier niet.

De frequentieanalyse op de meetdata, zie figuur 3, laat zien dat de dominante frequenties, bij treinen met meer trillingsopwekking, niet hoger zijn dan 12,5 Hz. Alle trillingsopwekking bij hogere frequenties zijn van een meer gematigd niveau. Figuur 3 laat ook zien dat in de bodem op de kavel, op 80 m van het spoor, deze hogere frequenties al grotendeels zijn uitgedoofd door de bodem. Opvallend is ook dat juist bij de frequenties met de hoogste trillingsopwekking in de bodem, tussen 8 Hz en 12,5 Hz, de trillingssterkten op de kavel en aan de fundatie van het bedrijfspand nauwelijks verhoging tonen. Ook deze frequenties lijken al grotendeels door de bodem uitgefilterd te worden op deze relatief grote afstand.



figuur 3: frequentieanalyse meetdata

Afgezien van het gegeven dat frequenties hoger dan 8 Hz al sterk door de bodem worden uitgedoofd is het risico van resonantie van de gebouwconstructie hierop ook beperkt.

De oorzaak van de hogere trillingsopwekking tussen globaal 8 Hz en 12,5 Hz betreft een slechtere wielkwaliteit in combinatie met een hogere rijksnelheid van de doorgaande treinen. Omdat deze wielkwaliteit per wiel verschilt en door het snelle verplaatsen van de wielen over het spoor, geeft dit geen sterke harmonische maar een meer stochastische (random) trillingsaanstoting. Dit leidt tot een lagere versterkingsfactor van de constructie en vloeren. Een opslingerfactor van vloeren van maximaal 2 is een reële aanname. Daarmee is een trillingssterkte $V_{\max}$ op vloeren te verwachten tot circa 0,06. De verwachting is dus dat in het voorziene appartementencomplex in het geheel geen voelbare trillingen zijn te verwachten. Bij trillingssterkten onder de onderste streefwaarde A1 van 0,1 uit de richtlijn wordt geheel voldaan aan de SBR-B.

Aanname in bovenstaande is dat het appartementencomplex zal bestaan uit een betonnen draagconstructie met paalfundering en eveneens betonnen vloeren. Voor staalconstructies worden licht hogere trillingssterkten verwacht, maar ook hiermee kan worden voldaan aan de SBR-B.

7. Conclusies

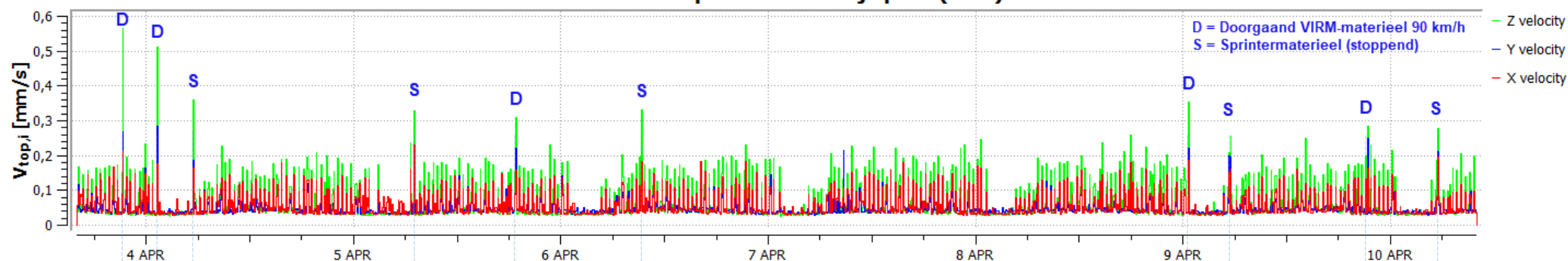
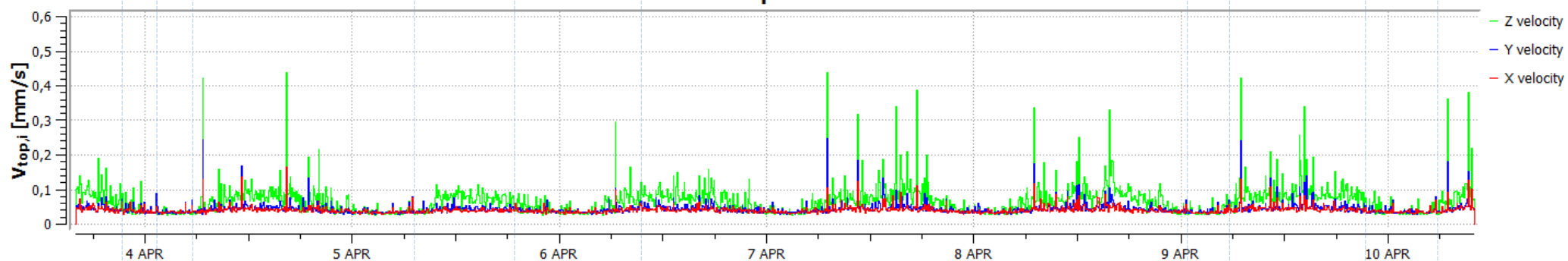
De trillingsprognose, gebaseerd op trillingsmetingen op de bouwka­vel en aan het daarop aanwezige bedrijfspan­d, laat zien dat er voor het voorziene appartementencomplex op de Middenweg 7 in Bovenkarspel geen aanvullende maatregelen nodig zijn om te voldoen aan de SBR-B richtlijn. Met een draagconstructie uitgevoerd in beton en met betonnen vloeren worden geen voelbare trillingen verwacht.



ing. A.W.N. (Antwan) van Haaren
DGMR-Bouw B.V.

Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties
Toelichting	Trillingssterkte V_{top}

VIB00587 - Mp1: Bodem nabij spoor (15m)**VIB00588 - Mp2: Bodem kavel****VIB01188 - Mp3: Fundatie Middenweg 7**