



M+P - raadgevende ingenieurs
Müller-BBM groep
geluid trillingen lucht bouwfysica

Visserstraat 50, Aalsmeer
Postbus 344
1430 AH Aalsmeer

T 0297-320 651
F 0297-325 494
Aalsmeer@mp.nl
www.mp.nl

MEETRAPPOR

**Meting trillingen vanwege railverkeer bij woningbouwlocatie
Knopenfabriek aan de Wallerstraat te Nijkerk**

Opdrachtgever
Timpaan
Postbus 64
1430 AB AALSMEER

Rapportnummer
M+P.TIMP.07.03.2

Revisie
2

Datum
6 december 2012

Opdrachtnummer
13105218-6454

Pagina
1 van 18

Auteur
Ing. Marc Burgmeijer

Gezien door
Ir. Theodoor Höngens



1 Inleiding

In opdracht van Timpaan zijn metingen uitgevoerd nabij de spoorlijn Nijkerk – Putten. Op de locatie van de voormalige Knopenfabriek aan de Wallerstraat 87 te Nijkerk heeft men plannen voor het ontwikkelen van woningbouw, waaronder een appartementengebouw. Dit appartementengebouw komt dicht bij het spoor te liggen.

In figuur 2 is een tekening met een indicatie van de nieuwe situatie opgenomen.

Middels metingen is in de bestaande bebouwing van de voormalige knopenfabriek vastgesteld wat de optredende trillingsniveaus zijn vanwege passerende treinen over de spoorlijn Nijkerk-Putten (traject 251). Aan de hand van de meetresultaten is een prognose opgesteld om de kans op hinder bij de appartementen te bepalen. Tevens zijn ter plaatse metingen uitgevoerd in het vrije veld om de mate van overdracht van trillingen door de bodem vast te stellen.

2 Uitgangspunten

2.1 Situatie

Gemeten is in de bestaande fabriek in de ruimte die het meest nabij het spoor is gelegen. Hierbij is de trillingsopnemer geplaatst op de vloer nabij een constructieknoop. Tijdens de metingen was de ruimte niet in gebruik, zodat er geen verstoringen zijn opgetreden. In figuur 3 is de positie van de opnemer weergegeven.

De afstand van de meetapparatuur tot aan het hart van het spoor bedroeg circa 22 meter. In de nieuwe situatie zullen de appartementen op een afstand van circa 25,5 meter van het hart spoor komen te liggen (situatietekening variant 3 VO_501 d.d. 9 november 2012). Over het spoortraject 251 bedroeg de treinintensiteit in 2007 volgens het akoestische spoorboekje (ASWIN 2011) circa 81, 70 en 25 bakken per uur voor de dag-, avond en nachtperiode. In de huidige situatie rijdt er ook goederenvervoer over de spoorlijn. Ook zal in de toekomst nog steeds sprake zijn van goederenvervoer over dit traject.

Dit betreft een gewijzigde situatie ten opzichte van de uitgangspunten voor ons eerdere onderzoek van 14 december 2007. Destijds werd aangenomen dat er vanwege de ingebruikname van de Hanzelijn geen goederenvervoer meer over dit traject zou plaatsvinden. Het goederenvervoer over dit traject is de belangrijkste bron van trillingen in de bodem.

Niet bekend is hoe de bestaande fabriekshal gefundeerd is. Gezien de bouwmethode is deze vermoedelijk gefundeerd op poeren of palen.

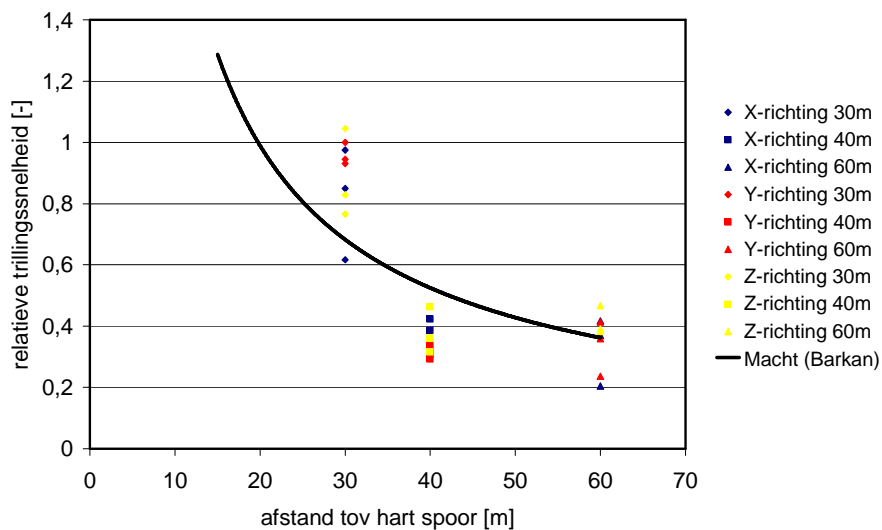
De metingen in het veld zijn verricht op maandag 26 november 2007. Voorafgaand hiervan zijn in de fabriek continuummetingen verricht van woensdag 21 november 2007 tot en met maandag 26 november 2007.

2.2 Gebruikte apparatuur en meetmethode

Voor de meting zijn Red Box trillingsopnemers van Syscom gebruikt. Deze trillingsopnemers meten triaxiaal (in drie richtingen). De gemeten trillingsniveaus worden uitgedrukt in snelheidsniveau [mm/s]. Tijdens treinpassages zijn de optredende trillingsniveaus geregistreerd. Beoordeeld zijn de optredende piekniveaus van de trillingssnelheid over langere periode. De niveaus van de optredende trillingen zijn dermate laag dat er geen kans is op schade, wel is er kans op hinder in de nieuwbouwwoningen.

Van de hoogst optredende piekniveaus zijn de voortschrijdende effectieve trillingssnelheden bepaald. Aan de hand van deze dimensieloze meetwaarde kan de mate van hinder conform de SBR richtlijn deel B *Hinder voor personen in gebouwen* worden getoetst.

In het veld zijn indicatieve metingen verricht op telkens 2 meetpunten. De optredende trillingsniveaus vanwege passerende treinen zijn gebruikt om een idee te krijgen van de mate van trillingsoverdracht door de bodem. In de onderstaande figuur 1 zijn de metingen grafisch weergegeven samen met de theoretische demping van trillingen door de bodem (volgens Barkan). Uit de figuur blijkt dat de gemeten trillingsniveaus redelijk overeenkomen met de theoretische methode.



figuur 1 trillingsdemping door de bodem

2.3 Grenswaarden

Bij het beoordelen van trillingshinder voor personen in gebouwen worden in eerste instantie de trillingen van vloervelden beschouwd. De beoordelingscriteria die hierbij zijn aangehouden, zijn ontleend aan de SBR-richtlijn B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen*.

Voor het beoordelen van de trillingen is de functie van het gebouw of de ruimte in het gebouw en het type trillingen van belang. De trillingen worden beoordeeld op het frequentiegebied van 1 tot en met 100 Hz. De grenswaarden worden uitgedrukt in een gewogen trillingsnelheid. In de onderstaande formule is de weegfunctie weergegeven:

$$(1) \quad |H_v(f)| = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

waarin:

- f : frequentie [Hz]
- f_0 : referentie-frequentie (5,6 Hz)
- v_0 : trillingsnelheid [mm/s]

Praktisch gezien houdt de weging in dat in het frequentiegebied van 1 Hz tot 16 Hz een reductie plaatsvindt, en in het frequentiegebied van 16 Hz tot en met 100 Hz nagenoeg geen mindering van toepassing is. Door middel van integratie wordt het gemeten signaal omgezet in een voortschrijdende effectieve waarde. In de onderstaande tabel zijn de streefwaarden voor deze gewogen trillingsnelheden $V_{\text{eff,max}}$ weergegeven, deze waarde is dimensieloos.

tabel I *streefwaarden bij woningen voor herhaald voorkomende trillingen in verband met trillingshinder*

	dag en avond	nacht
maximale trillingssterkte, v_{max} [.]	0,1	0,1
hoogste maximale trillingssterkte, v_{max} [.]	0,4	0,2
trillingssterkte over beoordelingsperiode, v_{per} [.]	0,05	0,05

3 Meetresultaten

In bijlage B zijn grafisch de meetresultaten uitgezet gedurende de gehele meetperiode. De X-richting van de trillingen ligt parallel aan het spoor, de Y-richting hier loodrecht op en de Z-richting betreft de verticale trillingen.

In figuur 4 van bijlage B zijn de maximaal optredende trillingsnelheden tijdens de meting in de fabriek geplot. Hinder door trillingen wordt beoordeeld door de maximaal effectieve trillingsnelheid conform de SBR deel B. Deze waarden zijn afgeleid uit de metingen en zijn geplot in figuur 5 van bijlage B. In de figuur zijn met een oranje en een rode lijn de onderste en bovenste grenswaarde weergegeven zoals deze zijn vermeld in tabel I.

Uit de grafiek blijkt dat er gedurende de meetduur drie maatgevende passages zijn gemeten. Van deze maatgevende passages vonden twee gedurende de nachtperiode plaats. Het betreft dus waarschijnlijk goederenvervoer. Aangezien de metingen gedurende een aantal dagen hebben plaatsgevonden, zijn de meetresultaten van alle treinpassages statistisch verwerk conform de SBR deel B. Dit geeft de volgende meetresultaten:

tabel II *statistische verwerking meetwaarden conform SBR deel B*

		X-richting	Y-richting	Z-richting
gemiddelde rekenkundig		0,040	0,045	0,085
maximale meetwaarde		0,080	0,104	0,189
gemiddelde μ		0,064	0,068	0,124
aantal		15	15	15
standaardafwijking σ		0,006	0,012	0,027
factor β		1,76	1,76	1,76
$V_{\text{eff,max,stat}}$ conform SBR deel B		0,076	0,092	0,182
15 hoogst gemeten waarden	15	0,053	0,059	0,105
	14	0,056	0,060	0,105
	13	0,059	0,060	0,105
	12	0,063	0,061	0,106
	11	0,063	0,061	0,107
	10	0,064	0,063	0,107
	9	0,064	0,064	0,109
	8	0,065	0,064	0,113
	7	0,065	0,065	0,114
	6	0,065	0,066	0,119

	X-richting	Y-richting	Z-richting
5	0,066	0,068	0,122
4	0,067	0,074	0,125
3	0,067	0,077	0,164
2	0,068	0,078	0,168
1	0,080	0,104	0,189

Uit de metingen en na statistische verwerking blijkt dat er op de draagconstructie van de aanwezige fabriek geen overschrijdingen worden gemeten van de grenswaarde voor hinder. De statistische verwachtingswaarde $V_{\text{eff,max,stat}}$ bedraagt 0,18 in de Z-richting. Aangezien de nieuwe woonbebouwing iets verder weg komt te liggen dan de meetlocatie is nog een reductie van 1,08 in rekening gebracht. De verwachte trillingswaarde $V_{\text{eff,max}}$ [-] bedraagt dan 0,17.

4 Conclusie en aanbevelingen

Gezien de korte duur van de treinpassages en het aantal passerende treinen wordt aan de hoogst maximale effectieve trillingswaarde voor de nachtperiode van 0,20 getoetst. De trillingen worden vrijwel uitsluitend veroorzaakt door enkele maatgevende treinen. De meerderheid van de treinpassages veroorzaken een te verwaarlozen trillingsniveau. Dit heeft tot resultaat dat de trillingssterkte V_{per} over de beoordelingsperiode niet tot een overschrijding leidt. Met andere woorden, een toename in treinintensiteiten zal niet direct leiden tot meer hinder.

Uit de meetresultaten in tabel II blijkt dat indien er rekening wordt gehouden met de positie van de nieuwe appartementen er geen overschrijding plaats vindt van de streefwaarde. Het is echter mogelijk dat door resonantie in het midden van een vloerveld hogere trillingsniveaus kunnen ontstaan. De mate waarin dit plaats vindt is vooral afhankelijk van de dominante frequenties van de optredende trillingen en de eigen frequentie van het vloerveld.

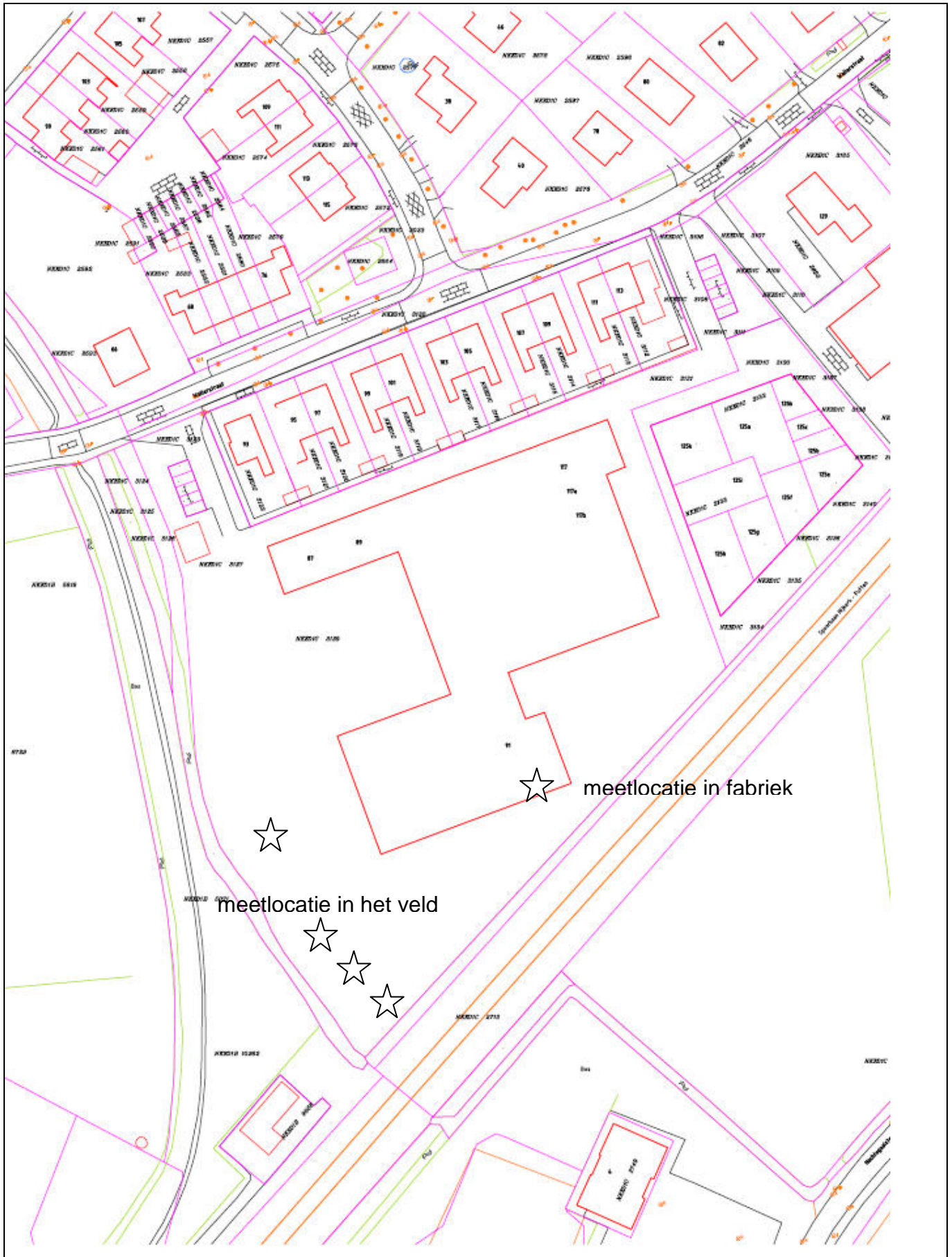
Van de drie maatgevende treinpassages is een frequentieanalyse gemaakt. Deze zijn opgenomen in bijlage C. Vooral de optredende trillingen in de verticale Z-richting kunnen worden opgeslingerd door een vloerveld. Bij de maatgevende passages blijkt er met name rond de 20 Hz een belangrijke component van het meetsignaal te zitten. De optredende trillingsfrequentie is afhankelijk van de rijsnelheid van de treinen en ligt bij passerend reizigersmaterieel beduidend hoger, rond de 30 à 40 Hz.

Teneinde te voorkomen dat door bodemtrillingen het vloerveld van verblijfsruimten wordt opgeslingerd, dient de onderste eigenfrequentie van de vloeren tussen de 8 en 14 Hz te liggen. In het algemeen is dit het geval bij betonvloeren. De eigenfrequentie is afhankelijk van de massa, stijfheid, en oplegging van de vloer. Wij adviseren bij het constructief ontwerp op de bovengenoemde waarde te toetsen.

Bij de prognose is er van uitgegaan dat de nieuwe appartementen worden gefundeerd op betonnen of stalen palen. Ondiepe fundatie op bijvoorbeeld staal of poeren zal ongunstiger zijn ten aanzien van de trillingsoverdracht naar het gebouw. Verder is het gunstig om de dragende elementen haaks te positioneren op de spoorlijn. Bij de ééngezinswoningen staat dit al vast, maar ook bij het ontwerp van de appartementen kan hier rekening mee worden gehouden.

BIJLAGE A

figuren

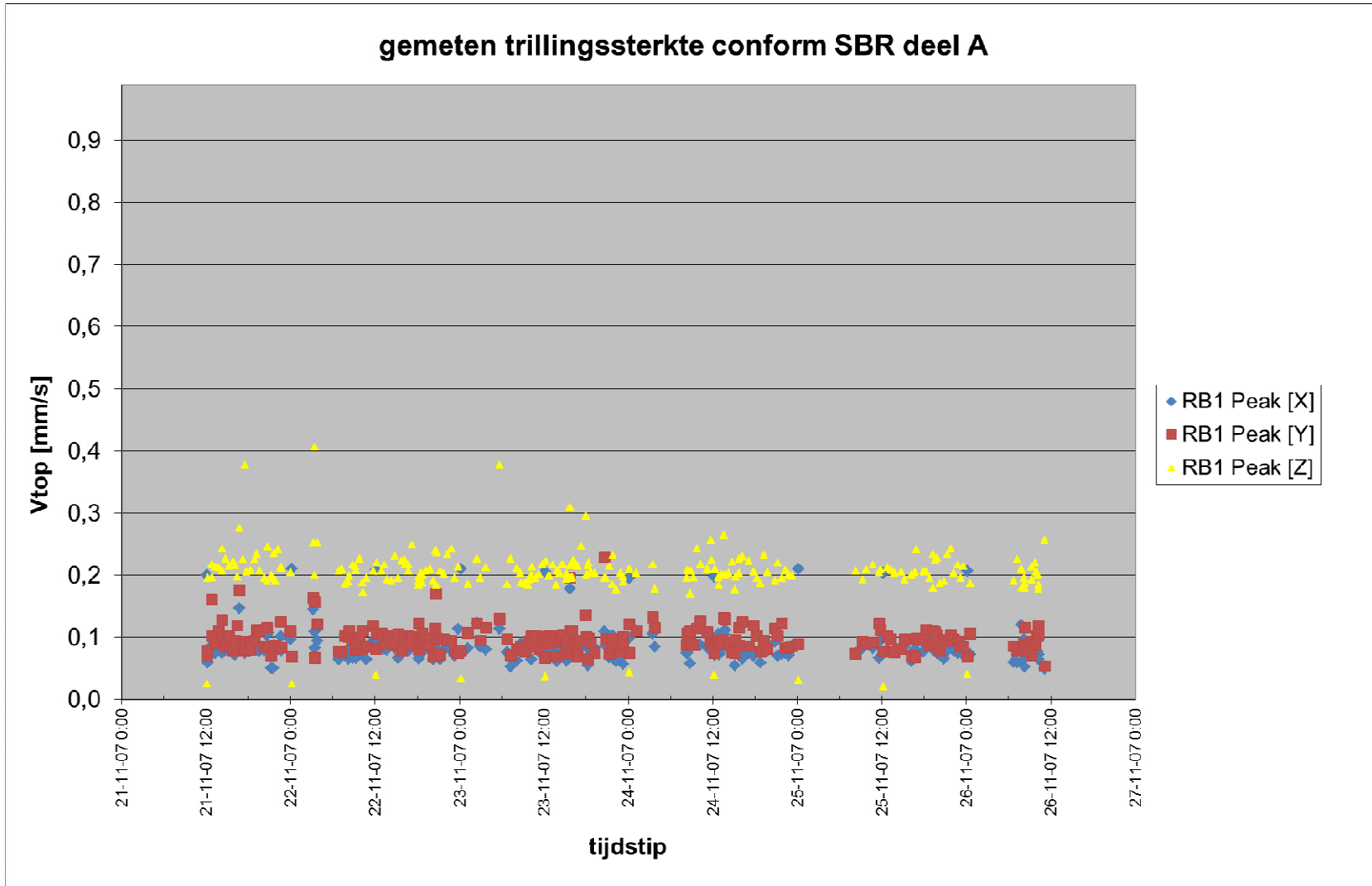


figuur 3 bestaande situatie met meetpunten

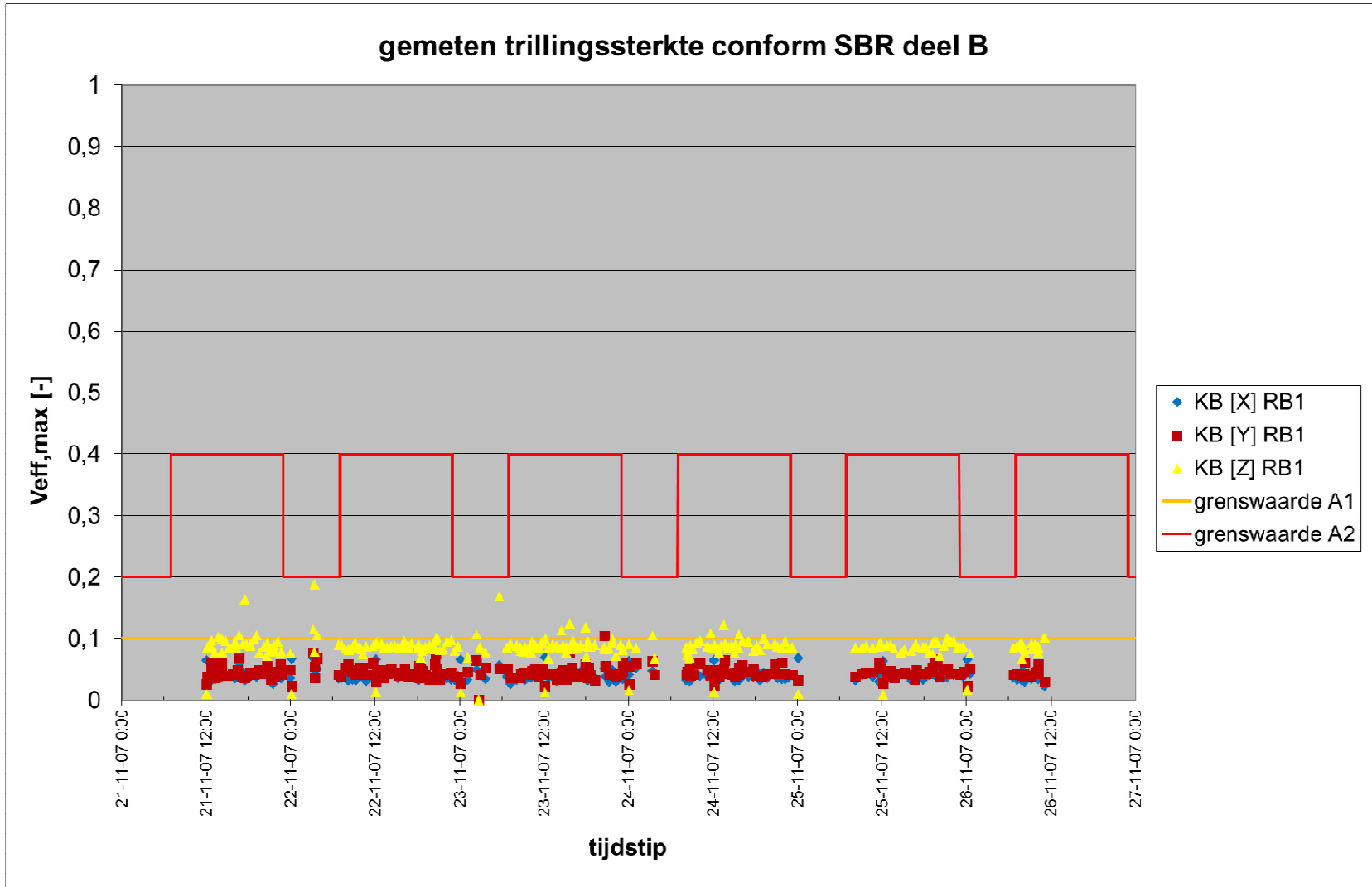
BIJLAGE B

Resultaten metingen

figuur 4 plot maximaal optredende trillingsnelheden V_{top} tijdens de meetperiode



figuur 5 plot voortschrijdende effectieve waarde V_{eff} tijdens de meetperiode

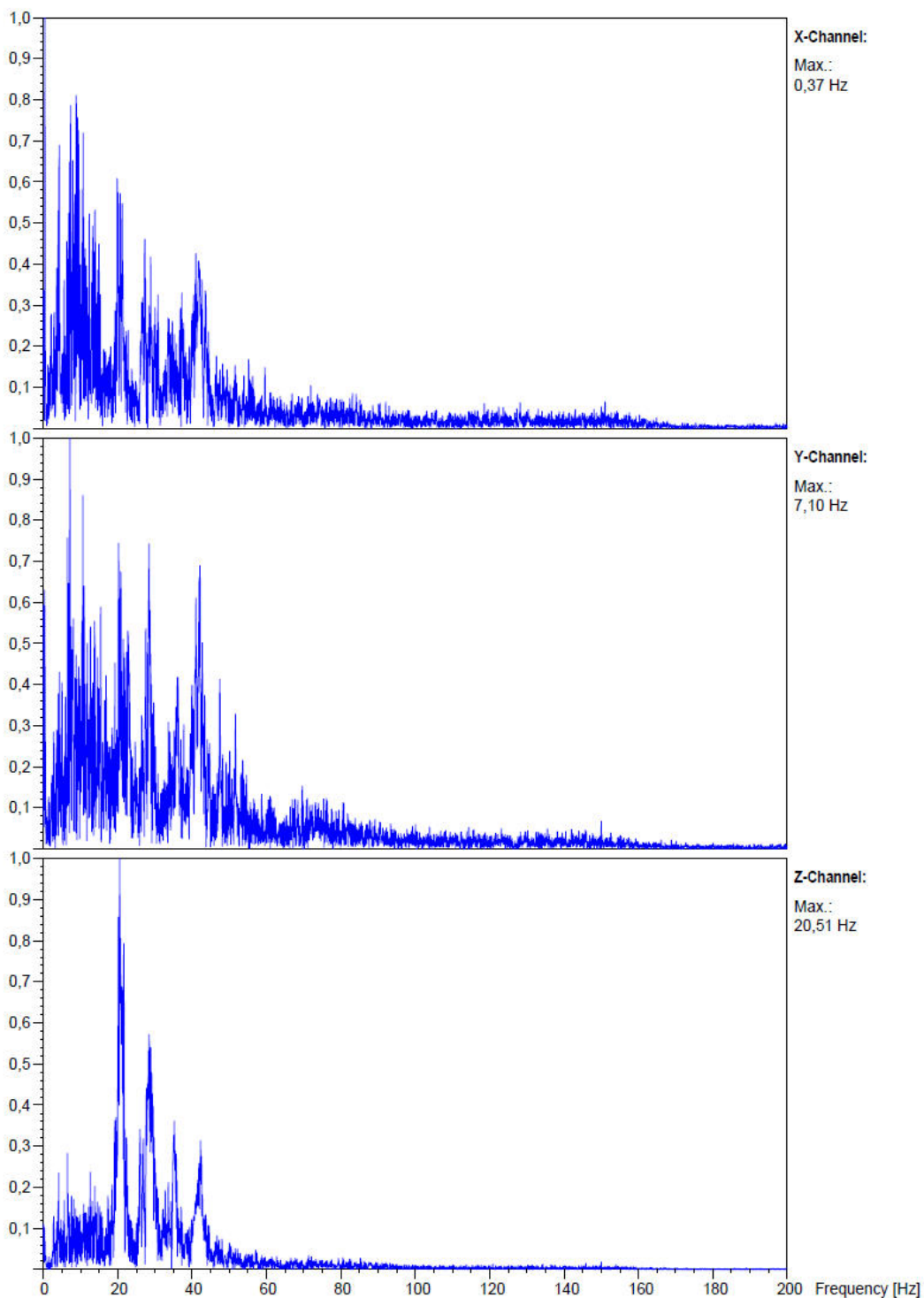


BIJLAGE C

frequentie analyse treinpassages

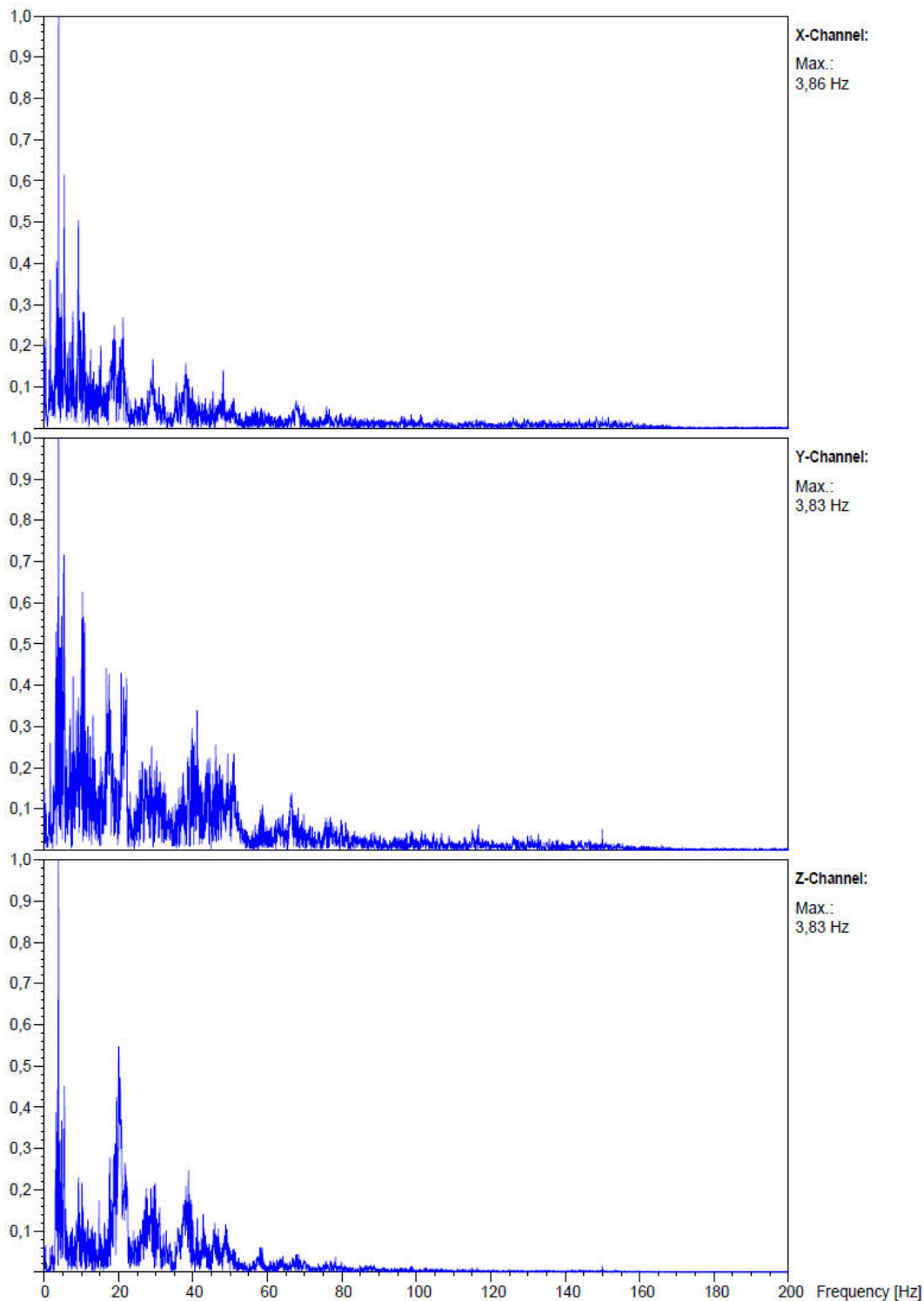


File: C:\M+P projecten\projecten\2007\timp0703.lokatie knopenfabriek NijkeAWLight4.6 Analysis date: 06.12.2012 08:32
Station: RedBox M+P Date: 21.11.2007 Whole time history: YES
Instrument status: OK Frequency Analysis Offset corrected: YES





File: C:\M+P projecten\projecten\2007\timp0703.lokatie knopenfabriek NijkEAWLight4.6 Analysis date: 06.12.2012 08:41
Station: RedBox M+P Date: 22.11.2007 Whole time history: YES
Instrument status: OK Frequency Analysis Offset corrected: YES





File: C:\M+P projecten\projecten\2007\timp0703.lokatie knopenfabriek NijkEAWLight4.6 Analysis date: 06.12.2012 08:37
Station: RedBox M+P Date: 23.11.2007 Whole time history: YES
Instrument status: OK Frequency Analysis Offset corrected: YES

