

## Trillingsonderzoek Bajeskwartier

### Onderzoek invloed trillingen treinverkeer op nieuwbouw Bajeskwartier

|         |                     |
|---------|---------------------|
| Status  | definitief          |
| Versie  | 002                 |
| Rapport | B.2017.0155.02.R001 |
| Datum   | 23 mei 2018         |

**Colofon**

|                                             |                                                                                              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b>                        | Bajeskwartier ontwikkeling C.V.<br>Postbus 4052<br>3502 HB UTRECHT                           |
| <b>Contactpersoon opdrachtgever</b>         | De heer S. Hupkens                                                                           |
| <b>Project</b><br>Betreft<br>Uw kenmerk     | Bajeskwartier<br>Trillingsonderzoek<br>-                                                     |
| <b>Rapport</b><br>Datum<br>Versie<br>Status | B.2017.0155.02.R001<br>23 mei 2018<br>002<br>definitief                                      |
| <b>Uitgevoerd door</b>                      | DGMR Bouw B.V.<br>Van Pallandtstraat 9-11<br>6814 GM Arnhem<br>Postbus 153<br>6800 AD Arnhem |
| <b>Contactpersoon</b>                       | ing. R.G. (Reinoud) Fennema<br>088 346 76 33<br>rfe@dgmr.nl                                  |
| <b>Auteur</b>                               | ing. R.G. (Reinoud) Fennema<br>088 346 76 33<br>rfe@dgmr.nl                                  |
| <b>Projectadviseur</b>                      | ir. P.J. (Paul) van Bergen<br>088 346 75 00<br>be@dgmr.nl                                    |
| <b>2e lezer/secr.</b>                       | JBV   PZW                                                                                    |

## Inhoud

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>1. Inleiding</b>           | <b>4</b>  |
| <b>2. Situatie</b>            | <b>5</b>  |
| 2.1 Project                   | 5         |
| 2.2 Spoor                     | 6         |
| <b>3. Toetsingskader</b>      | <b>7</b>  |
| <b>4. Metingen</b>            | <b>8</b>  |
| 4.1 Meetpunten                | 8         |
| 4.2 Verwerking meetresultaten | 9         |
| <b>5. Resultaten</b>          | <b>10</b> |
| 5.1 Trillingsmetingen         | 10        |
| 5.2 Geluidsmetingen           | 11        |
| <b>6. Prognose</b>            | <b>12</b> |
| <b>7. Conclusies</b>          | <b>13</b> |

## Bijlagen

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| Bijlage 1 | Trillingsregistratie $V_{top}$ |
| Bijlage 2 | Trillingsregistratie $V_{eff}$ |

## 1. Inleiding

In opdracht van Bajeskwartier ontwikkeling C.V. heeft DGMR Bouw onderzoek gedaan naar te verwachten trillingen in het project “Bajeskwartier” in Amsterdam door railverkeer op de spoorlijn Duivendrecht - Amsterdam. Aanleiding voor dit onderzoek vormt een zienswijze ingediend op het gebiedsplan waarin trillingsonderzoek wordt verlangd. Het bevoegd gezag, de Gemeente Amsterdam, heeft verzocht een onderzoek uit te voeren.

Het project Bajeskwartier omvat de herontwikkeling van de gebouwen behorende tot de vroegere Bijlmerbajes tot een diversiteit aan functies, waaronder: wonen, logies en kantoorfuncties. Een deel van de bestaande bebouwing wordt gesloopt, maar er zijn ook delen die gedeeltelijk worden hergebruikt en soms dienen als onderbouw waarop verder wordt gebouwd. In het project kunnen dan ook meerdere constructieve principes voorkomen, met elk een eigen specifieke gevoeligheid ten aanzien van trillingen.

Op basis van de ingediende zienswijze is het gebied waarbinnen onderzoek noodzakelijk wordt geacht, gesteld op 65 m afstand tot het hart van het meest nabije spoor. Deze contour is aangegeven in figuur 1. Binnen deze contour liggen drie torens van de Bijlmerbajes en het keukengebouw. Twee van deze drie torens worden gesloopt en de derde wordt omgevormd tot groentoren. Alleen het keukengebouw blijft van deze gebouwen gehandhaafd en zal verder dienen als basis om op verder te bouwen. In de plaats van de twee te slopen torens komt echter weer vervangende bouw met een woonbestemming.

Om inzicht te krijgen in het trillingsrisico op deze locatie zijn op twee posities in de bodem en in twee gebouwen trillingsmetingen gedaan. Op basis van de resultaten van deze metingen is een prognose gegeven van de te verwachten trillingen in de nieuwbouw en worden randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp om te kunnen voldoen aan de SBR-richtlijn Trillingen.

## 2. Situatie

### 2.1 Project

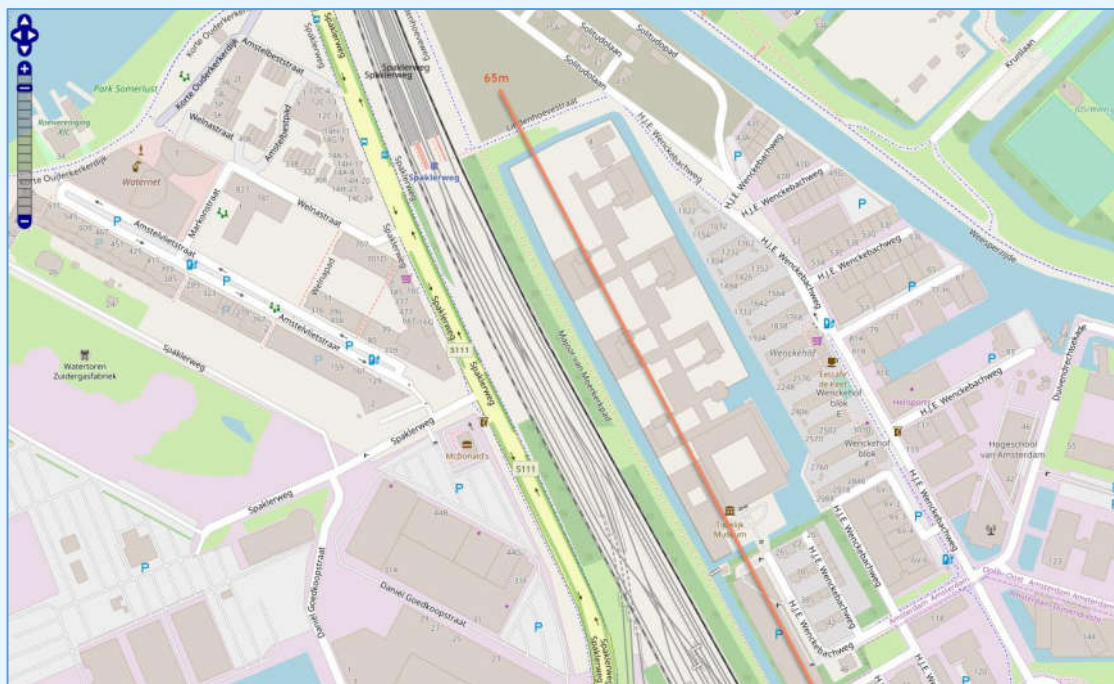
Het programma “Bajeskwartier” bestaat uit 13 nieuwe bouwvolumes en een tot groentoren om te vormen gevangenistoren. De bouwvolumes in figuur 1 aangeduid met de letters A t/m M hebben allemaal een (gedeeltelijke) woonbestemming. Vijfvolumes daarvan (B, D, F, J, H) vallen binnen de 65 m contour. Bouwvolume B wordt gebouwd op het bestaande keukengebouw. De andere vier bouwvolumes binnen de contour zijn geheel nieuw.



figuur 1: bouwvolumes project “Bajeskwartier”

## 2.2 Spoor

Bajeskwartier ligt aan de spoorlijn tussen station Duivendrecht en Amsterdam Amstel. Tussen de twee treinsporen liggen tramsporen. De treinen naar het zuiden (richting Duivendrecht) rijden over het verst afgelegen westelijke spoor. De treinen richting het noorden rijden over het meest nabije oostelijke spoor. Naast sprinters, internationale treinen en intercity's komen er ook goederentreinen langs. Treinen rijden met een relatief hoge snelheid, personentreinen veelal sneller dan 80km/u.



figuur 2: situatie Bajeskwartier met 65 m contour

### 3. Toetsingskader

Voor het project Bajeskwartier 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 aangaande trillingen.

**tabel 1: SBR-B - Streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, 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 |
| Onderwijs en kantoor | 0.15         | 0.6 | 0.07 | 0.15  | 0.6 | 0.07 |

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

Voor nieuw te bouwen woningen nabij een weg of spoorlijn wordt dus voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte  $V_{max}$  kleiner is dan 0,2 (nachtperiode) en de langtijdgemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$  niet hoger is dan 0,05. Als  $V_{max}$  niet hoger is dan 0,1 komt de toetsing van de  $V_{per}$  te vervallen.

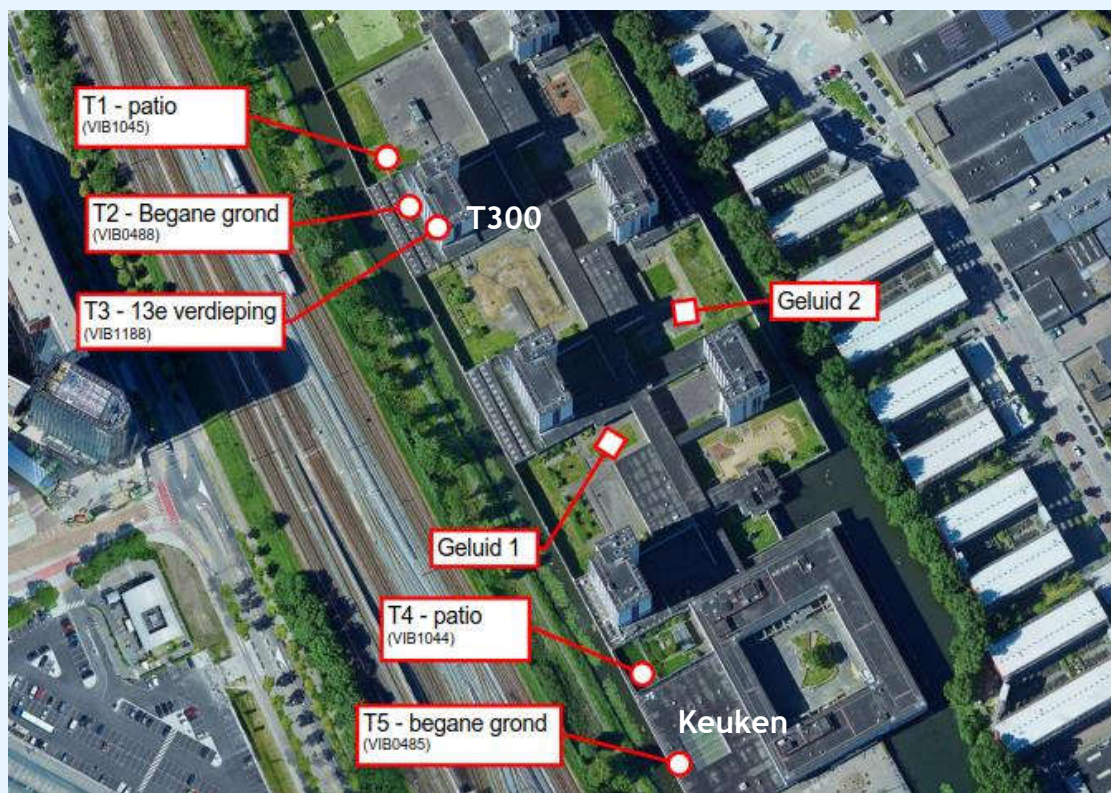
## 4. Metingen

### 4.1 Meetpunten

Er zijn metingen uitgevoerd op twee posities in de bodem en in twee gebouwen vallend binnen de 65 m contour. De gebouwen waarin is gemeten, zijn het keukengebouw dat bij de herontwikkeling wordt gehandhaafd en waarop extra verdiepingen worden geplaatst en de noordwestelijke toren T300, die weliswaar zal worden gesloopt maar waarvoor in de plaats nieuwbouw zal verrijzen. De metingen geven dus een representatief beeld van wat op deze locatie bereikbaar is qua trillingen.

In toren T300 is gemeten aan een stijf punt van de constructie op de begane grond en op een vloer op de 13<sup>e</sup> verdieping, zodat bij meetbare treinpassages ook inzicht wordt verkregen in de trillingsoverdracht binnen hoogbouw. De meetpunten in de bodem (op meetpen/op maaiveld) bevonden zich in de patio's ten noorden van toren T300 en ten noorden van het keukengebouw. De meetposities zijn aangegeven in figuur 2.

Voor de metingen is gebruikgemaakt van meetsystemen van het type Profound Vibra-sbr. Deze systemen worden jaarlijks gekalibreerd. De serienummers zijn te vinden in figuur 3.



figuur 3: meetposities

Conform de aanbevelingen in de SBR-richtlijn 'Trillingen', deel B - "Trillingshinder voor personen in gebouwen" (SBR-B) is een meetperiode van een week aangehouden om variaties in spoorgebruik en materieel gedurende deze periode mee te nemen in de metingen. De metingen zijn uitgevoerd tussen 17 en 25 april 2018.

#### 4.2 Verwerking meetresultaten

De gebouwen en patio's waarin is gemeten, zijn nog in gebruik en daarmee is er verstoring van de metingen door passanten aan de orde. Om de invloed van treinpassages op de gebouwen zuiver en vrij van verstoring in beeld te brengen, zijn treinpassages in de trillingsregistraties geverifieerd op basis van camerabeelden (spoorgerichte camera) en is het verloop van de trillingsregistraties voor en na het passagemoment gecontroleerd op verstoringen. Indien daarin verstoringen zichtbaar zijn van ongeveer dezelfde magnitude als de treinpassage of hoger, dan is de treinpassage mogelijk verstoord en wordt deze niet verder beschouwd. Buiten kantoortijden is verstoring nauwelijks aan de orde.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte  $V_{top}$  en de voor trillinghinder maatgevende effectieve trillingssterkte  $V_{eff}$ . De  $V_{eff}$  wordt slechts gemeten in 30 seconden intervallen conform de SBR-B. Voor identificatie van treinpassages is dit te grof. De identificatie van treinen en check op verstoringen geschiedt aan de hand van het trillingssignaal  $V_{top}$  dat een 10x hogere resolutie heeft.

Van de geïdentificeerde treinpassages die vrij zijn van verstoring is de bijbehorende effectieve trillingssterkte  $V_{eff,max}$  geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste waarde daarvan is de maatgevende  $V_{max}$  conform de SBR-B richtlijn.

## 5. Resultaten

### 5.1 Trillingsmetingen

De trillingsregistraties  $V_{top}$  die zijn gebruikt voor treinherkenning, zijn opgenomen in bijlage 1. De registraties van de voor hinder maatgevende effectieve trillingssterkte  $V_{eff}$  zijn opgenomen in bijlage 2 (opgedeeld in perioden van ongeveer 4 dagen). De treinpassages met de hoogst geregistreerde  $V_{eff,max}$  zijn gemarkeerd met een rode cirkel. De hoogste waarde daarvan over alle treinpassages is de maatgevende  $V_{max}$  conform de SBR-B.

Tabel 2 geeft een overzicht van de  $V_{max}$ -waarden per meetsysteem en per meetrichting evenals de aan deze treinpassages toe te schrijven (berekende) langtijdgemiddelde trillingssterkte  $V_{per}$ . Beide voor de toetsing maatgevende criteria worden hoofdzakelijk bepaald door de goederentreinen. De registraties laten zien dat andere treinen aanmerkelijk minder trillingen veroorzaken.

**tabel 2:  $V_{max}$  en  $V_{per}$  treinpassages**

|           | T1: patio |      |      | T2: BG toren T300 |      |      | T3: 13 <sup>e</sup> toren T300 |        |      | T4: patio |      |        | T5: keukengebouw |      |      |
|-----------|-----------|------|------|-------------------|------|------|--------------------------------|--------|------|-----------|------|--------|------------------|------|------|
|           | X         | Y    | Z    | X                 | Y    | Z    | X                              | Y      | Z    | X         | Y    | Z      | X                | Y    | Z    |
| $V_{max}$ | 0.14      | 0.17 | 0.16 | 0.11              | 0.09 | 0.09 | 0.19<br>(0.31)                 | 0.13   | 0.07 | 0.14      | 0.14 | 0.15   | 0.06             | 0.06 | 0.08 |
| $V_{per}$ | < 0.03    |      |      | < 0.01            |      |      | 0                              | < 0.03 |      |           | 0    | < 0.02 |                  |      | 0    |

### Beschouwing

De  $V_{per}$ -waarden in tabel 2 laten zien dat hoewel goederentreinpassages soms net voelbaar zijn op de hoogste verdieping in toren T300 en in de bodem van de patio's, dit nauwelijks invloed heeft op de  $V_{per}$  omdat het aantal voelbare treinpassages zeer gering is. Dat betekent dat de toetsing van trillingen zich vooral richt op de maximale trillingssterkten  $V_{max}$  tijdens goederentreinpassages.

Meetpunt T3 ligt op de 13<sup>e</sup> verdieping van toren T300 en de verdiepingen daar direct onder zijn bewoond. Naast trillingen van treinen worden op dit meetpunt ook trillingen ondervonden van deze bewoning en ook van wind op de toren. Dit is vooral merkbaar in de horizontale richtingen. De geanalyseerde treinpassages zijn gecheckt op verstoring door sterke wind of bewoning, maar enige windrespons is immer onderdeel van de meetresultaten.

Op meetpunt T3 is in één week tijd één treinpassage voorgevallen waarvan de  $V_{eff,max}$  in de X-richting haaks op het spoor hoger was dan de streefwaarde A2 in de nachtperiode. De op één na sterkste passage bleef daar met een  $V_{eff,max}$  van 0,19 net onder. Volgens de SBR-B is de maatgevende  $V_{max}$  dan 0,31. De Beleidsregel trillingshinder spoor (Bts), die ProRail voor spoorse plannen hanteert, richt zich op een toetswaarde die hooguit eens per week wordt overschreden. Deze wordt statistisch bepaald en zal ergens tussen de waarde van 0,19 en 0,31 in liggen. Een voelbare treinpassage per week hoeft dus niet noodzakelijkerwijs tot maatstaf te worden verklaard. Vandaar de vermelding tussen haakjes. Algemeen beeld is dat goederentreinen op de bovenste verdieping van toren T300 effectieve trillingssterkten kunnen opwekken tot globaal 0,2, met incidenteel een uitschieter daarboven.

*“De verantwoordelijke treinpassage betreft een loc met daarachter ca. 30 beladen erts- en staalwagons in zuidelijke richting op het meest westelijke spoor. Rijsnelheid lag in de orde van 70 km/u. Reden voor de relatief hoge trillingsopwekking kan liggen in de hoge aslast i.c.m. de duur van de passage en de slappe bodem rond Amsterdam, maar in elk geval gaat het om aanstoting van de horizontale buigfrequentie van de toren bij ca. 1,5 Hz.”*

### Analyse trillingsoverdracht

De hoogste trillingssterkte  $V_{\max}$  in verticale richting wordt gemeten in de bodem van de patio's. Tussen de bodem en de fundatie van bouwwerken treedt in deze richting een verzwakking op van ongeveer een factor 1,5 tot 2. Dit geldt zowel voor het lage keukengebouw als voor de veel hogere toren T300. In de gebouwen worden in verticale richting geen voelbare trillingen meer waargenomen en ligt de  $V_{\text{eff}}$  lager dan 0,1.

In toren T300 treedt tussen het meetpunt nabij de gevel op de begane grond (stijf punt) en het midden van het vloerveld op de 13<sup>e</sup> verdieping een verzwakking van ongeveer een factor 1,5 op. Verticaal is er in dit geval dus geen sprake van trillingsverhoging door vloerresonanties, hetgeen te maken zal hebben met de relatief kleine vloervelden en massieve tussenwanden.

In horizontale richting treedt tussen bodem en fundatie bouwwerk een verzwakking op van ongeveer een factor 2, die in het geval van het keukengebouw net iets hoger uitpakt dan in de veel hogere toren T300. In horizontale richting ligt op begane grond niveau de  $V_{\text{eff}}$  net als in verticale richting meestal onder de 0,1 en is dus niet voelbaar.

In toren T300 treedt tussen de fundatie en de bovenste 13<sup>e</sup> verdieping een versterking op van een factor 2 tot 2,5 (zwaaien van de toren). De dominante frequentie hierbij is meestal 1,5 Hz tot 2 Hz, vermoedelijk de laagste buigeigenfrequentie van de toren, en soms 3 Hz, wellicht de aanstootfrequentie van de zwaardere ertstreinen.

### 5.2 Geluidsmetingen

Om de verwachte geluidsbelasting op de locatie te kunnen bepalen en geluidsmodellen te verifiëren, zijn op verzoek van AM/Fuel parallel aan de trillingsmetingen ook metingen van het omgevingsgeluid gedaan in twee van de patio's van de Bijlmerbajes, één aan de westzijde van het complex en één aan de oostzijde. Daartussen ligt de verbindingsgang van het complex, ook wel genoemd "De Kalverstraat". De twee meetpunten worden getoond in figuur 2. De meetpunten bevonden zich op 5 m hoogte boven maaiveld. De meetresultaten zijn te vinden in tabel 3.

**tabel 3: omgevingsgeluid**

| dB            | $L_{\text{Amin}}$ | $L_{\text{A,95\%}}$ | $L_{\text{Aeq}}$ | $L_{\text{A,5\%}}$ | $L_{\text{Amax}}$ |
|---------------|-------------------|---------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| G1: Westzijde | 50                | 52                  | 58               | 63                 | 72                |
| G2: Oostzijde | 46                | 46                  | 49               | 52                 | 65                |

Uit tabel 3 valt af te lezen dat geluidniveaus in de patio's variëren tussen 50 - 72 dB(A) aan de westzijde en tussen 46 - 65 dB(A) aan de oostzijde.

## 6. Prognose

Uit trillingsmetingen in het bestaande keukengebouw en toren T300 is gebleken dat de effectieve trillingssterkten op een stijf punt op fundatieniveau of begane grond onder de voelbaarheidsgrens en streefwaarde A1 conform de SBR-B liggen.

Naar hogere verdiepingen is er in horizontale richting rekening te houden met trillingsversterking (factor 2 tot 2,5) wat in hoge bouwvolumes tot net voelbare trillingen kan leiden op momenten van zware goederentreinpassages. In toren T300 met een betonnen draagstructuur, wanden en vloeren, leidde dit tot trillingssterkten  $V_{eff}$  tot circa 0,2 met incidenteel een uitschieter daarboven tot in dit geval 0,31. Die ene trein daargelaten zou dit bouwwerk in de huidige toestand dus voldoen aan de SBR-B.

Voor lichtere bouwwerken of bouwwerken met weinig demping in de draagstructuur, zoals staalconstructies, zouden de trillingssterkten echter hoger kunnen uitpakken.

Een tweede belangrijk aandachtspunt betreft de constructie van de vloeren. Toren T300 heeft vloeren met een kleine overspanning en zal op de door de zware ertstreinen bij lage frequenties opgewekte trillingssterkten niet sterk reageren. In toren T300 lagen de dominante frequenties in horizontale richting tussen 1,5 en 3 Hz. Van belang is het om vloeren te ontwerpen die qua laagste eigenfrequentie ruim boven dit frequentiegebied blijven. Geadviseerd wordt om hiervoor een ondergrens van 6 Hz aan te houden, ten minste voor de bouwwerken die nu binnen de trillingscontour van 65 m liggen.

Dit betekent dat voor de hogere bouwwerken (D, F, J, H) staalconstructies met kanaalplaatvloeren van grote overspanning een trillingsrisico vormen dat in het ontwerp moet worden beschouwd.

Gebouwen met een betonnen draagstructuur zijn hier te prefereren.

Voor gebouwen tot een hoogte van circa 20 m is het trillingsrisico minimaal, maar wordt eveneens geadviseerd om vloeren te ontwerpen met een laagste eigenfrequentie van ten minste 6 Hz.

Voor bouwvolume B, dat vier nieuwe bouwlagen bovenop het bestaande keukengebouw omvat, is het risico op voelbare trillingen in horizontale richtingen vanwege de nog beperkte bouwhoogte gering. Verwacht wordt dat trillingssterkten in deze richtingen aan de streefwaarde A2 in de nachtperiode zullen voldoen.

Van belang daarin is echter wel hoe de nieuwe bouwlagen constructief op de bestaande bouw worden geplaatst. Indien er op de overgang oud/nieuw verjonging optreedt door bijvoorbeeld een palenstructuur of de integrale schijfwerking van het gebouw wordt onderbroken, dan kan het gebouw in deze richting toch relatief gevoelig zijn en is nader onderzoek als onderdeel van het ontwerp te adviseren.

Trillingsmetingen aan de fundatie/begane grond van het keukengebouw tonen dat alle trillingsenergie in horizontale richting optreedt bij frequenties tot 4 Hz en verticaal bij frequenties tot 6 Hz. Als voor dit gebouw lichtere bouwwijzen worden overwogen: staal/beton of staal/hout, dan wordt geadviseerd om de laagste eigenfrequentie van vloeren uit te leggen op ten minste 6 Hz.

Als bovenstaande ontwerputgangspunten worden aangehouden, dan is de verwachting dat binnen de contour van 65 m kan worden voldaan aan de SBR-B, behoudens incidentele zware goederentreinpassages die net de gevoelige snaar weten te raken. Dit verschijnsel is nooit helemaal uit te sluiten en is volgens ons als maatschappelijk aanvaardbaar te beschouwen.

## 7. Conclusies

Trillingsmetingen in de bestaande gebouwen van de Bijlmerbajes laten zien dat in deze gebouwen nauwelijks voelbare trillingen optreden als gevolg van treinpassages, maar dat toren T300 op sommige goederentreinpassages in horizontale richting enigszins in opslinging geraakt. Aangenomen mag worden dat dit voor de andere twee torens aan westzijde ook geldt. Daarbij treden trillingssterkten op die in de regel tussen de onderste streefwaarde A1 van 0,1 (voelbaarheidsgrens) en de bovenste streefwaarde A2 van 0,2 uit de SBR-B vallen en daaraan dus voldoen. Eén treinpassage overschreed de A2-waarde met een  $V_{\text{eff,max}}$  van 0,31. Dit mag als incidenteel worden beschouwd en hoeft niet als ontwerpuitgangspunt te worden aangenomen.

De lichte opslinging van toren T300 maakt wel duidelijk dat voor de hogere bouwvolumes ten westen van de 65 m contour, en dat zijn met uitzondering van het schoolgebouw en bouwvolume B alle nieuwe gebouwen aan deze zijde, er trillingsbewust moet worden ontworpen.

Dit houdt in dat indien er lichte of laag gedempte gebouwconstructies zoals staalconstructies worden overwogen, het trillingsaspect zeker moet worden meegenomen in het ontwerp. Er zal dan gerekend moeten worden aan het gedrag van de constructie onder trillingsbelasting opdat trillingen beperkt blijven tot hetgeen nu gemeten in toren T300.

Uit oogpunt van trillingen is te adviseren om ten westen van de 65 m contour alle hoogbouw uit te voeren in een betonnen draagstructuur en voor de vloerconstructie een laagste buig-eigenfrequentie te realiseren van 6 Hz. De trillingsgevoeligheid van de vloerconstructie interfereert dan niet met die van de draagstructuur zodat stapeling van gevoeligheden wordt voorkomen. De eigenfrequentie van de vloeren ligt dan boven het frequentiebereik waarin nu de meeste trillingsenergie wordt gemeten.

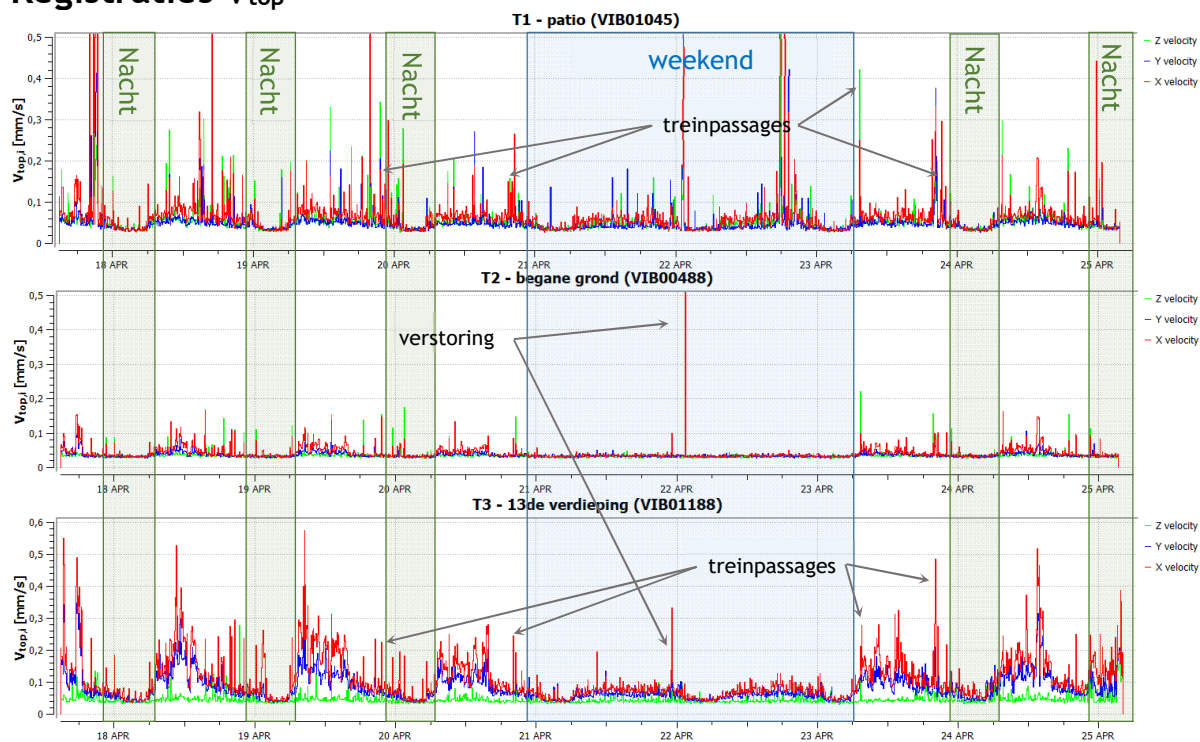
Voor bouwvolume B dat een minder hoog is, is het risico op trillingsversterking in horizontale richting gering, mits de nieuw aan te brengen bouwlagen goed gekoppeld worden aan de bestaande onderbouw in de zin dat de volledige draagstructuur van de onderbouw wordt doorgetrokken naar de bovenbouw. Als dat het geval is, zou hier ook goed gewerkt kunnen worden met een staalconstructie. Voor de vloeren van bouwvolume B geldt eveneens dat een minimum eigenfrequentie van 6 Hz is aan te bevelen.

Als gebouw B een geheel eigen draagconstructie krijgt en als een brugdeel boven het keukengebouw komt te staan, dan zal nadere studie (berekeningen) nodig zijn om vast te stellen hoe met name de horizontale stijfheid van deze draagconstructie het best kan worden ingevuld om trillingen te minimaliseren.

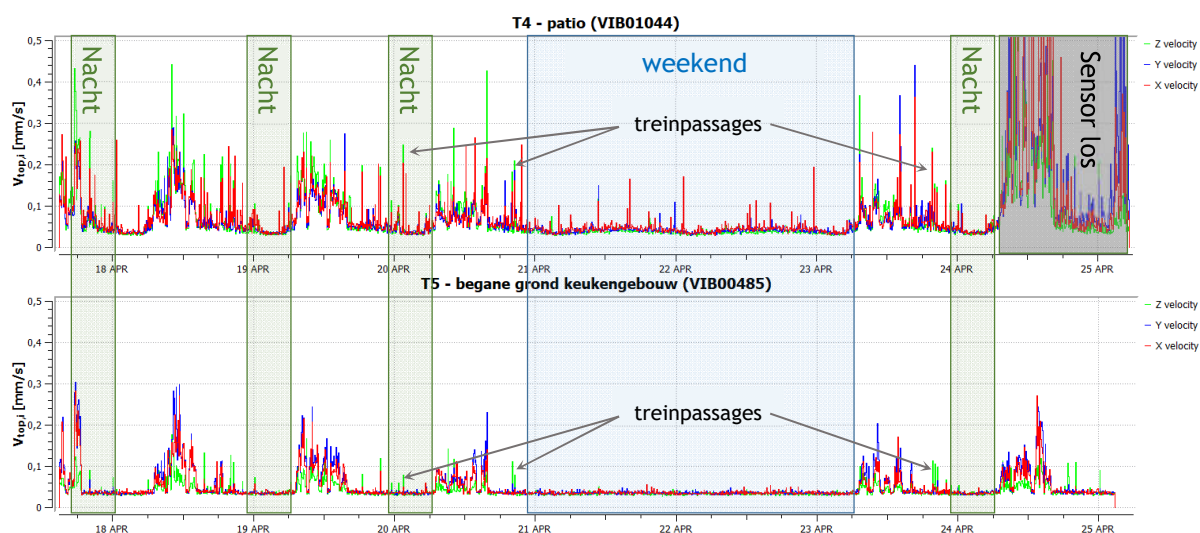
ir. P.J. (Paul) van Bergen  
DGMR Bouw B.V.

## Bijlage 1

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| Titel  | Trillingsregistratie $V_{top}$ |
| Omvang | 1                              |

Registraties  $V_{top}$ 

Toren T300 is tot en met de 12<sup>e</sup> verdieping bewoond. Behalve dat er op de 13<sup>e</sup> verdieping in horizontale richtingen meer respons is door wind op de toren, worden hier ook trillingen door bewoning geregistreerd. Een aantal geïdentificeerde treinpassages zijn gemarkeerd.

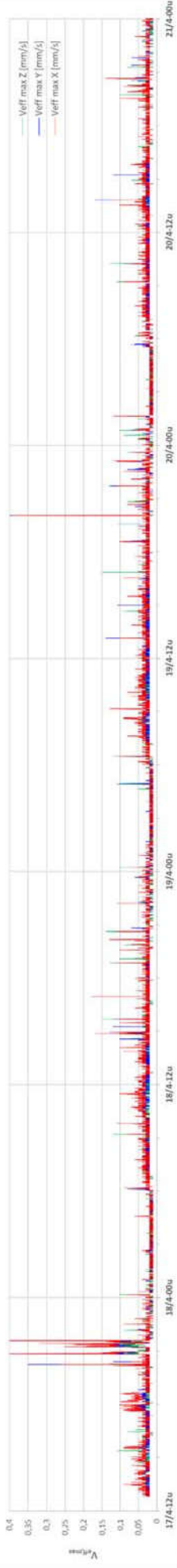


Sensor van meetpunt T4 in de patio is op 24 april na 7.00 losgetrokken en onbruikbaar geworden. Enkele duidelijk herkenbare treinpassages zijn in registratie T4 gemarkeerd. Te zien valt dat de met deze passages corresponderende trillingssterkten  $V_{top}$  op begane grond niveau van het keukengebouw (stijf punt draagconstructie) zeer klein zijn, in de regel 0,12 of minder. De effectieve trillingssterkte  $V_{eff}$  ligt onder de voelbaarheidsgrens van 0,1.

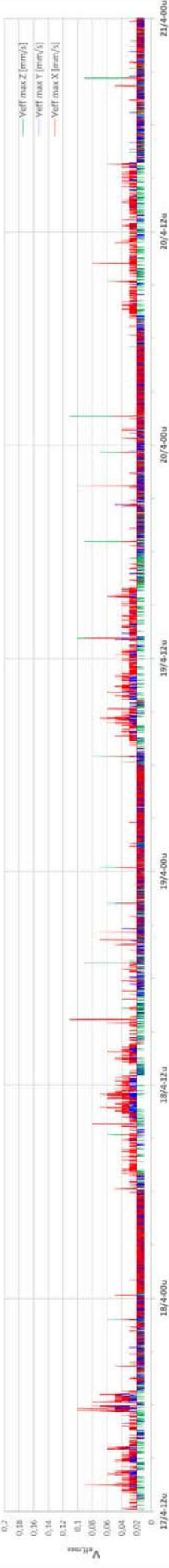
## Bijlage 2

|        |                                       |
|--------|---------------------------------------|
| Titel  | Trillingsregistratie $V_{\text{eff}}$ |
| Omvang | 2                                     |

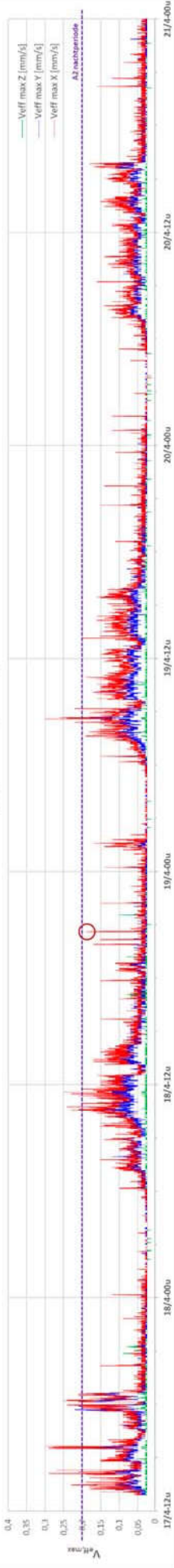
T1 - patio (VIB01045)



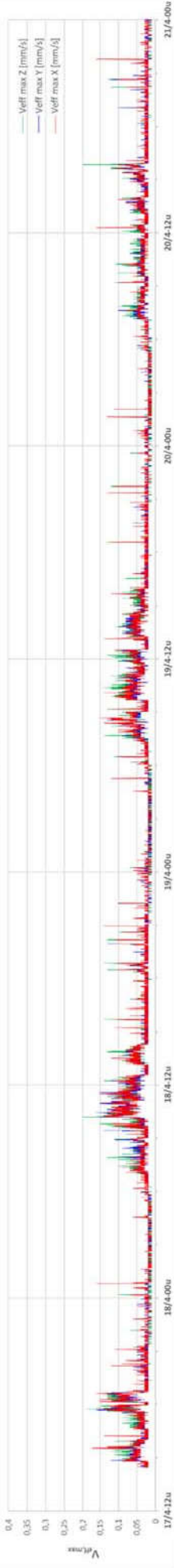
T2 - begane grond toren T300 (VIB00488)



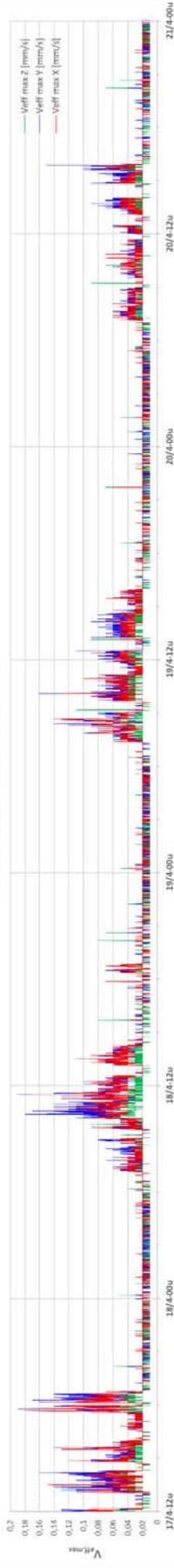
T3 - 13de verdieping toren T300 (VIB01188)



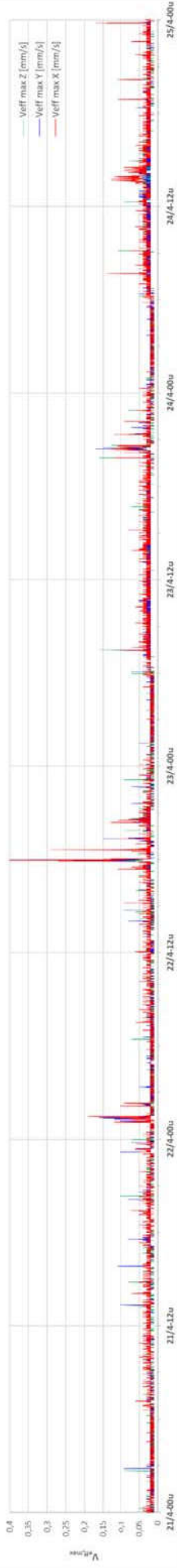
T4 - patio (VIB01044)



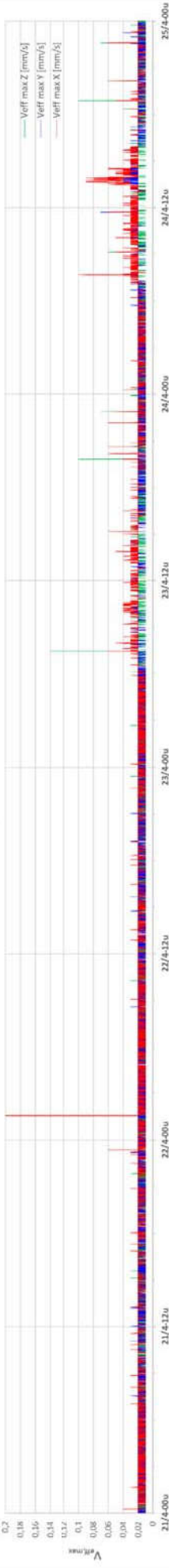
T5 - begane grond keukengebouw (VIB00485)



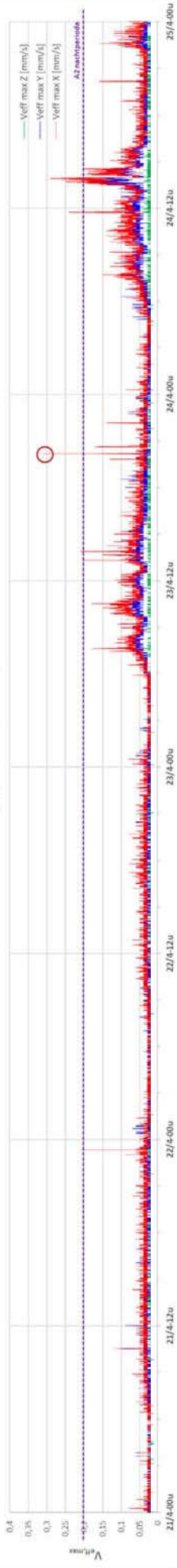
T1 - patio (VIB01045)



T2 - begane grond toren T300 (VIB00488)



T3 - 13de verdieping toren T300 (VIB01188)



T4 - patio (VIB01044)



T5 - begane grond keukengebouw (VIB00485)

