



Bouw
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 15 276 30 00
F +31 15 276 30 10
wegwijzer@tno.nl

TNO-rapport

TNO-034-DTM-2010-04910

**Trillingsmeting HSL-zuid bij Thalys passages en V250
test passages in 3 woningen in Breda Zuid-Oost**

Datum	13 januari 2011
Auteur(s)	Dr. ir. F. M. B. Galanti Drs. A. Koopman
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	28
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Ir. M.S. Roovers (ProRail B.V.)
Projectnaam	HSL Trillingen
Projectnummer	033 26117/01.06

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksovereenkomsten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
1.1	Doelstelling.....	3
2	Uitgangspunten	4
2.1	Toetsingskader.....	4
2.1.1	SBR richtlijn deel B: hinder voor personen in gebouwen.....	4
2.1.2	PvE van HSL: maaiveleis buiten de 50 m zone	5
2.2	Onderzoeksmethodiek	6
2.3	Selectie van woningen	6
3	Metingen.....	8
3.1	Opzet meting.....	8
3.1.1	Samenvatting meetsysteem.....	8
3.1.2	Data-acquisitie	9
3.2	Snelheidsmeting.....	9
3.3	Meetperiode	9
4	Meetresultaten.....	11
4.1	Beschikbare gegevens.....	11
4.1.1	Snelheidsmeting.....	11
4.1.2	Meetgegevens uit de drie locaties	11
4.2	Verwerking meetdata.....	11
4.3	Treinpassages.....	12
4.4	Bepaling van de $V_{\text{eff,max};30}$ waardes.....	16
4.5	Achtergrond niveau.....	16
4.6	Trillingsniveaus bij treinpassages	16
5	Beoordeling.....	18
5.1	SBR richtlijn deel B.....	18
5.1.1	Passages in de nacht.....	18
5.2	Maaivelds buiten de 50 m zone voor potentieel bebouwd gebied	18
6	Conclusie.....	20
7	Referenties	21
8	Ondertekening.....	22

1 Inleiding

Kort na de invoering van dienstregelingen op de HSL zijn er klachten ontstaan over lawaai langs het spoor. In het gebied Overa van de wijk Breda Zuid-Oost (een gebied dat zich bevindt tussen de HSL en de Mastbos), zijn er ook klachten ontstaan over trillingshinder. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat en Prorail hebben opdracht gegeven aan TNO om een grootschalig meting van geluid en trilling aan de HSL te verrichten tijdens de passages van hoge snelheidstreinen.

De meting is eind oktober 2010 uitgevoerd en daarbij is een periode gekozen welke overeenkwam met het testen van de V250, een hogesnelheidstrein voor de nieuwe Fyra dienstregeling tussen Amsterdam en Breda, naast de al bestaande Thalys dienstregeling tussen Amsterdam en Parijs.

Het onderhavige rapport gaat over het deel van de meting dat betrekking heeft op de trillingsproblematiek in de wijk Breda Zuid-Oost. Voor de geluidsmetingen wordt verwezen naar het desbetreffende rapport, zie Ref. 1.

1.1 Doelstelling

De trillingsmeting heeft tot doelstelling het beoordelen van de trillingsniveaus in woningen in relatie tot de mogelijk hinder voor personen. De trillingen worden beoordeeld volgens de “SBR richtlijn deel B: hinder voor personen in gebouwen”, Ref. 2, en aan de hand van het Programma van Eisen voor de aanleg van de HSL Zuid hoofdstuk 607B, Ref 3.

2 Uitgangspunten

De uitgangspunten die gelden voor het in kaart brengen van trillingshinder worden in dit hoofdstuk toegelicht. Er wordt ingegaan op het toetsingskader, op basis waarvan, de mate van trillingshinder vastgesteld kan worden.

2.1 Toetsingskader

Voor trillingen zijn geen wettelijke normen vastgesteld. In deze rapportage is bij het vaststellen van mogelijke trillingshinder uitgegaan van de streefwaarden zoals deze zijn opgenomen in de Richtlijn B (Hinder voor personen in gebouwen) van de Stichting Bouwresearch (SBR richtlijn deel B, augustus 2002).

Verder is relevant:

- Het Tracébesluit (TB). Deze stelt over mogelijke trillingshinder: dat “de baan zo wordt vormgegeven dat het trillingsniveau op maaiveld op een afstand van meer dan 50 meter vanuit de spoorbaan beneden de waarnemingsgrens blijft”
- Het Programma van Eisen voor de aanleg van de HSL. Deze bevat een aparte richtlijn voor trillingen in de omgeving, richtlijn 607B (ref. [3]) welke beoogt het TB instrumenteel te maken voor de bouwers van de lijn. Voor trillingen in bestaande en toekomstige woningen *tot* een afstand van 50 van het spoor mag volgens het PvE worden uitgegaan van dezelfde streefwaarden welke de SBR-richtlijn B stelt aan (nieuw) treinverkeer tussen 07:00 en 23:00. Ten behoeve van bestaande en toekomstige woningen *vanaf* 50 meter van het spoor stelt het PvE een kwantitatieve eis aan het trillingsniveau van het maaiveld..

Dit onderzoek beoogt het trillingsniveau in woningen rond de HSL te beoordelen, in de zone vanaf 50 meter. Daarvoor wordt de SBR richtlijn deel B gehanteerd. In uitbreiding daarop zijn ook maaiveldmetingen verricht ter toetsing van het TB/PvE.

2.1.1 *SBR richtlijn deel B: hinder voor personen in gebouwen*

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn deel B betreft de zogenoemde V_{\max} en V_{per} . De V_{\max} betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De V_{per} betreft de gemiddelde trillingsterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingsmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

Voor het betreffende gebied betreft het HSL spoor een nieuwe situatie. Hiervoor gelden de streefwaarden gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 SBR-streefwaarden voor de dag/avond-periode en nachtperiode voor een nieuwe situatie.

situatie	dag en avond (07:00 – 23:00)			nacht (23:00 – 07:00)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Nieuwe situatie	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte (V_{\max}) kleiner is dan A1, of als
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte (V_{\max}) kleiner is dan A2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A3.

De eerste regel met A1 betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig. Dat wil dus niet zeggen dat als aan de eerste regel niet wordt voldaan de situatie niet voldoet. Het wil alleen zeggen dat aan de tweede regel moet worden getoetst. Als aan de tweede regel wordt voldaan dan voldoet de situatie ook aan de SBR-streefwaarden. In dit onderzoek wordt feitelijk alleen aan de tweede regel getoetst. Daarbij wordt opgemerkt dat in bijna alle spoorprojecten, zo ook dit project, de waarde V_{per} altijd voldoet aan A3. Alleen op veelsporige trajecten, met zeer veel passages per uur, kan het tijdgemiddelde niveau maatgevend worden. Kort samengevat betekent dit dat voldaan wordt aan de streefwaarden indien V_{\max} voldoet aan A2. De waarden A1 en A3 zijn dan verder niet meer relevant.

Afhankelijk van de omstandigheden dient een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar Bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Hinderclassificatie (uit SBR-richtlijn B, Bijlage 5)

V_{\max}	Hinderkwalificatie
<0,1	geen hinder
0,1-0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2-0,8	matige hinder
0,8-3,2	hinder
>3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

2.1.2 PvE van HSL: maaiveleis buiten de 50 m zone

Volgens het PvE voor de aanleg van de HSL mag in een (bestaand of potentieel) bebouwd gebied op 50 meter van het spoor of verder het trillingsniveau (bepaald volgens de meetmethode uit de SBR-B) op maaiveld niet hoger zijn dan 0,1.

2.2 Onderzoeksmethodiek

Om tot een vaststelling van de trillingsniveaus te komen is een parameter benodigd, namelijk V_{\max} . Hiervoor is de volgende onderzoeksmethodiek toegepast.

In de eerste plaats is er een inventarisatie en selectie gemaakt van woningen waarvan de bewoners klachten hebben ingediend.

Om tot een vaststelling van de trillingsniveaus te komen wordt, bij spoorprojecten, normaal gesproken gedurende een periode van tenminste 7 dagen gemeten. Dit met het oog op de feiten dat met name goederentreinen voor de hoogste trillingsniveaus zorgen maar deze ook een grote variatie kennen en een dienstregeling hebben die in de regel een weekcyclus kent. Wat betreft de HSL is er sprake van een veel kleinere variabiliteit in type trein en snelheid. Er zijn maar twee type dienstregelingen verwacht: de Thalys en de Fyra. Hierdoor kan men de meting beperken tot een paar dagen, met ongeveer 10 passages per type trein (op een vergelijkbare snelheid). Voor de meting is de periode van een lang weekend gekozen, overeenkomend met testritten met de nieuwe V250.

Ten behoeve van de beoordeling (zie 2.1.1 en 2.1.2) werd zowel binnen woningen als buiten op maaiveld gemeten. Binnen de woningen is op de fundering en op twee vloeren de trillingen bepaald. Voor de maaiveld meting is ter hoogte van elk van de woningen op 50 m afstand van het spoor gemeten.

2.3 Selectie van woningen

In totaal waren er 18 adressen waar sprake was van mogelijk trillingshinder, zie Figuur 1. Deze adressen betroffen vrijstaande woonboerderijen of woningen op een afstand tussen de 30 en 600 m vanaf het spoor. Alle woningen hebben min of meer dezelfde typologie: een begane grond en een zolderverdieping meestal met een zadeldak. Gezien de grondslag, waarvan het bovenste deel bestaat uit een zandpakket van ongeveer 4~5 m dikte, is het zeer waarschijnlijk dat alle woningen op staal gefundeerd zijn. Het geschatte bouwjaar varieert tussen 1900 en 1980. Het gebied waarin de woningen zich bevinden strekt zich uit over een afstand van ongeveer 2 km in noord-zuid richting, naast het traject van de HSL tussen het viaduct aan de Effenseweg in het noorden en het viaduct aan de Overaseweg in het zuiden.

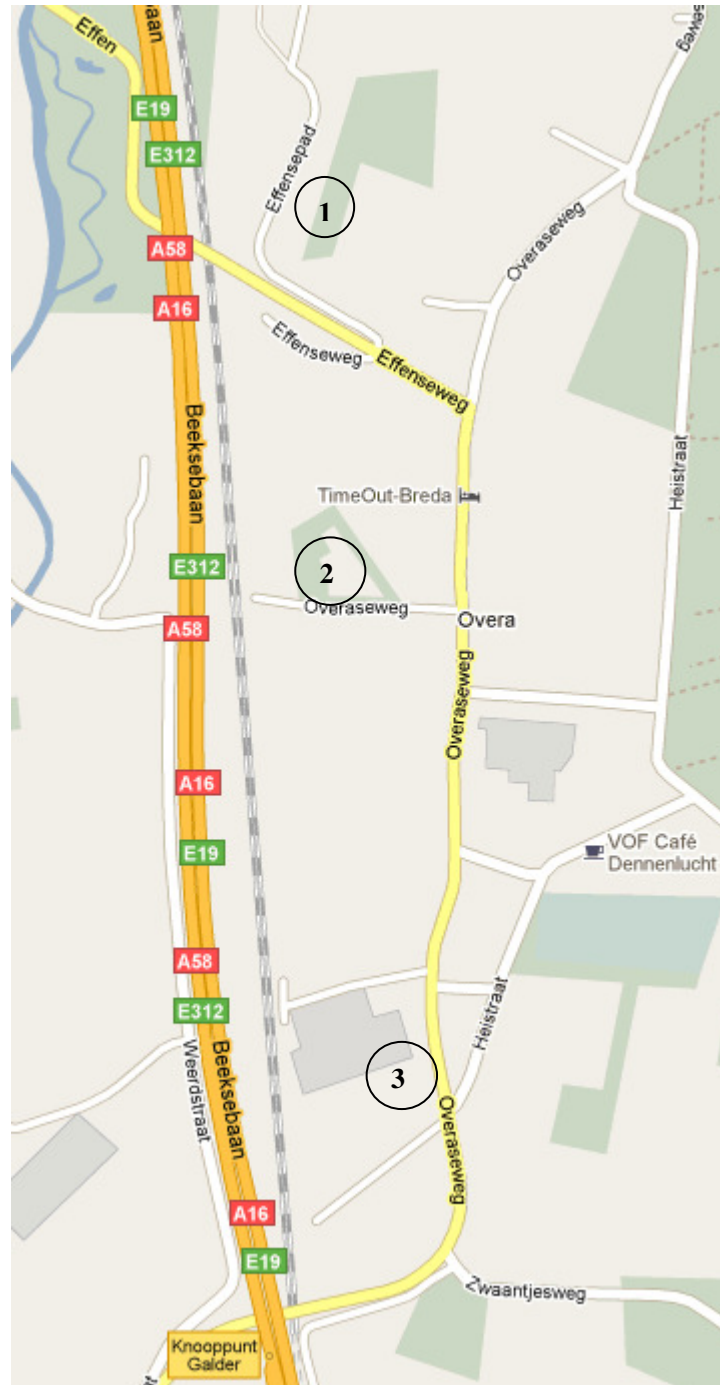
Gezien de lengte van het traject en het aantal woningen is besloten om op drie locaties te gaan meten. Hierdoor wordt rekening gehouden met de eventuele variabiliteit in grondslag, de variabiliteit in spoorconstructie en in de draagconstructie van de woningen. Voor de selectie van te meten locaties is gezocht naar woningen die op een afstand van meer dan 50 m liggen.

Om een vergelijking te kunnen maken in trillingsniveaus tussen woningen is gezocht naar woningen die op een vergelijkbare afstand van het spoor liggen. De dichtstbijzijnde woningen buiten de 50 m zone liggen op een afstand van ongeveer 150 m van het spoor.

In overleg met de ministerie van VROM, de gemeente Breda en de wijkraad is de uiteindelijke keuze van te meten woningen gevallen op de adressen in Tabel 3.

Tabel 3 Gekozen meetlocaties.

Locatie	Adres	
1	Effenseweg 99	4838 BA Breda
2	Overaseweg 204	4836 BD Breda
3	Overaseweg 244B	4836 BD Breda



Figuur 1 Onderzoekgebied. De geselecteerde woningen zijn met een cirkel aangegeven (van boven naar onder: Effenseweg 99, Overaseweg 204, Overaseweg 244B). De afstand tussen de twee viaducten over de A16 (aan de Effenseweg en de Overaseweg) bedraagt 1570 m.

3 Metingen

3.1 Opzet meting

Elk van de drie gekozen locaties wordt op identieke wijze beïstrumenteerd. Voor elke locatie zijn er versnellingsopnemers in de woningen geplaatst, ter plaatste van een punt aan de fundering, en opnemers in het midden van een vloer op de begane grond en op een vloer op de eerste verdieping. Op een afstand van 50 m van het spoor op dezelfde hoogte als de woning zijn twee versnellingsopnemers op het maaiveld geplaatst. Op deze zelfde punt is tevens een microfoon geplaatst. Het signaal uit deze microfoon wordt in het onderhavige rapport verder niet geanalyseerd maar kan in een eventueel vervolg worden gebruikt om het overdrachtspad van geluid en trillingen te analyseren.

De opnemers binnen de woningen en op het maaiveld zijn op hetzelfde data-acquisitiesysteem aangesloten.

De drie gebruikte meetcomputers zijn gesynchroniseerd met behulp van GPS muizen. Dit zorgt ervoor dat de opgeslagen tijd in de meetsignalen minder dan een seconde afwijkt tussen locaties.

3.1.1 *Samenvatting meetsysteem*

Per woning zijn de volgende opnemers gebruikt:

- op 50 meter van spoor: 2D trilling + microfoon
- fundering van woning: 3D trilling
- vloer beneden: 1D
- vloer boven: 3D

Dezelfde kanalenindeling is gebruikt bij elke woning, zie Tabel 4. De meetrichtingen in het horizontale vlak zijn zodanig gekozen dat evenwijdig en loodrecht aan het spoor gemeten wordt (respectievelijk de X en Y richting).

Tabel 4 Kanalenindeling.

Ch. No.	Meetpunt	Meetlocatie	Meetrichting
1	M1	Fund. Gebouw	Z (vertikaal)
2	M1	Fund Gebouw	Y
3	M1	Fund Gebouw	X
4	M2	Vloer boven	Z
5	M2	Vloer boven	Y
6	M2	Vloer boven	X
7	M3	Vloer beneden	Z
8	M4	Maaiveld 50m v/h spoor	Z
9	M4	Maaiveld 50m v/h spoor	Y
10	M4	Maaiveld Mic	-

Bij elkaar zijn er per woning 9 versnellingsopnemers en een microfoon gebruikt ofwel 10 opnemers per woning. In totaal zijn voor het hele project (alleen trillingen) 27 versnellingsopnemers en 3 microfoons gebruikt. Het meetboek met de indelingen van kanalen in het acquisitiesysteem is in bijlage A opgenomen.



Figuur 2 Enkele foto's van de meetopstelling: met de klokwijzers mee: versnellingsopnemers bij een punt op de fundering; opnemers bij het meetpunt op het maaiveld; acquisitiesysteem.

Het meetpunt op het maaiveld bij de locatie aan de Overaseweg 244B, is wegens beperkende lokale omstandigheden (aanwezigheid van vee), op een afstand van 110 m van het spoor geplaatst.

3.1.2 Data-acquisitie

Alle gebruikte trillingssensoren zijn van het merk Sundstrand, type QA700. Dit zijn uiterst gevoelige versnellingsopnemers met een vlak meetbereik tussen de 0 en 300 Hz. Conditionering en versterking van de signalen vond plaats met door TNO ontwikkelde hardware. De signalen werden vervolgens bemonsterd met A/D converters van het merk DATAQ en opgeslagen met het software pakket WINDAQ.

De meetsignalen zijn continu opgenomen, met een sampling frequentie van 500 Hz.

3.2 Snelheidsmeting

Bij de geluidsmetingen ter hoogte van de Galderse meren zijn de snelheden van passerende treinen bepaald. Voor de details van deze metingen wordt verwezen naar Ref. 1.

3.3 Meetperiode

De metingen zijn uitgevoerd in de periode van donderdag 28 oktober tot maandag 1 november 2010. Op 28 oktober is de meetapparatuur in de drie woningen geplaatst. De officiële van belang zijnde tijdstippen zijn:

- de dag van 29 oktober waarop de gewone Thalys dienstregeling heeft gereden
- de nacht van vrijdag 29 oktober op zaterdag 30 oktober waarop de eerste testritten met de V250 hebben plaatsgevonden

- de nacht van zaterdag 30 oktober op zondag 31 oktober waarop de tweede reeks testritten met V250 hebben plaatsgevonden.
- Op maandag 1 november is de meetapparatuur weggehaald. Omdat de metingen continu zijn verricht is er ook data beschikbaar van tijdstippen buiten de hierboven officieel genoemde meetperiodes.

4 Meetresultaten

4.1 Beschikbare gegevens

4.1.1 Snelheidsmeting

De resultaten van de snelheidsmetingen ter hoogte van de Galderse meren zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 5: Overzicht treinpassages in de officiële meetperiodes, zoals bepaald op de locatie Galderse meren.

Dag en dagdeel	Tijd ⁽¹⁾	Richting	Type	Snelheid (km/h)		Spoor
				uit railtrillingen	laser	
vrij.overdag	09:23	Antwerpen	Thalys	303	-	oost
vrij.overdag	10:25	Antwerpen	Thalys	301	291	oost
vrij.overdag	11:07	Rotterdam	Thalys	304	290	west
vrij.overdag	12:16	Antwerpen	Thalys	296	290	oost
vrij.overdag	13:23	Antwerpen	Thalys	297	289	oost
vrij.overdag	13:43	Rotterdam	Thalys	305	295	west
vrij.overdag	14:26	Antwerpen	Thalys	294	290	oost
vrij.overdag	15:09	Rotterdam	Thalys	299	295	west
vrij.overdag	16:20	Antwerpen	Thalys	299	280	oost
vrij.overdag	17:34	Antwerpen	Thalys	296	290	oost
vrij.overdag	17:48	Rotterdam	Thalys	303	290	west
vrij.overdag	19:11	Antwerpen	Thalys	300	296	oost
vrij.overdag	19:21	Rotterdam	Thalys	178	189	west
vrij.nacht	21:15	Rotterdam	Thalys	306	310	west
vrij.nacht	23:48	Antwerpen	V250	43	45	west
vrij.nacht	00:32	Rotterdam	V250	246	247	west
vrij.nacht	01:00	Antwerpen	V250	257	-	west
vrij.nacht	01:24	Rotterdam	V250	256	259	west
vrij.nacht	02:03	Antwerpen	V250	185	197	west
vrij.nacht	02:17	Rotterdam	V250	170	170	west
za.nacht	23:11	Antwerpen	V250	43	35	west
za.nacht	23:50	Rotterdam	V250	255	214	west
za.nacht	00:18	Antwerpen	V250	246	200	west
za.nacht	00:27	Rotterdam	V250	166	151	west
za.nacht	01:02	Antwerpen	V250	166	150	west
za.nacht	01:43	Rotterdam	V250	260	237	west
za.nacht	02:15	Antwerpen	V250	168	153	west
za.nacht	02:26	Rotterdam	V250	105	99	west

Opmerkingen:

(1) Globale tijd [GMT]

4.1.2 Meetgegevens uit de drie locaties

Van de drie locaties zijn meetgegevens over de periodes aangegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Periodes met beschikbare meetgegevens (tijd als GMT).

Locatie	Adres	Begin tijd	Eind tijd
1	Effenseweg_99	28-Oct-2010 18:03	01-Nov-2010 09:21
2	Overaseweg_204	28-Oct-2010 12:48	01-Nov-2010 10:25
3	Overaseweg_244_246	29-Oct-2010 08:31	01-Nov-2010 11:51

4.2 Verwerking meetdata

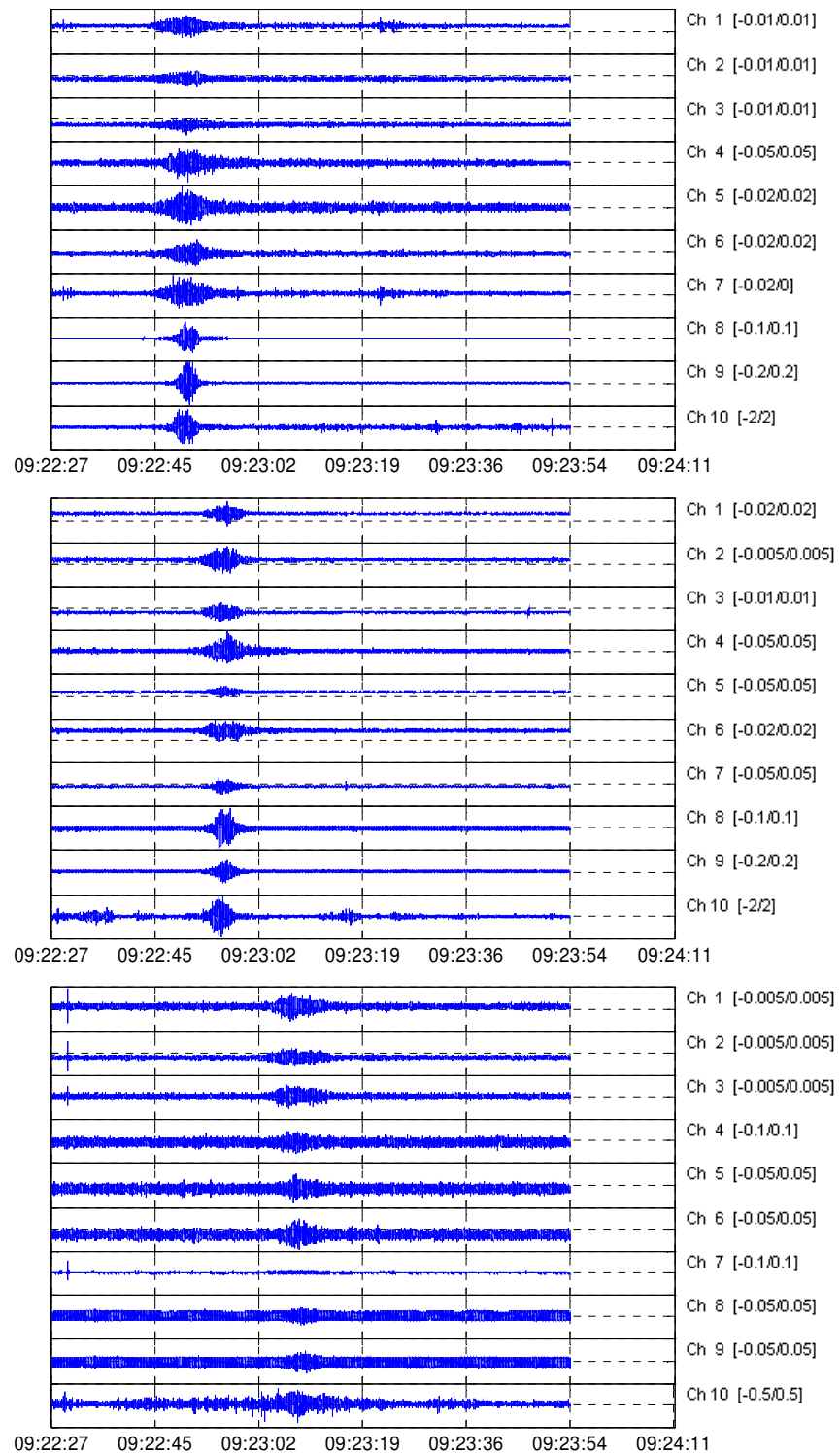
De meetdata is verwerkt met behulp van MATLAB. Omdat de data continu is verzameld is de eerste stap van de verwerking het weglaten van signalen welke betrekking hebben op ruis en bronnen anders dan treinen.

De analyse behelst de volgende stappen:

1. Importeren van de data vanuit het oorspronkelijk formaat van het acquisitiesysteem
2. Kalibreren van de data
3. Bepaling van de 30 seconden maxima van de effectieve waarde van de trillingsnelheid bij alle meetpunten ($V_{\text{eff,max};30}$ voor kanalen 1 t/m 9) over de hele meetperiode
4. Detectie van de treinpassages: omdat de data is continu verzameld behelst deze stap van de verwerking het weglaten van signalen welke betrekking hebben op ruis en bronnen anders dan treinen
5. Bepaling van de achtergrond niveau (heersende waarde van $V_{\text{eff,max};30}$ exclusief treinpassages en andere bronnen)
6. Bepaling van de $V_{\text{eff,max};30}$ bij:
 - a. Alle treinpassages
 - b. Thalys treinpassages
 - c. V250 treinpassages
7. Bepaling van de V_{max} waarde voor de in stap 6 genoemde treinpassages.

4.3 Treinpassages

Als eerste kan worden opgemerkt dat de treinpassages duidelijk te herkennen zijn in de meetsignalen. Karakteristiek is de opkomst van een signaal welk op alle kanalen tegelijkertijd aanwezig is een duur heeft van meerdere secondes. Wanneer er sprake is van een dergelijk signaal is deze ook aanwezig op de andere locaties, echter met een kleine vertraging of voorsprong, zie Figuur 3. Het tijdsverschil in de signalen over de drie locaties kan eventueel gebruikt worden om de richting en snelheid van de treinen te bepalen.



Figuur 3 Gemeten signalen over alle kanalen op de drie locaties rondom 29 oktober 2010 09:23 GMT. Van boven naar onder: Effenseweg 99, Overaseweg 204, Overaseweg 244B.

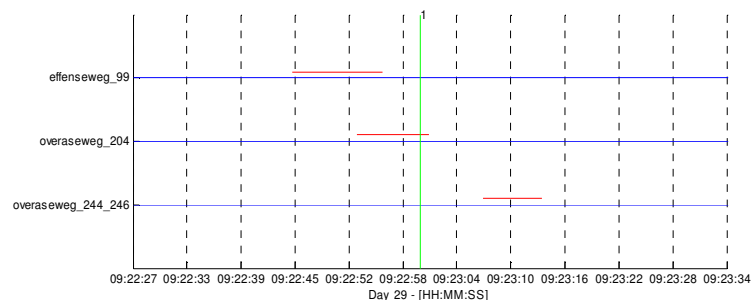
Omdat er meer passages geweest zijn dan aangegeven in Tabel 5, is een routine geschreven welke potentiële treinpassages detecteert. De stappen die deze routine uitvoert kunnen als volgt worden samengevat:

1. bepalen van significante gebeurtenissen als de tijdsintervallen waarbinnen het signaal in de laatste drie kanalen (meetpunt op het maaiveld) tegelijkertijd boven de ruis uitkomt
2. bepalen van intervallen met een signaal boven de ruis die tegelijkertijd op alle drie locaties aanwezig is

Een voorbeeld van op deze wijze bepaald gebeurtenissen wordt in Figuur 4 weergegeven.

Een potentiële treinpassage wordt als zodanig aangeduid op het moment dat gebeurtenissen niet meer dan een minuut van elkaar liggen. Of dit een echte treinpassage betreft moet uiteindelijk handmatig worden gecontroleerd door naar de oorspronkelijke meetsignalen te kijken.

Voor Figuur 4 is er duidelijk sprake van een treinpassage gezien deze sequentieel op de drie locaties ontstaan. Verder komen deze gebeurtenissen overeen met de eerste passage in Tabel 5.



Figuur 4 Significante gebeurtenissen rondom 09:23 GMT op de alle drie locaties. De rode stippen geven aan activiteit op de laatste drie kanalen van de afzonderlijke locaties. De groene lijn geeft aan het tijdstip van de eerste aangegeven passage op de locatie Galderse meren, zie Tabel 5. Dit betreft duidelijk de passage van een trein.

De op deze manier gedetecteerde treinpassages zijn in Tabel 7 aangegeven. In totaal zijn er 70 passages gevonden.

Tabel 7: Gedetceerde treinpassages.

Gebeurtenis nr.	Dag	Tijd ⁽¹⁾	Trein uit Tabel 4	Type trein ⁽²⁾
1	28/10	18:18		Thalys
2	28/10	19:45		Thalys
3	29/10	05:15		Thalys
4	29/10	06:53		Thalys
6	29/10	07:47		Thalys
7	29/10	08:49		Thalys
8	29/10	09:22	Thalys>Antwerpen 303 km/h	Thalys
9	29/10	10:25	Thalys>Antwerpen 291 km/h	Thalys
10	29/10	11:07	Thalys>Rotterdam 290 km/h	Thalys
12	29/10	12:15	Thalys>Antwerpen 290 km/h	Thalys
14	29/10	13:22	Thalys>Antwerpen 289 km/h	Thalys
15	29/10	13:43	Thalys>Rotterdam 295 km/h	Thalys
16	29/10	14:25	Thalys>Antwerpen 290 km/h	Thalys
18	29/10	15:09	Thalys>Rotterdam 295 km/h	Thalys
20	29/10	16:19	Thalys>Antwerpen 280 km/h	Thalys
21	29/10	16:43		Thalys
22	29/10	17:33	Thalys>Antwerpen 290 km/h	Thalys
23	29/10	17:48	Thalys>Rotterdam 290 km/h	Thalys
24	29/10	19:10	Thalys>Antwerpen 296 km/h	Thalys
25	29/10	19:21	Thalys>Rotterdam 189 km/h	Thalys
27	29/10	21:15	Thalys>Rotterdam 310 km/h	Thalys
28	29/10	23:48	V250>Antwerpen 45 km/h	V250
29	30/10	00:32	V250>Rotterdam 247 km/h	V250
30	30/10	00:59	V250>Antwerpen 261 km/h	V250
31	30/10	01:24	V250>Rotterdam 259 km/h	V250
32	30/10	02:02	V250>Antwerpen 197 km/h	V250
33	30/10	02:17	V250>Rotterdam 170 km/h	V250
34	30/10	06:19		Thalys
35	30/10	07:07		Thalys
36	30/10	07:16		Thalys
37	30/10	08:46		Thalys
38	30/10	09:16		Thalys
39	30/10	10:24		Thalys
40	30/10	10:49		Thalys
41	30/10	12:18		Thalys
42	30/10	12:45		Thalys
43	30/10	14:19		Thalys
44	30/10	14:59		Thalys
45	30/10	15:46		Thalys
46	30/10	16:21		Thalys
48	30/10	17:44		Thalys
49	30/10	18:19		Thalys
50	30/10	19:47		Thalys
51	30/10	23:11	V250>Antwerpen 35 km/h	V250
53	30/10	23:50	V250>Rotterdam 214 km/h	V250
55	31/10	00:17	V250>Antwerpen 200 km/h	V250
56	31/10	00:27	V250>Rotterdam 151 km/h	V250
58	31/10	01:01	V250>Antwerpen 150 km/h	V250
61	31/10	01:43	V250>Rotterdam 237 km/h	V250
62	31/10	02:14	V250>Antwerpen 153 km/h	V250
63	31/10	02:26	V250>Rotterdam 99 km/h	V250
64	31/10	08:22		Thalys
65	31/10	09:48		Thalys
66	31/10	10:36		Thalys
67	31/10	11:16		Thalys
68	31/10	11:48		Thalys
69	31/10	13:50		Thalys
70	31/10	14:17		Thalys
71	31/10	15:17		Thalys
72	31/10	16:21		Thalys
74	31/10	17:17		Thalys
75	31/10	17:45		Thalys
76	31/10	18:20		Thalys
77	31/10	18:47		Thalys
78	31/10	19:22		Thalys
79	31/10	19:45		Thalys
80	31/10	20:19		Thalys
81	31/10	20:46		Thalys
82	01/11	08:17		Thalys
83	01/11	09:44		Thalys

Opmerkingen

(1) Globale tijd [GMT]

(2) Bij geen waarde in de kolom links, aanname

4.4 Bepaling van de $V_{\text{eff,max};30}$ waarden

Als eerste stap in de analyse van de meetsignalen zijn voor alle meetpunten over de hele meetperiode de 30 seconden maxima van de effectieve waarde van de trillingssnelheid bepaald ($V_{\text{eff,max};30}$ voor kanalen 1 t/m 9). Een overzicht van de $V_{\text{eff,max};30}$ waarde voor alle gedetecteerde treinpassages is in Bijlage B opgenomen. Dit overzicht bevat de maximale trillingssnelheid per kanaal per treinpassage.

4.5 Achtergrond niveau

Het achtergrond niveau is bepaald als de gemiddelde waarde van de $V_{\text{eff,max};30}$ waarde gedurende een relatieve stille periode, zie Tabel 8. Deze periode is gekozen als de nacht van zondag 31 oktober op maandag 1 november tussen 2u en 4u GMT (3u en 5u lokale tijd). In de middeling zijn $V_{\text{eff,max};30}$ waarden die duidelijk van bepaalde activiteiten afkomstig waren weggelaten (bijvoorbeeld lopen of lokale verkeer).

De gevoeligheidsgrens voor trillingen ligt voor de meeste mensen rond 0,1. Het gemiddelde achtergrondniveau blijkt ruim hieronder te liggen.

Tabel 8: Achtergrond trillingsniveaus: gemiddelde en maximale waarde van $V_{\text{eff,max};30}$ in de nacht van zondag 31 oktober op maandag 1 november.

		Ch01	Ch02	Ch03	Ch04	Ch05	Ch06	Ch07	Ch08	Ch09
		Fund Z	Fund Y	Fund X	Vloer Z	Vloer Y	Vloer X	Vloer b.g. Z	m.v. Z	m.v. Y
Effenseweg 99	gem.	0,003	0,002	0,002	0,019	0,007	0,005	0,003	0,006	0,007
	max.	0,011	0,004	0,007	0,060	0,021	0,013	0,010	0,015	0,020
Overaseweg 204	gem.	0,003	0,002	0,002	0,011	0,004	0,005	0,004	0,011	0,010
	max.	0,012	0,005	0,006	0,062	0,012	0,014	0,011	0,034	0,034
Overaseweg 244B	gem.	0,003	0,002	0,002	0,024	0,009	0,011	0,004	0,010	0,011
	max.	0,007	0,004	0,007	0,057	0,020	0,024	0,010	0,046	0,047

4.6 Trillingsniveaus bij treinpassages

Het representatieve trillingsniveau bij treinpassages wordt gegeven door V_{max} . Volgens de SBR-B richtlijn moet V_{max} bepaald worden door een statistische verwerking van de hoogste bij passerende treinen voorkomende $V_{\text{eff,max};30}$ waarden uit te voeren. Praktisch gezien vertegenwoordigt de V_{max} waarde een bovengrens van de effectieve trillingssnelheid welke bepaald wordt door de verdeling van de hoogste 15 waarden te beschouwen. Waarden van V_{max} per locatie en per kanaal zijn in Tabel 9 aangegeven.

Tabel 9: Maximale trillingssnelheid door treinpassages, V_{max} .

	Ch01	Ch02	Ch03	Ch04	Ch05	Ch06	Ch07	Ch08	Ch09
	Fund Z	Fund Y	Fund X	Vloer Z	Vloer Y	Vloer X	Vloer b.g. Z	m.v. Z	m.v. Y
Effenseweg 99									
Alle passages	0,02	0,02	0,01	0,16	0,06	0,05	0,05	0,24	0,81
Thalys passages	0,02	0,02	0,01	0,16	0,06	0,05	0,05	0,24	0,81
V250 passages	0,02	0,01	0,01	0,19	0,06	0,04	0,02	0,19	0,25
Overaseweg 204									
Alle passages	0,03	0,02	0,03	0,30	0,11	0,04	0,07	0,19	0,41
Thalys passages	0,03	0,02	0,03	0,30	0,11	0,03	0,07	0,19	0,41
V250 passages	0,03	0,01	0,02	0,12	0,04	0,04	0,03	0,14	0,24
Overaseweg 244B									
Alle passages	0,02	0,01	0,02	0,26	0,06	0,06	0,11	0,06	0,06
Thalys passages	0,02	0,01	0,02	0,26	0,06	0,06	0,11	0,05	0,06
V250 passages	0,01	0,01	0,01	0,11	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05

Bij de statistische verwerking zijn de volgende passages uit Tabel 7 buiten beschouwing gelaten:

- passages 28 en 51: “langzame” niet representatieve V250 passages
- passage 76 bij Effenseweg 99 door storing in signaal
- passages 43, 75 en 76 bij Overaseweg 204 vanwege lopen in het huis

Uit Tabel 9 blijkt dat trillingen door passages van de V250 heel vaak minder sterk zijn dan trillingen door passages van de Thalys.

5 Beoordeling

5.1 SBR richtlijn deel B

Voor de beoordeling wordt de trillingsgrootte V_{\max} gebruikt zoals deze eerder bepaald is voor de meetpunten binnen de woningen. Zoals eerder besproken in 2.1.1 is het voor de beoordeling voldoende deze grootte te vergelijken met de waarde A2 uit Tabel 1. Gezien dat de treinen voornamelijk overdag en 's-avonds rijden is de grenswaarde A2 gelijk aan 0,4.

Uit Tabel 9 blijkt dat **binnen woningen de grenswaarde (A2) van 0,4 in geen enkele ruimte van de drie woningen wordt overschreden.**

Overigens blijkt dat, behalve op de vloeren van de eerste verdieping van alle drie woningen, ook aan de grenswaarde (A1) van 0,1 wordt voldaan. Op de Overaseweg 204 is hier weliswaar sprake van een meetwaarde van 0,11, maar omdat de beoordeling op 1 decimaal nauwkeurig plaatsvindt wordt die meetwaarde afgerond naar 0,1.

De trillingen voldoen dus aan de SBR-B richtlijn. De trillingen kunnen wel voelbaar zijn gegeven dat er een V_{\max} waarde van 0,1 of hoger voor de vloeren van de woningen is gevonden.

5.1.1 *Passages in de nacht*

Het is mogelijk dat enkele passages toch in de nacht plaatsvinden. Voor de nachtperiode (23:00-07:00u) is de grenswaarde A2 gelijk aan 0,2. Indien er passages in de nachtperiode zijn, dan wordt de grenswaarde overschreden bij twee van de drie woningen op de vloer van de eerste verdieping.

5.2 Maaivelds buiten de 50 m zone voor potentieel bebouwd gebied

De eis van 0,1 voor maaiveld vanaf 50 m afstand (uit het PvE voor de aanleg van de HSL) wordt op 50 meter afstand overschreden. Er is een duidelijk overschrijding zowel in de verticale als de horizontale richting op de locaties aan de Effenseweg 99 en de Overaseweg 204. Bij de meting op de Overaseweg 244B is geen overschrijding te constateren. Maar bij deze locatie lag het meetpunt op het maaiveld op een afstand groter dan 50 m. Bovendien gaat bij deze locatie het spoor over in een tunnelbakconstructie.

Het is niet direct mogelijk om aan te geven of wel of niet aan de maaiveld eis wordt voldaan ter plekke van de woningen zelf. De woningen staan op meer dan 100 meter afstand van het spoor: het trillingsniveau van het maaiveld zal er lager zijn maar wellicht nog niet lager dan 0,1.

Het gemeten trillingsniveau van de fundering is echter wel een indicatie. De meetwaarden daar zijn 0,03, hetgeen veel lager is dan de eis van 0,1. Bij panden zoals deze is het funderingsniveau vaak niet veel lager het maaiveldniveau of hoogstens een factor 2 hoger (door "opslingering" van het gebouw op de verende grond). Volgens de metingen aan de fundering mag worden aangenomen dat het maaiveld rond de woningen voldoet aan de eis van het PvE.

Desalniettemin moet de conclusie getrokken worden dat bij het ontwerp van eventueel op te zetten nieuwbouw op 50 m afstand van het spoor (tot wellicht 150 meter) aandacht voor het aspect trillingen nodig is.

6 Conclusie

Eind oktober 2010 zijn er trillingsmetingen verricht in woningen op drie verschillende locaties in het gebied Overa, Breda Zuidoost, tijdens passages met hogesnelheidstreinen op de HSL. De trillingen binnenhuis zijn beoordeeld aan de hand van de SBR methodiek voor het beoordelen van hinder voor personen voor twee verschillende periodes van de dag (overdag/avond en nacht). Tevens is er een beoordeling gedaan op basis van het PvE van de bouw van de HSL. Voor deze beoordeling is een meting van het trillingsniveau op maaiveld op een afstand van 50 m van het spoor verricht. Aan de hand hiervan is een uitspraak te doen over het overschrijden of niet van een grenswaarde voor bestaande of toekomstige bebouwing die zich op een afstand van 50 m van het spoor bevindt. Omdat deze grenswaarde ook gegolden heeft voor gebieden op een afstand verder dan 50 m is voor de woningen op de drie locaties een indicatieve toetsing gedaan.

- Binnen de woningen is er geen overschrijding van de grenswaarden voor hinderlijke trillingen geconstateerd voor passages die overdag en 's avonds plaatsvinden. De situatie voldoet aan de SBR-richtlijn.
- Bij mogelijk passages in de nacht (tussen 23:00 en 7:00 uur) voldoet de situatie niet aan de SBR-richtlijn.
- Bij twee van de drie locaties is er sprake van een duidelijke overschrijding op 50 meter van het spoor van de grenswaarde die het PvE stelt voor bestaand of toekomstig bebouwd gebied dat zich tenminste 50 meter van het spoor bevindt.
- Bij de woningen wordt naar alle waarschijnlijkheid wel voldaan aan de eis van het PvE.

7 Referenties

1. Dittrich, M.G. et al. *Geluidemissiemetingen aan V250 en Thalys treinen op HSL Rheda- en ballastspoor*. TNO Rapport MON-RPT-2010-03023.
2. Stichting Bouw Research. *Trillingen: Meet- en beoordelingsrichtlijn. Deel B: Hinder voor personen*. Rotterdam 2003.
3. Programma van Eisen voor de aanleg van de HSL-Zuid, paragraaf 607B.

8 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

ProRail B.V.
Postbus 2038
3500 GA UTRECHT

Namen en functies van de projectmedewerkers:

F. Galanti (deelprojectleider)
A. Koopman (adviseur)
P. van der Meer (meettechnicus)
C. Holsteijn (meettechnicus)

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaats gehad:

Juni 2010 – januari 2011

Naam en paraaf tweede lezer:

Drs. A. Koopman

Ondertekening:

Ir. J. van 't Hof
Projectleider

A Meetboek

A.1 Effenseweg 99

Meetboek HSL Breda Effenseweg 99 Set 1				Dataq				Kalibratie gegevens				Datum 28-10-2010			Datum 29-10-2010			
Project				Samplefreq	500 Hz		Ch. No.			Files 1 tm 68			Vanaf file 69					
Datum		29/10/2010		Meetlengete	900 sec		1 t/m 9	m/s2										
Meet techni		Charles v. Holstein Peter van der Meer		Aantal Kanalen	10		10	dB										
				Filter freq	100 Hz													
				Filter geluid	Lp Flat						EU			EU				
Ch. No.	meetpunt	Meetlokatie	meetrichting	Opnemer No.	Kabel	Conditioner	Dataq	Kalibratie	Range	Gain	V output	Range	Gain	per V	Range	Gain	per V	EU
1	M1	Fund. Gebouw	Z	Sund 1		Venne 1-1	1	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	200	0.01	m/s2
2	M1	Fund Gebouw	Y	Sund 2		Venne 1-2	2	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	500	0.004	m/s2
3	M1	Fund Gebouw	X	Sund 3		Venne 1-3	3	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	500	0.004	m/s2
4	M2	Vloer boven	Z	Sund 4		Venne 1-4	4	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	200	0.01	m/s2
5	M2	Vloer boven	Y	Sund 5		Venne 1-5	5	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	200	0.01	m/s2
6	M2	Vloer boven	X	Sund 6		Venne 1-6	6	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	20	500	0.004	m/s2
7	M3	Vloer beneden	Z	Sund 19		Vishay 1	7	19.62	20	60.00	9.81	10	6000.00	0.01	10	6000.00	0.01	m/s2
8	M4	Maaiveld 50m w/h s	Z	Sund 20	3 D Grijs -1+6	Vishay 2	8	19.62	20	60.00	9.81	10	600.00	0.1	10	600.00	0.1	m/s2
9	M4	Maaiveld 50m w/h s	Y	Sund 21	3 D Grijs -1+6	Vishay 3	9	19.62	20	65.10	9.81	10	651.00	0.1	10	651.00	0.1	m/s2
10	M4	Maaiveld Mic	Z	Mic. NL31 - 1	3 D Grijs -1+6	NL31-1	10	20 dB 110 dB			30 uVrms 1 Vrms	110		0.16	110		0.16	Pa=94dB
Z= Vertikaal				Gluidsmeter instelling														
Y= loodrecht naar spoor				Lp Flat														
X= evenwijdig aan het spoor				Fast														
				Meettijd 10sec														
				Analoge Output AC														
				Range 120 dB														

A.2 Overaseweg 204

Meetboek HSL Breda Overaseweg 204 Set 2				Dataq				Kalibratie gegevens				Datum 28-10-2010			Datum 29-10-2010				
Project				Samplefreq	500 Hz		Ch. No.			Geluid DC gemeten			Geluid AC gemeten						
Datum		29/10/2010		Meetlengete	30 sec		1 t/m 9	m/s2					09:27 Geluid AC gemeten						
Meet techni		Charles v. Holstein Peter van der Meer		Aantal Kanalen	10		10	dB					11:35 Geluid AC gemeten						
				Filter freq	100 Hz									File: eind 83					
				Filter geluid	Lp Flat						EU			EU					
Ch. No.	meetpunt	Meetlokatie	meetrichting	Opnemer No.	Kabel	Conditioner	Dataq	Kalibratie	Range	Gain	V output	Range	Gain	per V	EU	Range	Gain	per V	EU
1	M1	Fund. Gebouw	Z	Sund 7		Venne 2-1	1	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
2	M1	Fund Gebouw	Y	Sund 8		Venne 2-2	2	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
3	M1	Fund Gebouw	X	Sund 9		Venne 2-3	3	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
4	M2	Vloer boven	Z	Sund 10		Venne 2-4	4	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
5	M2	Vloer boven	Y	Sund 11		Venne 2-5	5	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
6	M2	Vloer boven	X	Sund 12		Venne 2-6	6	19.62	20	1	9.81	20	200	0.01	m/s2	20	200	0.01	m/s2
7	M3	Vloer beneden	Z	Sund 22		Vishay 5	7	19.62	20	63.40	9.81	10	6340.00	0.01	m/s2	10	6340.00	0.01	m/s2
8	M4	Maaiveld 50m w/h	Z	Sund 23	3 D Grijs -2	Vishay 8	8	19.62	20	63.40	9.81	10	6340.00	0.01	m/s2	10	634.00	0.1	m/s2
9	M4	Maaiveld 50m w/h	Y	Sund 24	3 D Grijs -2	Vishay 9	9	19.62	20	63.00	9.81	10	6300.00	0.01	m/s2	10	630.00	0.1	m/s2
10	M4	Maaiveld Mic	-	Mic. NL31 -2	3 D Grijs -2	NL31-2	10	20 dB 110 dB			0 2.5V DC	40V+20 dB		0.16		0.16		0.16	Pa=94dB
Z= Vertikaal				Gluidsmeter instelling															
Y= loodrecht naar spoor				Lp Flat															
X= evenwijdig aan het spoor				Fast															
				Meettijd 10sec															
				Analoge Output AC															
				Range 120 dB															

A.3 Overaseweg 244B

Meetboek			HSL Breda Overaseweg 244 Set 3			Dataq			Kalibratie gegevens			Datum 29-10-2010 10:23					
Project						Samplefreq 500 Hz			Ch. No. 1 t/m 9			Geluid AC gemeten					
Datum			29/10/2010			Meetlengte 30 sec			m/s2								
Meet technici			Charles v. Holstein Peter van der Meer			Aantal Kanalen 10			10 dB								
						Filter freq 100 Hz											
						Filter geluid Lp Flat						EU					
Ch. No.	meetpunt	Meetlocatie	meetrichtig	Opnemer No.	Kabel	Conditioner	Dataq	Kalibratie	Range	Gain	V output	Range	Gain	per V	EU		
1	M1	Fund. Gebouw	Z	Sund 13		Venne 3-1	1	19,62	20	1	9,81	20	500	0,004	m/s2		
2	M1	Fund Gebouw	Y	Sund 14		Venne 3-2	2	19,62	20	1	9,81	20	500	0,004	m/s2		
3	M1	Fund Gebouw	X	Sund 15		Venne 3-3	3	19,62	20	1	9,81	20	500	0,004	m/s2		
4	M2	Vloer boven	Z	Sund 16		Venne 3-4	4	19,62	20	1	9,81	20	100	0,02	m/s2		
5	M2	Vloer boven	Y	Sund 17		Venne 3-5	5	19,62	20	1	9,81	20	100	0,02	m/s2		
6	M2	Vloer boven	X	Sund 18		Venne 3-6	6	19,62	20	1	9,81	20	100	0,02	m/s2		
7	M3	Vloer beneden	Z	Sund 27		Vishay 10	7	19,62	20	63,50	9,856346	10	6350,00	0,009953	m/s2		
8	M4	Maaiveld 50m w/h spoor	Z	Sund 25	3 D Grijs -1	Vishay 11	8	19,62	20	63,10	9,748205	10	631,00	0,100634	m/s2		
9	M4	Maaiveld 50m w/h spoor	Y	Sund 26	3 D Grijs -1	Vishay 15	9	19,62	20	63,80	9,856346	10	638,00	0,09953	m/s2		
10	M4	Maaiveld Mic	-	Mic. NL28	3 D Grijs -1	NL28	10	20 dB			30 uVrms			0,16	Pa=94dB		
												110 dB			1 Vrms		
Z= Vertikaal						Gluidsmeter instelling											
Y= loodrecht naar spoor						Lz											
X= evenwijdig aan het spoor						Fast											
						Meettijd 10sec											
						Analoge Output AC											
						Range 120 dB											

