Resultaten trillingsmetingen Somaterrein Ede

Status	**definitief**
Versie	002
Rapport	M.2017.0959.00.R001
Datum	21 december 2017

Colofon

Opdrachtgever	Gemeente Ede Postbus 9022 6710 HK EDE GLD
Contactpersoon	de heer R. Snitselaar 0318 68 03 29 rikkert.snitselaar@ede.nl
Project Betreft Uw kenmerk	Gemeente Ede/Trillingen treinen Nieuwbouw SOMA terrein Rapportage Somaterrein Ede Somaterrein Ede
Rapport Datum Versie Status	M.2017.0959.00.R001 21 december 2017 002 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Informatie	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen 088 346 75 69 ln@dgmr.nl
Auteur	ing. M.H.C. (Thijs) Ruiter 088 346 78 57 tru@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen 088 346 75 69 ln@dgmr.nl
Verwerkt door	TRU/BRA

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

Inhoud

1. Inleiding 4

2. Onderzoeksmethode 5
2.1 Onderzoekslocatie 5
2.2 Bepalingsmethode 5
2.3 Trillingsniveaus 7

3. Toetsingskader 9
3.1 SBR-B 9
3.2 BTS 10
3.3 Aandachtpunten 11

4. Meetresultaten 12

5. Uitgangspunten modelberekeningen 14

6. Resultaten 16
6.1 Referentie situatie 16
6.2 Plan situatie 18
6.3 Beschouwing resultaten 20

7. Conclusie 21

Bijlagen
Bijlage 1 Beschrijving meetapparatuur
Bijlage 2 Bodemgegevens
Bijlage 3 Invoergegevens model

1. Inleiding

Het nieuwbouwproject op het SOMA terrein ligt langs de Kerkweg en de Verlengde Maanderweg in Ede. Binnen dit plangebied worden woningen toegevoegd nabij de spoorlijn Utrecht-Arnhem. Het stedenbouwkundig plan is in figuur 1 aangegeven.

figuur 1: locatie van het nieuwbouwplan en luchtfoto (Bron Bing).

Omdat woningbouw gepland is dichtbij het spoor, kan trillinghinder voor de (toekomstige) bewoners ontstaan vanwege het spoorgebruik. Om inzicht te krijgen of er sprake is van goede ruimtelijke ordening is het gewenst om een representatief onderzoek voor het aspect trillinghinder voor de geplande woningen uit te voeren. Het onderzoek richt zich op trillingen afkomstig van het bestaande en toekomstige gebruik van het spoor. De uitkomsten van het onderzoek worden meegenomen om eventueel maatregelen te nemen indien noodzakelijk. Vervolgens kan dan worden geadviseerd om in de uitwerking van het plan (omgeving vergunning procedure) eisen mee te geven voor de constructie van de gebouwen, zodat trillinghinder in de gebouwen vanwege het spoorgebruik, voldoet aan de gestelde kaders.

Dit onderzoek moet dan ook antwoord geven op de vraag of er sprake is van mogelijke trillinghinder en middels welk type maatregelen trillingshinder kan worden voorkomen. Hiertoe zullen in het kader van de SBR-B richtlijn in combinatie met de ‘Beleidsregel Trilling Spoor’ (BTS) uit 2016 de trillingsniveaus als gevolg van passerende reizigers- en goederentreinen worden bepaald.

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

2. Onderzoeksmethode

Het trillingsklimaat is afhankelijk van de activiteiten buiten (passerende treinen, personen auto's, vrachtwagens etc.) en binnen (personen, apparatuur, andere activiteiten en werkzaamheden etc.). Het in relatie brengen van (gemeten) trillingen en de veroorzaker is een belangrijk aspect om de nulsituatie als gevolg van spoorwegverkeer vast te stellen. Met behulp van video- en geluidsopnamen is het mogelijk om op een betrouwbare manier gemeten trillingen te koppelen aan passerende voertuigen of andere activiteiten/veroorzakers. In de onderstaande paragrafen lichten wij de bepalingsmethode en de statische analyse van het onderhavige onderzoek toe.

2.1 Onderzoekslocatie

De metingen zijn uitgevoerd op 40 meter afstand van het spoor. In onderstaande figuur zijn de meetpunten alsmede het bouwplan met de eerstelijnsbebouwing weergegeven. De eerstelijnsbebouwing bevindt zich op 50 meter afstand van het spoor.

figuur 2: locatie spoor (rood) ten opzichte van de plan locatie. Meetpunten binnen blauwe cirkels

2.2 Bepalingsmethode

De trillingsmetingen voor de bestaande situatie zijn uitgevoerd conform de BTS 2014 en conform de meetmethode zoals beschreven onder optie 2 uit de memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics van 26 februari 2014.

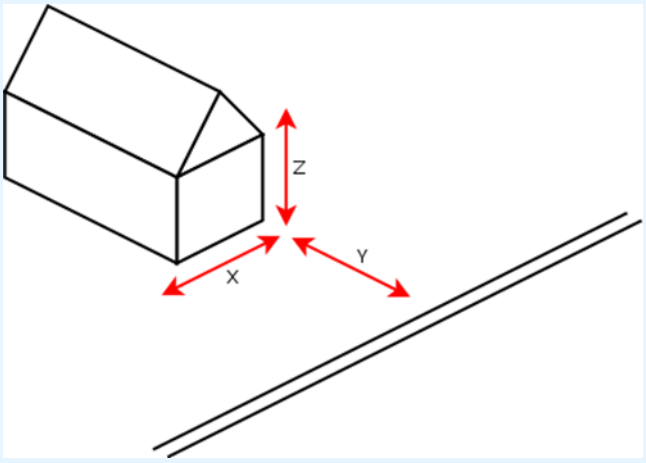
Er is gebruik gemaakt van twee trillingsopnemers in de bodem en observatie met een camera en eenvoudige microfoon. De ingegraven meetsystemen zijn ingewaterd om een goede verbinding met de grondlagen te vormen. Dit voor de detectie van de treinen die tijdens de metingen automatisch worden geregistreerd.

Voor de twee meetpunten geldt dat er gemeten wordt in drie richtingen (figuur 3). De X-richting zijn trillingen evenwijdig aan de geprojecteerde bron (het spoor), Y-richting zijn de trillingen loodrecht op deze lijn en de Z-richting zijn verticale trillingen (ofwel in de hoogte) (figuur 4). De algemene meetnauwkeurigheid bedraagt 1 tot 2 dB.

Het trillingssignaal wordt gedigitaliseerd met het Sensornet B3 meetsysteem, dat speciaal galvanisch gescheiden én gestabiliseerd is. De rimpel van de sensorvoeding is minder dan < 0.01% (of -80 dB).
Het meetbereik van de B3 is: ±5V (single-end) of ±10V (differentiaal), de ruisvloer is 25 µV.
Het dynamisch (amplitude) bereik is 112 dB, het frequentiebereik 1 tot 1000 Hz. Speciaal voor trillingssnelheidsmetingen volgens de SBR norm is er een filter van 1-80 Hz (SBR-B). De combinatie van deze trillingssensoren en de B3 geeft een ruisvloer circa 60 dB (ref 1nm/s).

Een beschrijving van de gebruikte meetapparatuur is gegeven in bijlage 1 van deze rapportage.

figuur 3: een trillingsversnellingsopnemer



figuur 4: overzicht van de gedefinieerde meetrichtingen

Alle geregistreerde data worden ‘live’ naar de servers van Sensornet verzonden. Deze registratie vond plaats zodat de data van de meetpunten gemodereerd konden worden via de trillingsidentificatieviewer (figuur 5). In de viewer wordt de hoogste waarde van een event weergegeven in de X-, Y- en Z-richting alsmede de hoogste waarde van de drie richtingen ($F_{N,veff,max}$). Daarnaast is de dominante frequentieband van de $F_{N,veff,max}$ weergegeven. Per event is aangegeven of het om een trein of geen trein ging. Daarbij zijn de treinen onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Goederentrein
- Losse loc
- Reizigerstrein
- Trein (onbekend type)
- Werktrein

Daarnaast is aangegeven of de trillingen verstoord waren door externe bronnen zoals langsrijdend verkeer.

figuur 5: voorbeeld van een deel van de trillingsidentificatie viewer Sensornet, locatie Oost.

2.3 Trillingsniveaus

De gemeten grootheid zijn versnellingen (a) of versnellingsniveaus (L_a), door integratie van dit signaal wordt het snelheidsniveau ($V_{eff,max}$) bepaald. Het versnellingsniveau wordt lineair, ongewogen, gepresenteerd en wordt uitgedrukt in dB ten opzichte van 10^{-9} m/s ofwel 1 nm/s, formule 1.

(1)
$$L_v = 10 * log\left(\frac{V^2}{V_o^2}\right)$$

L_v snelheidsniveau in dB

V gemeten snelheid in m/s

V_o referentie snelheid: 1 nm/s

(2)
$$v = v_o * 10^{\left(\frac{L_v}{20}\right)}$$

Het gedigitaliseerde trillingssignaal wordt conform SBR publicatie 'Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen' deel B omgezet maar $V_{eff;max}$ (tijdconstante 1/8 seconde).

Voor de omrekening is tabel 1 ingevoegd. Voor de eenvoud moet worden opgemerkt dat de voelbaarheidsgrens voor de gemiddelde mens gelijk is aan 100 dB en dat de maximale waarde van 3.2 overeenkomt met 130 dB.

tabel 1: vergelijking trillingssnelheid en trillingsniveaus

Trillingssnelheid V_{max}[-]	Trillingssnelheid in mm/s	Snelheidsniveaus in dB t.o.v. 1 nm/s
0.01	0.01	80.0
0.05	0.05	94.0
0.10	0.10	100.0
0.20	0.20	106.0
0.40	0.40	112.0
0.60	0.60	115.6
0.79	0.79	118.0
1.0	1.0	120.0
1.2	1.2	121.6
1.5	1.5	123.5
1.8	1.8	125.1
3.2	3.2	130.0

3. Toetsingskader

Op alle locaties waar treinen, trams, wegverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden aanwezig zijn, kunnen trillingen in gebouwen als gevolg van deze bronnen aanwezig zijn. Deze trillingen kunnen leiden tot schade en/of hinder in de betreffende gebouwen. Voor dit onderzoek zijn metingen uitgevoerd aan het spoor om het effect van het treinverkeer op de gebouwen in kaart te brengen voor de nulsituatie.

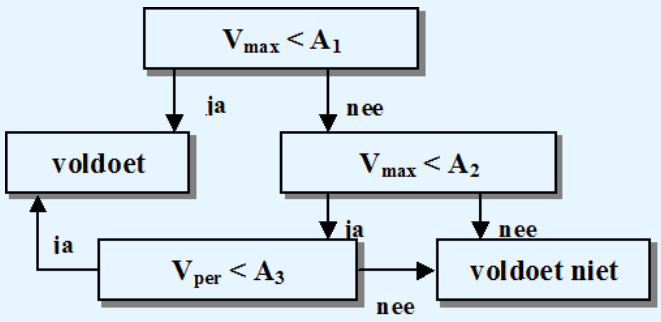
Bij dit project en de daarbij behorende mogelijke trillinghinder is er een aantal toetsingskaders.

- Het eerste toetsingskader betreft de SBR-B richtlijn voor het ontwikkelgebied voor nieuwbouwwoningen.
- Het tweede toetsingskader betreft De 'Beleidsregel Trillinghinder Spoor (BTS)'. De BTS is van toepassing voor bestaande woningen die hier niet zijn, maar kan wel als leidraad worden gebruikt voor de nieuwbouw locaties.

Naast bovengenoemde toetsingskaders voor trillingen kan er sprake zijn van laagfrequent geluid. Dit is niet onderzocht in dit rapport.

3.1 SBR-B

Voor trillingen is, in tegenstelling tot geluid bijvoorbeeld, nog geen wetgeving vastgesteld maar alleen richtlijnen. Het is echter voor goede ruimtelijke ordening wel van belang dat het aspect trillingen in kaart wordt gebracht. Voor de nieuwbouwlocatie wordt er een uitspraak gedaan conform de SBR-B richtlijn. Voor een aantal typen trillingen en verschillende gebouwfuncties (wonen, onderwijs e.d.) staan in de richtlijn grens- en streefwaarden voor maximaal optredende trillingsniveaus en gemiddelde trillingsniveaus. Voor herhaald voorkomende trillingen wordt er getoetst volgens figuur 6 met de streefwaarde uit tabel 2.



figuur 6: toetsingsschema SBR-B.

tabel 2: streefwaarde herhaald voorkomende trillingen nieuwe situaties in mm/s en dB (ref. 1 nm/s)

Gebouwfunctie	Dag en avond (07:00-23:00)			Nacht (23:00-07:00)		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
Gezondheidszorg	0,10 / 100	0,40 / 112	0,05 / 94	0,10 / 100	0,20 / 106	0,05 / 94
Wonen	0,10 / 100	0,40 / 112	0,05 / 94	0,10 / 100	0,20 / 106	0,05 / 94
Onderwijs en kantoor	0,15 / 104	0,60 / 116	0,07 / 97	0,15 / 104	0,60 / 116	0,07 / 97
Bijeenkomst	0,15 / 104	0,60 / 116	0,07 / 97	0,15 / 104	0,60 / 116	0,07 / 97
Kritische werkruimte	0,10 / 100	0,10 / 100	-- / --	0,10 / 100	0,10 / 100	-- / --

Waarbij de streefwaarden zijn aangegeven door:

A_1 onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} [-]

A_2 bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} [-]

A_3 streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} [-]

Overschrijding van de streefwaarden leidt tot een reële kans op hinder (tabel 3). Hoewel de waarden internationaal gezien redelijk streng zijn, zullen er nog steeds mensen zijn die de trillingen onder de streefwaarden als hinderlijk kunnen ervaren.

tabel 3: hinderkwalificatie streefwaarde in mm/s en dB (ref. 1 nm/s)

V_{max}	Hinderkwalificatie
< 0.1 / < 100	Geen hinder
0.1 - 0.2 / 100 - 106	Weinig hinder (bestaande situaties)
0.2 - 0.8 / 106 - 118	Matige hinder
0.8 - 3.2 / 118 - 130	Hinder
> 3.2 / > 130	Ernstige hinder

3.2 BTS

In 2012 heeft de minister van Infrastructuur en Milieu een Beleidsregel Trillinghinder Spoor (BTS) opgesteld. Deze beleidsregel is een wijziging en aanvulling op de SBR-B richtlijn. In 2014 is de BTS verder aangevuld en gepubliceerd [1]. De huidige BTS vult de SBR-B richtlijn op de volgende punten aan:

- De normstelling voor het wel of niet treffen van maatregelen. In de BTS wordt aangegeven wanneer het bestemmingsplan maatregelen dient te bevatten ter voorkoming van de trillinghinder die zal ontstaan als gevolg van de aanleg of wijziging van een spoorweg.
- Een introductie van een kosteneffectiviteitscriterium. In dit kosteneffectiviteitscriterium wordt uitsluitsel gegeven of bepaalde maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit, milieu- en maatschappelijke impact en de mate van trillinghinder voldoende kosteneffectief zijn. Het gehanteerde richtbedrag betreft van € 47.000,-- per woning met overschrijdingen genoemd[1]. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500,-- per werkplek aangehouden[2]. Overigens wordt deze richtlijn op dit moment herzien.
- De trillingssterkte $V_{eff,max}$ wordt bepaald over een meetperiode van tenminste één week. Het resultaat is het maximale niveau in een week, vergelijkbaar met de grootheid $V_{max,stat}$ van de SBR B-richtlijn. De meetmethode en de naverwerkingsmethode zijn gebaseerd op die van de SBR B-richtlijn, maar verder uitgebreid met het doel de reproduceerbaarheid van de metingen en berekeningen te vergroten. Deze methodiek is nauwkeurig beschreven in een memo van Level Acoustics [2].
- Introductie van een zogenaamde *R*-waarde, die een indicatie is van de reproduceerbaarheid van de meting. De *R*-waarde is uitgedrukt als een onzekerheidspercentage van de $V_{eff,max}$, BTS. Waarbij een R-waarde kleiner dan 10 procent wenselijk is.
- Introductie van een zogenaamde *Q*-waarde, de verhouding tussen de trillingssterkte in de plan- en referentiesituatie[3]. Bij metingen met een hoge *R*-waarde wordt deze *Q*-waarde gecorrigeerd voor de lagere reproduceerbaarheid.

[1] Dit bedrag is gebaseerd op een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA), een methodiek om de maatschappelijk gezien acceptabele kosten van een maatregel te bepalen. Deze MKBA is uitgevoerd door Witteveen+Bos, Royal Haskoning DHV en TNO, zie Tuijgrok, dr. ir. E.C.M., e.a., Doelmatigheidstoetsing Trillingsreducerende Maatregelen Spoor, Witteveen+Bos, juni 2013, projectcode ut702-1-1

[2] Hiervoor is het richtbedrag voor woningen gecorrigeerd voor bezettingsgraad, verblijfsduur, en verschillen tussen dag en nacht.

[3] Voor een nieuw tracé bestaat er geen referentiesituatie, hier wordt beoordeeld op de BTS voor nieuwe situaties.

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

Een andere belangrijke wijziging is dat de koppeling tussen de trillingssterkte $V_{eff,max}$ en de trillingsintensiteit V_{per} met de beoordeling losgelaten is.

De BTS is echter alleen van toepassing als er een Tracébesluit wordt genomen voor wijziging, aanleg of opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg. De BTS is niet van toepassing als er nieuwe woningen naast het spoor gebouwd worden. Indien er gekeken wordt naar de situatie met woningen is dit een nieuwe situatie voor het plangebied maar er zijn al trillingen aanwezig als gevolg van spoorverkeer wat bestempeld kan worden als bestaande situatie. De definitie van bestaande situatie betreft: 'referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer' terwijl een nieuwe situatie de volgende definitie heeft: 'referentiesituatie waarin geen sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer'.

In dit onderzoek vindt de trillinghinderbeoordeling plaats volgens de BTS-methodiek voor een nieuwe situatie omdat deze strenger is dan de bestaande situatie en overeenkomt met de grenswaarde uit de SBR-B voor nieuwe situaties.

De grenswaarden in de BTS zijn gedefinieerd voor de dag, avond (07:00-23:00 uur) en nacht (23:00-07:00 uur) en verschillend per type gebruiksfunctie van een gebouw. De verschillende gebruiksfuncties zijn:

- Gezondheidszorg en wonen
- Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten
- Kritische ruimte

Voor deze verschillende gebruiksfuncties zijn grenswaarden van kracht (tabel 4). De BTS kent in tegenstelling tot de SBR-B geen V_{per} (A_3) voor nieuwe situaties.

A_1 streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} [-]

A_2 grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} [-]

tabel 4: grenswaarden nieuwe situatie BTS 2014 [3] in mm/s en dB (ref. 1 nm/s)

Gebouwfunctie	Dag en avond		Nacht	
	A1	A2	A1	A2
Gezondheidszorg en wonen	0,1 / 100	0,4 / 112	0,1 / 100	0,2 / 106
Onderwijs, kantoor en bijeenkomst	0,15 / 104	0,6 / 116	0,15 / 104	0,6 / 116
Kritische werkruimte	0,1 / 100	0,1 / 100	0,1 / 100	0,1 / 100

3.3 Aandachtpunten

Bij onderzoek naar mogelijk trillinghinder zijn er nog enige opmerkingen en dient nog aandacht besteed te worden aan de volgende punten:

- Bij een relatief beperkte uitbreiding van het aantal treinen zal het maximale trillingsniveau (V_{max}) (waar je in eerste instantie ook op toetst) niet toenemen. De trillingsintensiteit (V_{per}) neemt echter wel toe. Vergelijkbare treinen zullen steeds weer eenzelfde maximum geven en dit kan en mag een aantal keren per dag/nacht voorkomen.
- Bij controlemetingen na realisatie plan is de spoorstaafruwheid en periodemeting een belangrijke factor. Als het spoor net geslepen is, zal dit leiden tot lagere waarden. Daarnaast is de periode waarin de meting plaatsvindt van belang. Deze moet rond dezelfde periode zijn als de voor meting omdat anders, als gevolg van temperatuur en regen, de bron (wrijvingscoëfficiënten) en de overdracht in de bodem anders worden.
- Voor de bouwvergunning zal ervan uitgegaan worden dat het tracé volgens de Best Beschikbare Technieken (BBT) is aangelegd. Bij de ontwikkelaar kan het bevoegd gezag daarom maatregelen eisen uit de maatregelencatalogus van ProRail.

4. Meetresultaten

Om te kijken of er maatregelen nodig zijn bij het ontwerp van de constructies van de nieuwe woningen als gevolg van de te verwachten trillingen, is er gemeten op twee locaties. Door middel van deze metingen is een Geomilieu model opgebouwd met de module trillingen. Dit model geeft aan in welk gebied er mogelijk maatregelen nodig zijn als gevolg van trillingen.

Tijdens de metingen zijn er maximaal 279 events geclassificeerd als treinvoertuig (tabel 5). Voor de twee locaties is er een verschil in aantal treinpassages. De verschillen in aantal geclassificeerde treinpassages komen door de volgende drie punten:

1 Sommige passages zijn verstoord op een van de twee locaties door externe bronnen.
2 Voor het type bepaling is gekeken naar de top 200 events per controleslag (om de drie dagen) waarbij het event niet in deze top 200 aanwezig was.
3 Doordat de drempelwaarde om geclassificeerd te worden als event niet behaald is op een van de locaties.

tabel 5: aantal geclassificeerde treinpassages inclusief gemiddelde passageduur in seconden.

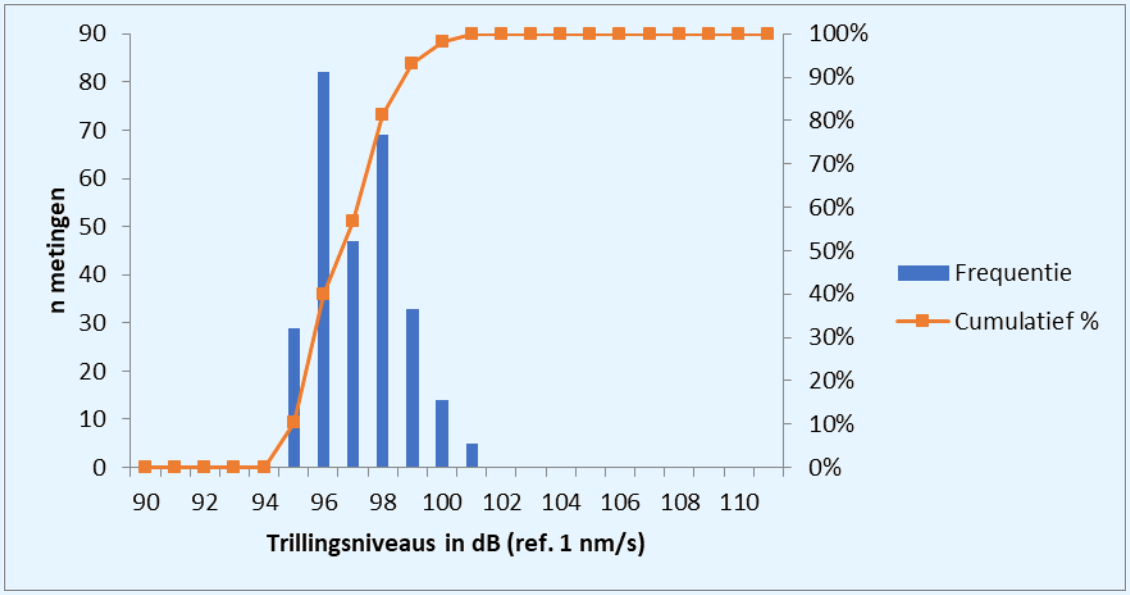
Type	Oost		West	
	n voertuig	ΔT passage [s]	n voertuig	ΔT passage [s]
Trein (onbekend type)	1	33.0	0	--
Reizigerstrein	263	15.5	238	17.4
Goederentrein	12	43.2	10	41.7
Losse loc	3	18.7	1	15.0
Totaal	279		249	

Van de onverstoorde treinpassages is een $V_{eff,max}$ waarde vastgesteld per locatie zoals weergegeven in onderstaande tabel. In deze tabel is tevens de *R*-waarde voor de reproduceerbaarheid weergegeven als de maatgevende octaafband. In figuur 7 en figuur 8 zijn de histogrammen weergegeven voor de twee meetlocaties voor de onverstoorde events geclassificeerd als trein.

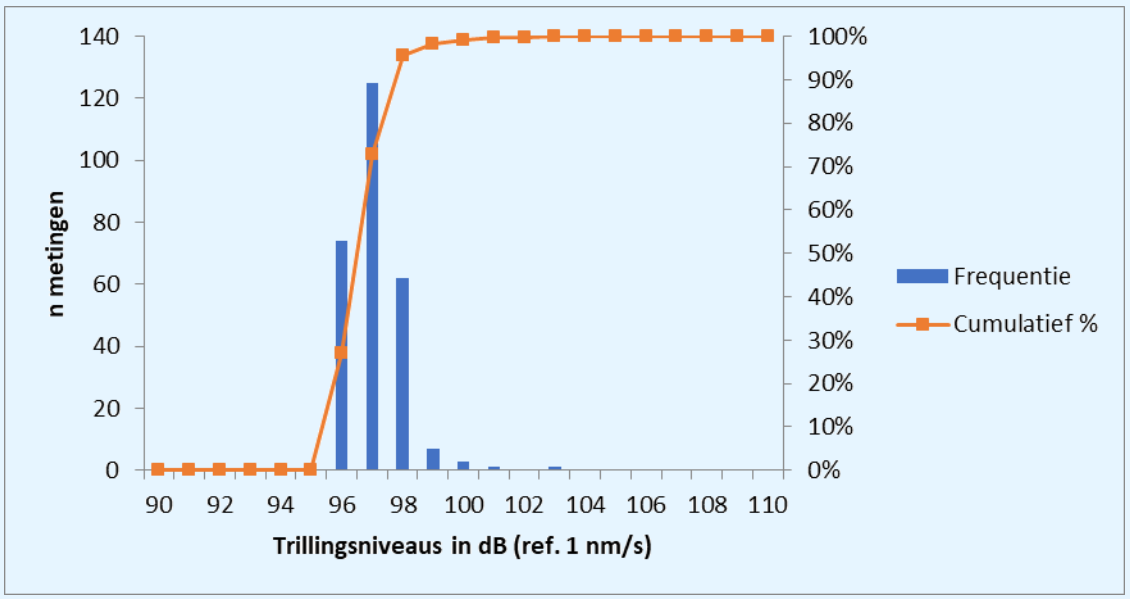
tabel 6: vastgestelde $V_{eff,max}$ in dB inclusief R-waarde en maatgevende octaafband.

	Oost	West
$V_{eff,max}$ [dB]	100,7	100,2
R-waarde [%]	3,4%	5,3%
Maatgevende octaafband [Hz]	31,5	16

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017



figuur 7: histogram meetgegevens onverstoorde treinen locatie Oost.



figuur 8: histogram meetgegevens onverstoorde treinen locatie West.

5. Uitgangspunten modelberekeningen

Het model om de effecten van de trillingen in de omgeving te berekenen wordt gedaan door middel van het Geomilieu pakket v4.30 module trillingen. In deze module wordt de geometrische uitbreiding berekend door middel van Barkan vergelijking (formule 5.1) waarbij deze empirische benadering is verbeterd door de berekening per frequentieband (octaafband) uit te voeren.

$$V_r = V_{r_0}\left(\frac{r_0}{r}\right)^n e^{-\alpha(r-r_0)} \qquad 5.1$$

waarin:

V_r	trillingsniveau op een afstand r van de bron	[mm/s]
V_{r0}	trillingsniveau op referentie afstand r_0 van de bron	[mm/s]
r	afstand tussen bron en immissiepunt	[m]
r_0	referentie afstand tot de bron	[m]
n	parameter voor de beschrijving van de geometrische uitbereiding	[-]
a	parameter voor de beschrijving van de bodemdemping	[1/m]

De bodemopbouw bestaat uit zand volgens de grondmonsters afkomstig uit het DINO loket (bijlage 2). Dit betekent dat het 'Zand profiel' [4] gehanteerd kan worden. De bodemdemping is vastgesteld met een a (alpha) zoals weergegeven in tabel 7.

tabel 7: gehanteerde bodemdemping (a) per octaafand, per meter.

	2	4	8	16	31.5	63
Zandprofiel	0,000	0,010	0,010	0,020	0,040	0,080

De trillingsimmissie van de reizigers-, en goederentrein is gegeven in tabel 8. Deze trillingsimmissie is bepaald op een afstand van 40 meter van het spoor. Om de trillingsimmissie te bepalen zijn de volgende stappen doorlopen.

1. Per type trein is het energetisch gemiddelde berekend over de maatgevende richting.
2. Per type trein is een correctie toegepast naar verhouding van het aantal treinen in een klasse ten opzichte van het totaal aantal treinen.
3. De totale, naar aantal treinen gecorrigeerde trillingsimmissie van de goederen- en reizigerstreinen, is bij elkaar opgeteld tot een trillingsimmissie van alle treinen.
4. Het verschil tussen de totale trillingsimmissie en de $V_{eff,max}$ waarde uit de BTS metingen wordt opgeteld bij de individuele trillingsimmissie van de goederen- en reizigerstreinen.
5. De trillingsimmissie van het type treinen per locatie (oost, west) is energetisch gemiddeld tot een totale trillingsimmissie voor het type trein.
6. De trillingsimmissie van de goederen- en reizigerstreinen zijn energetisch opgeteld tot een totale trillingsimmissie waarbij rekening is gehouden met de verhouding tussen goederen- en reizigerstreinen.
7. De totale trillingsimmissie (100.5 dB) is vervolgens opgehoogd naar de hoogst vastgestelde BTS waarde (100.7 dB). Met deze waarde zijn de berekeningen uitgevoerd.

tabel 8: trillingsimmissie goederen-, reizigerstrein in dB (ref. 1 nm/s) per octaafband.

	2	4	8	16	31.5	63	Totaal
Goederentrein	64.7	84.1	95.1	97.3	98.9	91.1	102.5
Reizigerstrein	62.5	75.0	91.9	96.2	95.9	91.3	100.4
Totaal	62.5	76.1	92.1	96.2	96.0	91.2	100.5
BTS	62.8	76.4	92.3	96.4	96.2	91.5	100.7

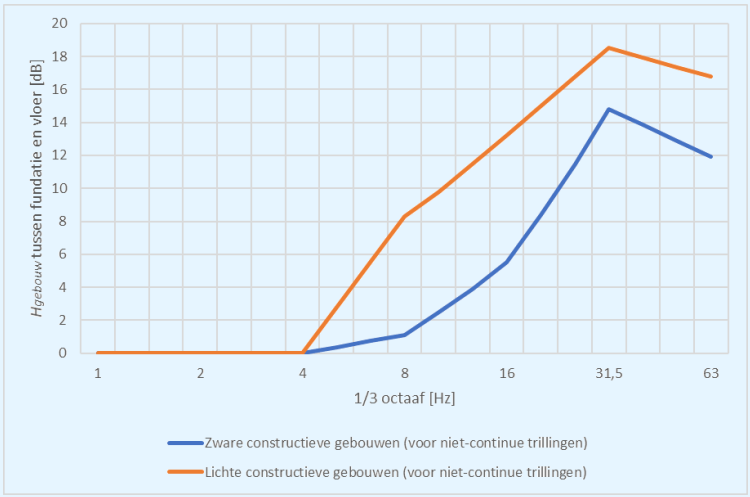
Voor de bodemgebieden wordt standaard gerekend met een n van 0.5 bijbehorende bij een Rayleigh (oppervlakte) golf.

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

Om de overdracht in de woningen te bepalen wordt er gebruikgemaakt van een $H_{fundering}$ en H_{gebouw}. De functie $H_{fundering}$ zorgt ervoor dat er rekening wordt gehouden met de overdracht van de bodem naar de fundatie (tabel 9). De functie H_{gebouw} geeft de overdracht van de fundering naar de maatgevende vloer weer. Voor H_{gebouw} wordt onderscheid gemaakt tussen lichte en zware constructies (figuur 9). Lichte constructies zijn gebouwen met één of twee bouwlagen. Zwaardere constructies zijn veelal gebouwen met meerlaagse woonfuncties / appartementen, met meerdere betonnen vloeren en zware wanden.

tabel 9: $H_{fundering}$ in dB.

Overdracht	Fn 02	Fn 04	Fn 08	Fn 016	Fn 031.5	Fn 063
$H_{fundering}$	-5.2	-1.0	0.2	-4.1	-10.1	-10.6



figuur 9: H_{gebouw} afhankelijk van constructie gebouw

Voor de treinpassages per periode (dag, avond, nacht) is gebruikgemaakt van de intensiteiten zoals gehanteerd in het onderzoek OV-knoop Ede[4]. Daarbij is de lijn Amersfoort – Ede - Wageningen en visa versa buiten beschouwing gelaten omdat deze niet langs het plangebied komt. In onderstaande tabel staan de hoeveelheden treinen per periode per richting. De referentiesituatie (ref) geeft de huidige hoeveelheid treinpassages weer en de plansituatie de hoeveelheid passages als OV-knoop Ede afgerond is.

tabel 10: treinpassages langs ontwikkelgebied

Verbinding	Dag		Avond		Nacht	
	Ref	Plan	Ref	Plan	Ref	Plan
Intercity Utrecht - Arnhem v.v.	3.50	6.00	3.00	6.00	0.53	1.93
ICE Utrecht - Arnhem v.v.	0.64	1.00	0.79	1.00	0.32	0.32
Sprinter Utrecht - Ede-Wageningen v.v.	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.96
Sprinter Ede-Wageningen Arnhem v.v.	1.61	2.00	1.07	2.00	0.48	0.64
Goederen Utrecht - Arnhem v.v.	0.10	0.07	0.05	0.08	0.04	0.05
Totaal per uur per richting	5.85	12.07	4.91	12.08	1.37	3.90
Totaal per periode per richting	70	145	20	48	11	31
Totaal per periode	140	290	39	97	22	62

In bijlage 3 van het rapport zijn de modelinvoergegevens terug te vinden.

[4] OV-knoop Ede: http://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0228.BP2016EDEO0001-0301/b_NL.IMRO.0228.BP2016EDEO0001-0301_022.pdf

6. Resultaten

Met de invoerparameters uit het vorige hoofdstuk zijn de onderstaande resultaten berekend. Voor zowel de referentie- als de plansituatie is aangegeven waar de voelbaarheidsdrempel (100 dB) ligt en de 106 dB grens (A_2) voor de nachtperiode, 112 dB voor de dag-, avondperode (A_2). Daarnaast is de V_{per} (94 dB) weergegeven. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de trillingen in de bodem alsmede de trillingsniveaus op lichte en zware constructies. De eerstelijnsbebouwing bevindt zich op een afstand van circa 50 meter van het spoor.

6.1 Referentie situatie

In het eerste figuur zijn de trillingen in de bodem weergegeven zonder woningen in het plangebied. In de daaropvolgende figuren zijn de trillingsniveaus als gevolg van lichte en zware constructies weergegeven.

figuur 10: trillingsniveaus in de bodem. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

k:\doc\m\2017\095900\m20170959000r001v2.docx 21-12-2017

figuur 11: trillingsniveaus in de woning bij lichte constructie. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

figuur 12: trillingsniveaus in de woning bij zware constructie. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

De V_{per} (tabel 11) is berekend door de software op de manier zoals is aangegeven in de SBR-B richtlijn. Voor de invoer is de trillingsimmissie op de toetspunten en het aantal treinen per periode gebruikt alsmede een vaste Δt van 30 seconden voor de passages. De Δt van 30 seconden is gedefinieerd in de SBR-B ondanks dat de passage van een trein gemiddeld gezien korter verloopt. De berekende waarde zijn de trillingsniveaus op 50 meter afstand van het spoor, eerstelijnsbebouwing.

tabel 11: V_{per} in dB en mm/s op eerstelijnsbebouwing west en oost.

	West			Oost		
Constructie	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
Licht	92 / 0,04	91 / 0,03	85 / 0,02	92 / 0,04	91 / 0,04	86 / 0,02
Zwaar	<90 / <0,03	<90 / <0,03	<90 / <0,03	<90 / <0,03	<90 / <0,03	<90 / <0,03

6.2 Plan situatie

In het eerste figuur zijn de trillingen in de bodem weergegeven zonder woningen in het plangebied. In de daaropvolgende figuren zijn de trillingsniveaus als gevolg van lichte en zware constructies weergegeven.

figuur 13: trillingsniveaus in de bodem. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

k:\doc\m\2017\095900\m2017095900r001v2.docx 21-12-2017

figuur 14: trillingsniveaus in de woning bij lichte constructie. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

figuur 15: trillingsniveaus in de woning bij zware constructie. $V_{eff,max}$ Groen 100 dB (A1), Oranje 106 dB (A2 nacht), Rood 112 dB (A2 dag, avond) - V_{per} Zwart 94 dB (A3).

De V_{per} (tabel 12) is berekend door de software op de manier zoals is aangegeven in de SBR-B richtlijn. Voor de invoer is de trillingsimmissie op de toetspunten en het aantal treinen per periode gebruikt alsmede een vaste Δt van 30 seconden voor de passages. De Δt van 30 seconden is gedefinieerd in de SBR-B ondanks dat de passage van een trein gemiddeld gezien korter verloopt. De berekende waarde zijn de trillingsniveaus op 50 meter afstand van het spoor, eerstelijnsbebouwing.

tabel 12: V_{per} in dB en mm/s op eerstelijnsbebouwing west en oost.

	West			Oost		
Constructie	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
Licht	99 / 0,09	99 / 0,09	94 / 0,05	99 / 0,09	99 / 0,09	94 / 0,05
Zwaar	94 / 0,05	94 / 0,05	89 / 0,03	94 / 0,05	94 / 0,05	89 / 0,03

6.3 Beschouwing resultaten

Voor de referentie- en plansituatie blijkt dat er op een afstand van 72 meter vanaf het spoor voldaan wordt aan de SBR-B richtlijn voor lichte constructies. Indien er zware constructies worden toegepast dan kan er vanaf 50 meter vanaf het spoor worden gebouwd zonder dat er getoetst moet worden aan de A2 en A3 van de SBR. Om dichterbij te bouwen moet er getoetst worden aan de A2 en A3. De afstanden die minimaal behaald moeten worden tot het spoor om te voldoen aan de grenswaarde A2 betreffen 50 meter voor lichte constructies en 34 meter voor zware constructies. Als er vervolgens gekeken wordt naar de V_{per} (A3) dan blijkt dat er in de referentiesituatie vanaf 46 meter uit het spoor gebouwd kan worden bij lichte consturcties en vanaf 32 meter voor zware constructies. Voor de plansituatie zijn deze 57 meter en 40 meter voor lichte en zware constructies.

Dit betekent dat er gebouwd moet worden met zware constructies om in de plansituatie nog te voldoen aan de SBR-richtlijn voor de eerstelijnsbebouwing. Een eventueel lichtere constructie of dichterbij bouwen is mogelijk door middel van maatregelen.

Maatregelen kunnen worden verdeeld in drie onderdelen genaamd:
- Bron maatregelen, het spoor
- Overdracht maatregelen
- Ontvanger maatregelen

Voor nieuwe woningbouw is een maatregel aan de ontvanger (woning) het eenvoudigst te realiseren. Hierbij moet gedacht worden aan isolatie om de fundering zowel bij het vooraanzicht als de onderkant. Voor het isolatiemateriaal is het van belang dat er een impedantiesprong gerealiseerd wordt. Daarbij kan gedacht worden aan steenwol of polystyreenplaten. Deze maatregelen realiseren een maximale reductie van 4 tot 10 dB afhankelijk van de trillingsfrequentie.

Als er alleen gekeken wordt naar de afstanden in de bodem dan blijkt dat er vanaf 42 meter een trillingsniveau lager dan 100 dB (0.1 mm/s) berekend wordt. Tot 20 meter uit het spoor wordt een trillingsniveau groter dan 106 dB (0.2 mm/s) (A3 nachtperiode) berekend.

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

7. Conclusie

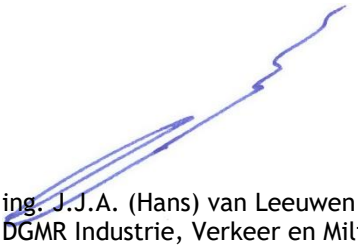
In totaal zijn er 279 passages geregistreerd op de meetlocatie oost en 249 passages op de westelijke locatie. Voor de meetlocaties in de bodem zijn $V_{max,bts}$ trillingsniveaus geregistreerd van 100.7 dB en 100.2 dB met een reproductiepercentrage van 3.4% respectievelijk 5.3%. Uit de metingen blijkt dat de maatgevende octaafband voor de locatie oost 31.5 Hz is en voor de locatie west 16 Hz. De meetpunten liggen op een afstand van 40 meter van het spoor. Er moet in woningen en gebouwen rekening gehouden worden met 0 tot 12-18 dB hogere trillingsniveaus als gevolg van de gebouwconstructie en gebouwmassa.

Naast dit bouwplan is er tevens een OV-knoop Ede in procedure. In dit document zijn het huidige en geplande aantal treinpassages weergegeven over de diverse trajecten. Uit het document blijkt dat er in de toekomst gemiddeld 2,5 keer zo veel treinen gaan rijden als de huidige (referentie)situatie.

Aan de hand van bovenstaande gegevens is een rekenmodel gemaakt om de huidige trillingsniveaus op de eerstelijnsbebouwing, 50 meter van het spoor, in kaart te brengen alsmede de niveaus in de toekomst. Uit dit model blijkt dat er in de referentiesituatie woningen kunnen worden gerealiseerd die gebouwd zijn met een zware en lichte constructie. In de plansituatie neemt het maximale trillingsniveau (V_{max}) niet toe maar het gemiddelde trillingsniveau (V_{per}) ten gevolge van de toename in treinpassages wel. Dit betekent dat er niet voldaan wordt aan het gestelde toetsingskader met een lichte bouwconstructie. Voor de zware constructie wordt er nog wel voldaan in de plansituatie.

Omdat de woningen niet voldoen met lichte constructies niet voldoen aan de toetswaarde in de eindsituatie wordt aangeraden om de woningen uit te voeren met trillingsreducerende maatregelen. Dit advies is ook van toepassing als er woningen worden gebouwd bestaande uit een zware constructie.

De conclusies zijn gebaseerd op de huidige en toekomstige treinpopulatie conform het document OV-knoop Ede. Nieuwe treinen, beter onderhoud en lagere rijsnelheden kunnen lagere trillingsniveaus tot gevolg hebben, maar dit is niet per definitie zo. Zo kunnen langzamer rijdende treinen wel degelijk hogere trillingsniveaus produceren.



ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Literatuur / Referenties

[1] Beleidsregel trillinghinder spoor http://wetten.overheid.nl/BWBR0031466/2014-03-27, Zichtdatum 24-11-2017

[2] Level Acoustics (2014) Reparatie BTS, (meet- en naverwerkingsmethode) referentie Level Acoustics LA.131001a.M04 van 26 Februari 2014

[3] Artikel 4, tweede lid: tracébesluit bestaande situatie

[4] R.D.J.M. Steenbergen, S.S.K. Lentzen, A. Koopman, Betrouwbare Trillingsmaatregel, Ontwikkeling Stanaard RekenMethode voor Trillingen (SRM-T), Deel 2, Referentieafstand en variatiestudie, TNO rapport-34-DTM-2009-03700, 2009

Bijlage 1

Titel	Beschrijving meetapparatuur

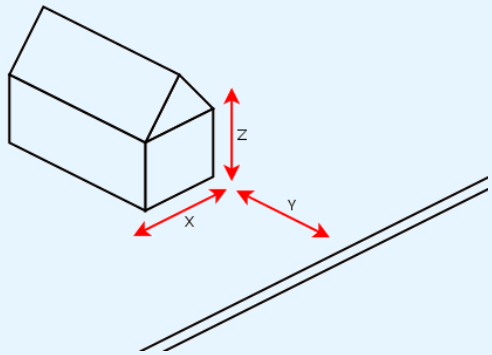
Er is in de grond langs het spoor gemeten volgens de BTS Beleidsregel Trillinghinder Spoor. De twee meetsets meten synchroon waarbij iedere set bestaat uit drie losse trillingsopnemers of triaxiale opnemers in de X-, Y-, en Z-richting.

Een set van trillingsopnemers is opgebouwd uit een blok waarop drie trillingsopnemers zijn bevestigd. Zoals hieronder op de foto te zien is, is de triaxiale trillingsopnemer door middel van een schroef op het metalen blok geplaatst. Deze trillingsopnemer is op drie punten X Y en Z gekoppeld aan de dienst van Sensornet.

figuur 16: triaxiale trillingsopnemer

figuur 17: drie losse trillingsopenemers

De meetrichtingen zijn gedefinieerd zoals weergegeven in onderstaande figuur.



figuur 18: definitie meetrichtingen

Grondmeetpunt
Voor het grondmeetpunt is een stoeptegel gebruikt waarop het metalen blok direct is bevestigd. De behuizing en het metalen blok dat op de stoeptegel is gemonteerd, zijn met elkaar verbonden door middel van rubber. Hierdoor trilt de behuizing niet mee met de trillingsopnemers.

De stoeptegel is voorzien van handvatten, waardoor deze makkelijk in de grond geplaatst kan worden. Om goed contact met de bodem te maken wordt een kuil gegraven, waarna de stoeptegel en de gehele meetkoffer goed gelijkmatig ingebed worden met een paar emmers water.

k:\doc\m\2017\095900\m201709590r001v2.docx 21-12-2017

figuur 19: het grondmeetpunt

Meetapparatuur

Meetset 1

Het punt West bestaat uit een blok met drie losse versnellingsopnemers van het model 17200. De specificaties van deze versnellingsopnemer zijn:

- Parallel and Triangle shear design sensing element, choices of High Precision Imported Piezoelectric Ceramic(J series products) or Normal Domestic Piezoelectric Ceramic
- Different sensitivities from 1 mV/ ms-2 to 100 mV/ ms-2
- Frequency range (±5%) from 0.5Hz (extend to 0.04Hz) up to 10kHz

De serienummers van de drie versnellingsopnemers zijn:

- SN-J0440
- SN-J0434
- SN-J0444

Meetset 2

Het fundatiepunt bestaat uit een blok met drie losse versnellingsopnemers van het model 731-207. De specificaties van deze versnellingsopnemer zijn:

- Resonantie frequentie 3.0 kHz
- Sensitivitie 1 mV/ ms-2
- Frequency range (±5%) from 0.6 Hz up to 1 kHz

De serienummers van de drie versnellingsopnemers zijn:

- 3973
- 3970
- 3971

Calibration Certificate

Model: 17200

Serial No: SN – J0440

Dynamic:

Voltage Sensitivity:	96.74	mV/ms^{-2}
or:	948.68	mV/g
(Measurement Condition: 160Hz, 100 ms^{-2} at 23°C)		
Resolution:	0.0001	m/s^2
Transverse Sensitivity: (at 30Hz, $100ms^{-2}$)	< 5	%
Frequency Range (±5%)	0.06- 1000	Hz
(±10%)	0.04- 1500	Hz
Amplitude Range:	± 50	m/s^2 peak
Undamped natural Frequency:	11	k Hz
Mounted Resonance Frequency:	8	k Hz
Amplitude Non-Linearity:	< 1	%

Polarity is positive on the center of the connector for an acceleration directed from the mounting surface into the body of the accelerometer

Bias Voltage:	12	V
Excitation Voltage:	18-30	V
Constant Current:	2-20	mA
Time Constant:	> 1	S
Output Impedance:	< 100	Ω
Noise (2Hz-20KHz):	10	μV rms
Isolation Resistance: (Body to mount surface)	0	Ω

Environmental:

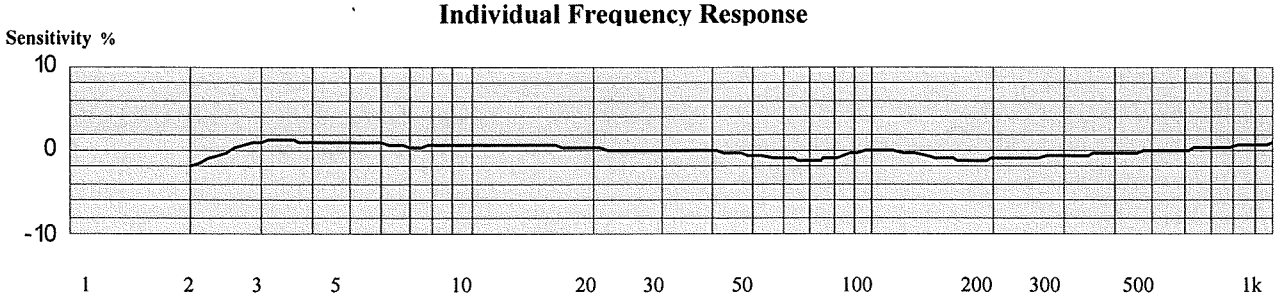
Max. Shock:	1000	m/s^2 peak
Humidity:	Welded Sealed	
Temperature Range:	–40 to +120	°C

Physical:

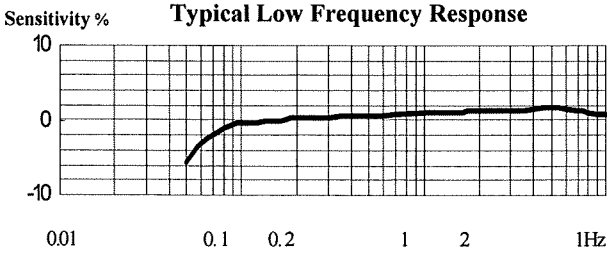
Connector:	M5 Side	
Material:	Stainless Steel	
Weight (excluding cable):	160	gram
Sensing Element:	Piezo-ceramic	
Construction:	Planar Shear	
Mounting Thread:	M5	
Mounting Surface Flatness:	<3	μm
Mounting Torque:	3	N-m

Mounting Technique: Examine the mounting surface for cleanliness and smoothness. If necessary, machining mounting surface. Fasten a M5 mounting stud. Take care not to exceed the recommended mounting torque and the stud does not bottom in the mounting hole. A thin film of grease between the accelerometer and the mounting surface helps achieve good contact and improve mounting stiffness.

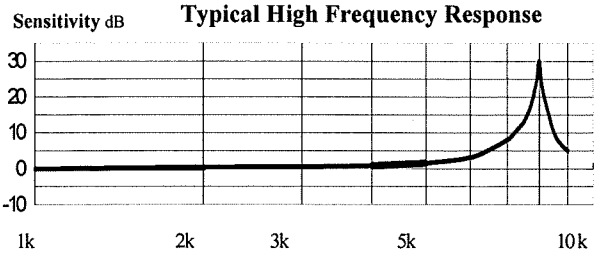
Individual Frequency Response



Typical Low Frequency Response



Typical High Frequency Response



Calibration Certificate

Model: 17200

Serial No: SN – J0434

Dynamic:

Voltage Sensitivity:	97.33	mV/ms^{-2}
or:	954.16	mV/g
(Measurement Condition: 160Hz, 100 ms^{-2} at 23°C)		
Resolution:	0.0001	m/s^2
Transverse Sensitivity: (at 30Hz, $100ms^{-2}$)	< 5	%
Frequency Range (±5%)	0.06- 1000	Hz
(±10%)	0.04- 1500	Hz
Amplitude Range:	± 50	m/s^2 peak
Undamped natural Frequency:	11	k Hz
Mounted Resonance Frequency:	8	k Hz
Amplitude Non-Linearity:	< 1	%

Polarity is positive on the center of the connector for an acceleration directed from the mounting surface into the body of the accelerometer

Bias Voltage:	12	V
Excitation Voltage:	18-30	V
Constant Current:	2-20	mA
Time Constant:	> 1	S
Output Impedance:	< 100	Ω
Noise (2Hz-20KHz):	10	μV rms
Isolation Resistance: (Body to mount surface)	0	Ω

Environmental:

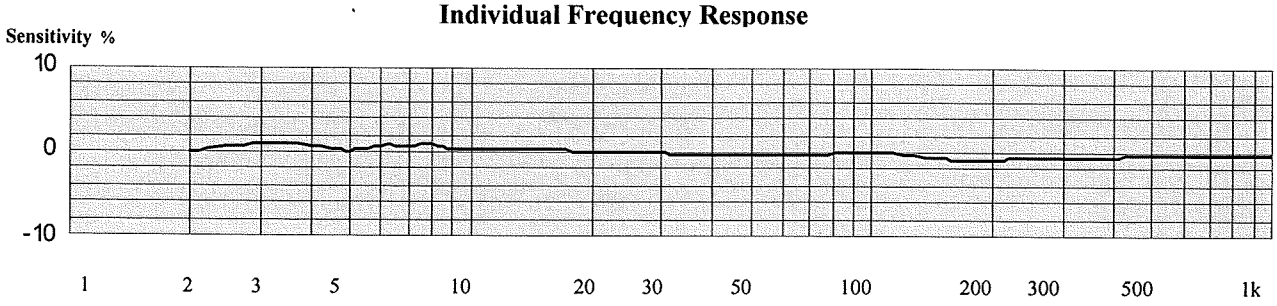
Max. Shock:	1000	m/s^2 peak
Humidity:	Welded Sealed	
Temperature Range:	−40 to +120	°C

Physical:

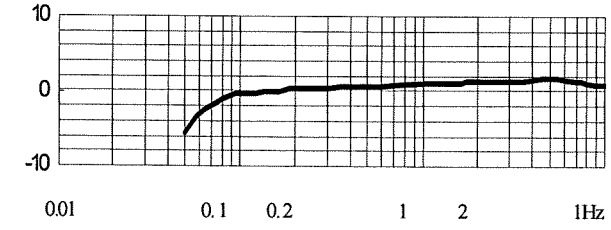
Connector:	M5 Side	
Material:	Stainless Steel	
Weight (excluding cable):	160	gram
Sensing Element:	Piezo-ceramic	
Construction:	Planar Shear	
Mounting Thread:	M5	
Mounting Surface Flatness:	<3	μm
Mounting Torque:	3	N-m

Mounting Technique: Examine the mounting surface for cleanliness and smoothness. If necessary, machining mounting surface. Fasten a M5 mounting stud. Take care not to exceed the recommended mounting torque and the stud does not bottom in the mounting hole. A thin film of grease between the accelerometer and the mounting surface helps achieve good contact and improve mounting stiffness.

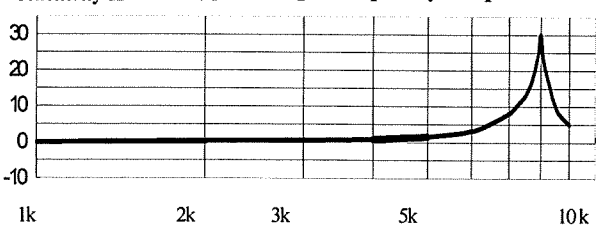
Individual Frequency Response



Typical Low Frequency Response



Typical High Frequency Response



Calibration Certificate

Model: 17200

Serial No: SN – J0444

Dynamic:

Voltage Sensitivity:	97.45	mV/ms^{-2}
or:	955.63	mV/g
(Measurement Condition: 160Hz, 100 ms^{-2} at 23°C)		
Resolution:	0.0001	m/s^2
Transverse Sensitivity: (at 30Hz, $100ms^{-2}$)	< 5	%
Frequency Range (±5%)	0.06- 1000	Hz
(±10%)	0.04- 1500	Hz
Amplitude Range:	± 50	m/s^2 peak
Undamped natural Frequency:	11	k Hz
Mounted Resonance Frequency:	8	k Hz
Amplitude Non-Linearity:	< 1	%

Polarity is positive on the center of the connector for an acceleration directed from the mounting surface into the body of the accelerometer

Bias Voltage:	12	V
Excitation Voltage:	18-30	V
Constant Current:	2-20	mA
Time Constant:	> 1	S
Output Impedance:	< 100	Ω
Noise (2Hz-20KHz):	10	μV rms
Isolation Resistance: (Body to mount surface)	0	Ω

Environmental:

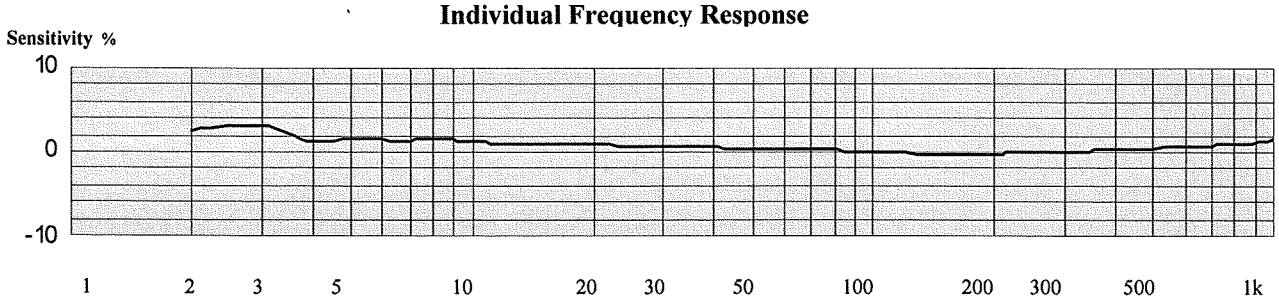
Max. Shock:	1000	m/s^2 peak
Humidity:	Welded Sealed	
Temperature Range:	–40 to +120	°C

Physical:

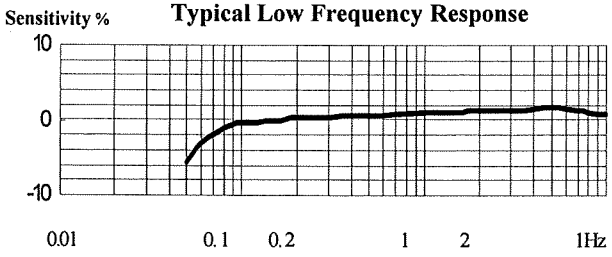
Connector:	M5 Side	
Material:	Stainless Steel	
Weight (excluding cable):	160	gram
Sensing Element:	Piezo-ceramic	
Construction:	Planar Shear	
Mounting Thread:	M5	
Mounting Surface Flatness:	<3	μm
Mounting Torque:	3	N-m

Mounting Technique: Examine the mounting surface for cleanliness and smoothness. If necessary, machining mounting surface. Fasten a M5 mounting stud. Take care not to exceed the recommended mounting torque and the stud does not bottom in the mounting hole. A thin film of grease between the accelerometer and the mounting surface helps achieve good contact and improve mounting stiffness.

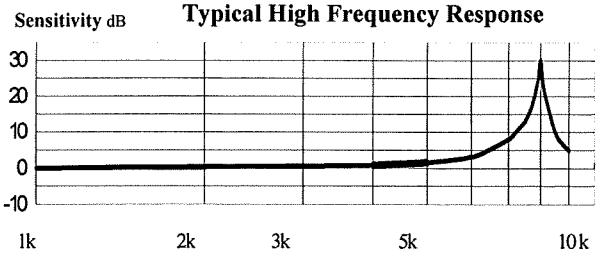
Individual Frequency Response



Typical Low Frequency Response



Typical High Frequency Response



AKRON N.V.-S.A.
Nieuw adres vanaf 01.01.2016
J. Vandenbemptlaan 71
BE-3001 Leuven
www.akron.be
Tel: 016 23 01 03
Fax: 016 23 26 96
E-mail: info@akron.be

MEGGITT

Calibration Data

Low Frequency Accelerometer

Model **731-207** Serial Number **3971**

Sensitivity:	**10.2 V/g**	**1.0 mV/m/s²**
Bias Voltage:	**10.4 Vdc**	
Resonance:	**3.0 kHz**	**179.52 kcpm**
Maximum Amplitude Range:	**0.5 g peak**	**4.9 m/s² pk**

Frequency Response:

±5%	**0.6 Hz**	to	**1040 Hz**	**36 cpm** to	**63 kcpm**
±10%	**0.5 Hz**	to	**1210 Hz**	**30 cpm** to	**73 kcpm**
±3dB	**0.2 Hz**	to	**1810 Hz**	**12 cpm** to	**109 kcpm**

Calibrated by: **S.HONGMANIVAN** Date: **08/12/2016**

This calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899.
Frequency Response is traceable 5 Hz to 10 kHz.
Low end frequency response and amplitude range are nominal values.
Sensitivity measured at 100 Hz, 25°C.

Meggitt (Maryland), Inc. is an ISO 9001 Registered Company.

Meggitt Sensing Systems
20511 Seneca Meadows Parkway, Germantown MD 20876, USA

Meggitt (Maryland), Inc d/b/a Meggitt Sensing Systems

Tel: +1 (301) 330 8811
Tel: 1 800 WILCOXON
Fax: +1 (301) 330 8873
www.meggittsensingsystems.com
www.meggitt.com

AKRON N.V.-S.A.
Nieuw adres vanaf 01.01.2016
J. Vandenbemptlaan 71
BE-3001 Leuven
www.akron.be
Tel: 016 23 01 03
Fax: 016 23 26 96
E-mail: info@akron.be

MEGGiTT

Calibration Data

Low Frequency Accelerometer

Model **731-207** Serial Number **3970**

Sensitivity:	**10.4 V/g**	**1.1 mV/m/s²**
Bias Voltage:	**10.1 Vdc**	
Resonance:	**2.8 kHz**	**168.96 kcpm**
Maximum Amplitude Range:	**0.5 g peak**	**4.9 m/s² pk**

Frequency Response:

±5%	**0.6 Hz** to **1020 Hz**	**36 cpm** to **61 kcpm**
±10%	**0.5 Hz** to **1210 Hz**	**30 cpm** to **73 kcpm**
±3dB	**0.2 Hz** to **1790 Hz**	**12 cpm** to **107 kcpm**

Calibrated by: **S.HONGMANIVAN** Date: **08/12/2016**

This calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899.
Frequency Response is traceable 5 Hz to 10 kHz.
Low end frequency response and amplitude range are nominal values.
Sensitivity measured at 100 Hz, 25°C.

Meggitt (Maryland), Inc. is an ISO 9001 Registered Company.

Meggitt Sensing Systems
20511 Seneca Meadows Parkway, Germantown MD 20876, USA

Meggitt (Maryland), Inc d/b/a Meggitt Sensing Systems

Tel: +1 (301) 330 8811
Tel: 1 800 WILCOXON
Fax: +1 (301) 330 8873
www.meggittsensingsystems.com
www.meggitt.com

AKRON N.V.-S.A.
Nieuw adres vanaf 01.01.2016
J. Vandenbemptlaan 71
BE-3001 Leuven
www.akron.be
Tel: 016 23 01 03
Fax: 016 23 26 96
E-mail: info@akron.be

MEGGiTT

Calibration Data

Low Frequency Accelerometer

Model **731-207** Serial Number **3973**

Sensitivity:	**10.3 V/g**	**1.0 mV/m/s²**
Bias Voltage:	**10 Vdc**	
Resonance:	**3.0 kHz**	**177.6 kcpm**
Maximum Amplitude Range:	**0.5 g peak**	**4.9 m/s² pk**

Frequency Response:

±5%	**0.6 Hz** to **1000 Hz**	**36 cpm** to **60 kcpm**
±10%	**0.5 Hz** to **1160 Hz**	**30 cpm** to **70 kcpm**
±3dB	**0.2 Hz** to **1760 Hz**	**12 cpm** to **106 kcpm**

Calibrated by: **S.HONGMANIVAN** Date: **08/12/2016**

This calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899.
Frequency Response is traceable 5 Hz to 10 kHz.
Low end frequency response and amplitude range are nominal values.
Sensitivity measured at 100 Hz, 25°C.

Meggitt (Maryland), Inc. is an ISO 9001 Registered Company.

Meggitt Sensing Systems
20511 Seneca Meadows Parkway, Germantown MD 20876, USA

Meggitt (Maryland), Inc d/b/a Meggitt Sensing Systems

Tel: +1 (301) 330 8811
Tel: 1 800 WILCOXON
Fax: +1 (301) 330 8873
www.meggittsensingsystems.com
www.meggitt.com

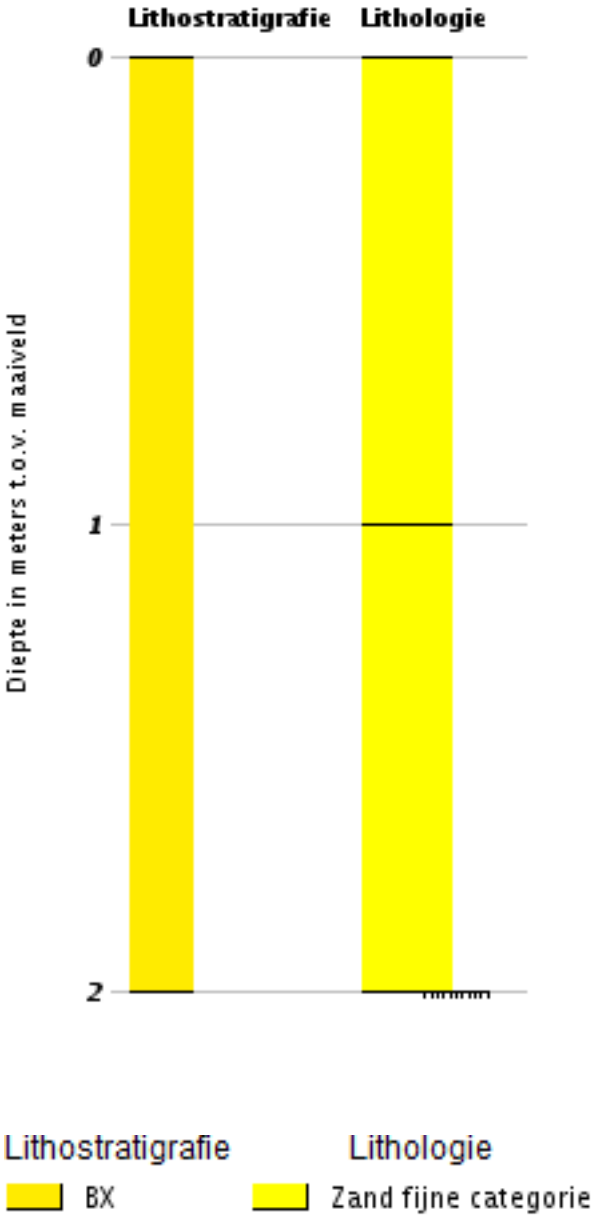
Bijlage 2

Titel	Bodemgegevens

Boormonsterprofiel

Hakselseweg

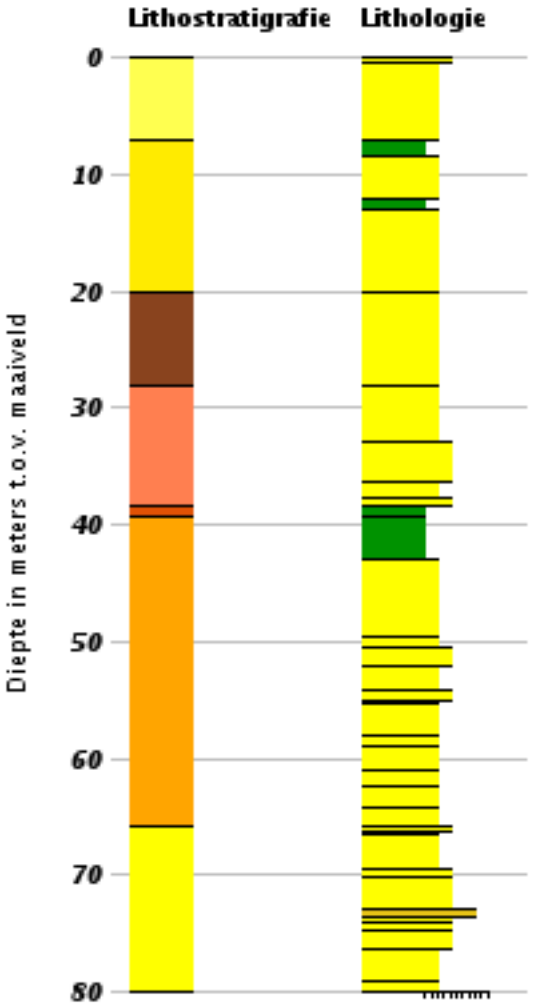
Identificatie: B39F2590
Coördinaten: 173335, 449350 (null)
Maaiveld: 15,70 m t.o.v. NAP
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0,00 m - 2,00 m



Boormonsterprofiel

Verlengde Blokkenweg

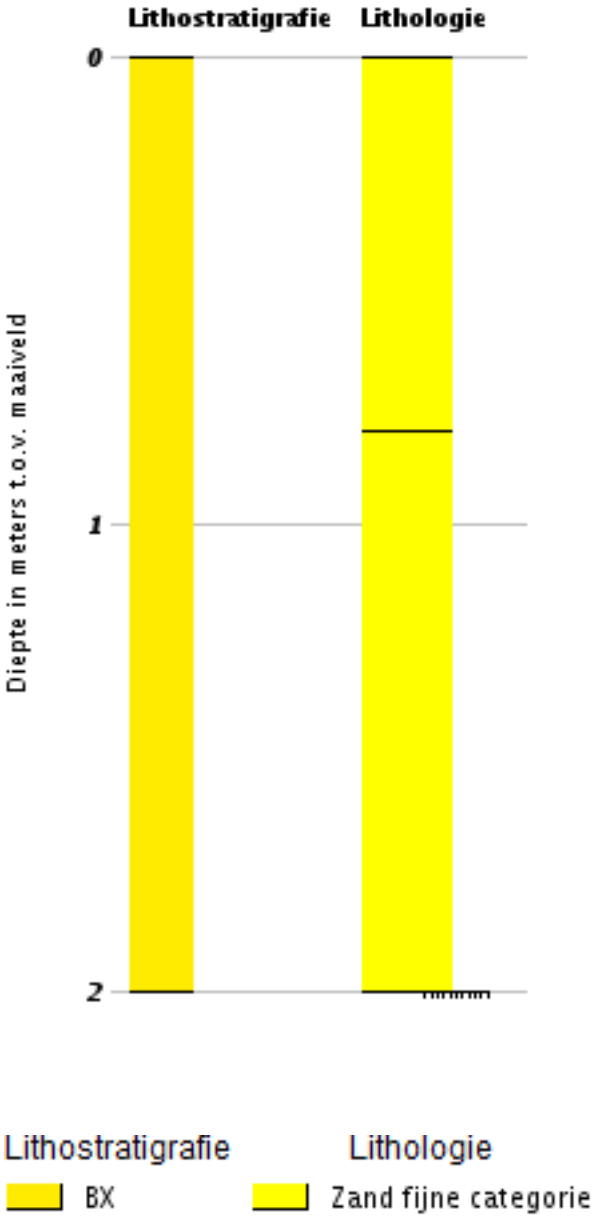
Identificatie: B39F0525
Coördinaten: 173340, 449200 (null)
Maaiveld: 14,70 m t.o.v. NAP
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0,00 m - 80,00 m



Boormonsterprofiel

Kerkweg

Identificatie: B39F2589
Coördinaten: 173650, 449240 (null)
Maaiveld: 17,10 m t.o.v. NAP
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0,00 m - 2,00 m



Bijlage 3

Titel	Invoergegevens model

Model: Lichte woningen
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Toetspunten, voor rekenmethode Algemeen - Trillingen

ItemID	Naam	Omschr.	X	Y	Functie	CHgeb. 2	CHgeb. 4	CHgeb. 8	CHgeb. 16	CHgeb. 31	CHgeb. 63	CHfnd 2	CHfnd 4	CHfnd 8	CHfnd 16	CHfnd 31	CHfnd 63
37	MPW	Meetpunt West	173331,71	449270,74	Wonen	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
38	MPO	Meetpunt Oost	173498,09	449221,74	Wonen	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
41	West	West	173340,19	449283,17	Wonen	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
42	Oost	Oost	173468,37	449243,25	Wonen	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Model: Bodem
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Grids, voor rekenmethode Algemeen - Trillingen

Naam	Omschr.	DeltaX	DeltaY
Plangebied	Plangebied	5	5

Model: Bodem
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Algemeen - Trillingen

ItemID	Naam	Omschr.	Meetafst.	Aantal(D)	Aantal(A)	Aantal(N)	T	LvM_dB 2	LvM_dB 4	LvM_dB 8	LvM_dB 16	LvM_dB 31	LvM_dB 63	LvM_dB Totaal	n 2	n 4	n 8	n 16	n 31	n 63
39	TreinA	Trein richting Arnhem	40,00	53	18	13	18	62,77	76,36	92,30	96,42	96,25	91,46	100,70	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
40	TreinU	Trein richting Utrecht	40,00	52	19	13	18	62,77	76,36	92,30	96,42	96,25	91,46	100,70	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500

Model: Lichte woningen
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Algemeen - Trillingen

ItemID	Naam	Omschr.	Meetafst.	Aantal(D)	Aantal(A)	Aantal(N)	T	LvM_dB 2	LvM_dB 4	LvM_dB 8	LvM_dB 16	LvM_dB 31	LvM_dB 63	LvM_dB Totaal	n 2	n 4	n 8	n 16	n 31	n 63
39	TreinA	Trein richting Arnhem	40,00	53	18	13	18	57,57	75,36	100,80	105,52	104,65	97,66	109,18	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
40	TreinU	Trein richting Utrecht	40,00	52	19	13	18	57,57	75,36	100,80	105,52	104,65	97,66	109,18	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500

Model: Zware woningen
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Algemeen - Trillingen

ItemID	Naam	Omschr.	Meetafst.	Aantal(D)	Aantal(A)	Aantal(N)	T	LvM_dB 2	LvM_dB 4	LvM_dB 8	LvM_dB 16	LvM_dB 31	LvM_dB 63	LvM_dB Totaal	n 2	n 4	n 8	n 16	n 31	n 63
39	TreinA	Trein richting Arnhem	40,00	53	18	13	18	57,57	75,36	93,60	97,82	100,95	92,76	103,56	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
40	TreinU	Trein richting Utrecht	40,00	52	19	13	18	57,57	75,36	93,60	97,82	100,95	92,76	103,56	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500