



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Trillingspredictie

Nieuwbouw 525 kV Landstation Nederwiek 1 (NW1) te
Borssele

VN-83407-1 | 31 mei 2023 | versie 2



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS


Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Onderwerp: Nieuwbouw 525 kV Landstation Nederwiek 1 (NW1) te Borssele

Projectnummer: VN-83407-1

Opdrachtgever: Arcadis Nederland BV
Postbus 1632
6201 BP Maastricht

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	26 april 2023	
2	31 mei 2023	Belendingen Zeelang Refinery toegevoegd

Opgesteld door:	Ing. J.R. de Jong
Handtekening:	
Documentnummer:	R89821
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	J. Popma



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Referenties	4
1.3	Kwaliteitswaarborging	4
2	Project.....	5
3	Bodemopbouw.....	7
3.1	Beschikbaar grondonderzoek	7
3.2	Maaiveldhoogte.....	7
3.3	Bodemopbouw	7
3.4	Grondwaterstand.....	8
4	Trillingen	9
4.1	Algemeen	9
4.2	Trillingsprognose	9
4.3	Grenswaarden trillingsniveaus	10
5	Toetsing berekende waarden versus grenswaarden	12
6	Conclusies en aanbevelingen.....	14



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van Arcadis Nederland BV gevestigd te Maastricht heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een trillingspredictie opgesteld ten behoeve van de nieuwbouw van het 525 kV Landstation Nederwiek 1 (NW1) te Borssele.

Aanleiding tot het opstellen van voorliggende rapportage betreft het voornemen van de opdrachtgever om voor de nieuwbouw een fundering op een vorm van geheide palen toe te passen, waarbij voor dit werk uitgegaan wordt van de vibropaal of een geheide prefab betonpaal. Bij deze typen paalsystemen worden palen heidend op diepte gebracht, wat als gevolg heeft dat er rekening moet worden gehouden met het ontstaan van trillingen in de ondergrond ter plaatse van de omliggende bebouwing.

De trillingspredictie dient een indruk te geven van de invloed van de door het heien veroorzaakte trillingen op de nabijgelegen belendingen/constructies. Op het moment van schrijven van deze rapportage zijn bij ons geen gegevens bekend omtrent de bouwkundige staat en de funderingswijze van de belendende bebouwing en constructies.

Het beschouwen van trillingsoverlast zoals hinder en/of geluidsoverlast vallen buiten de scope van onze opdracht.

1.2 Referenties

Voor het opstellen van dit rapport is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- [1] Grondmechanisch onderzoek: 'Net op zee IJmuiden Ver, Landstation Nederwiek 1 te Borssele', projectnummer 0464270.100 concept revisie 1.0, d.d. 23 januari 2023, Antegroep en Koops grondmechanica.

1.3 Kwaliteitswaarborging

De trillingspredictie is opgesteld onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA** en Veiligheidsladder trede 3.

2 Project

Het project betreft de nieuwbouw van een transformatorstation aan de Liechtensteinweg/Luxemburgweg te Borssele. In de nabijheid van de aan te brengen palen zijn bestaande constructies aanwezig. Het betreft hier bebouwing in de vorm van:

- Een bedrijfspand van Mourik Vlissingen op circa 30 meter afstand.
- Een loods van Mourik Vlissingen op circa 33 meter afstand.
- Zonnepanelen op het belendende perceel op circa 47 meter afstand.
- Een dijklichaam aan de overzijde van de Luxemburgweg op circa 67 meter.
- Silo's van Zeeland Refinery op circa 360 meter.

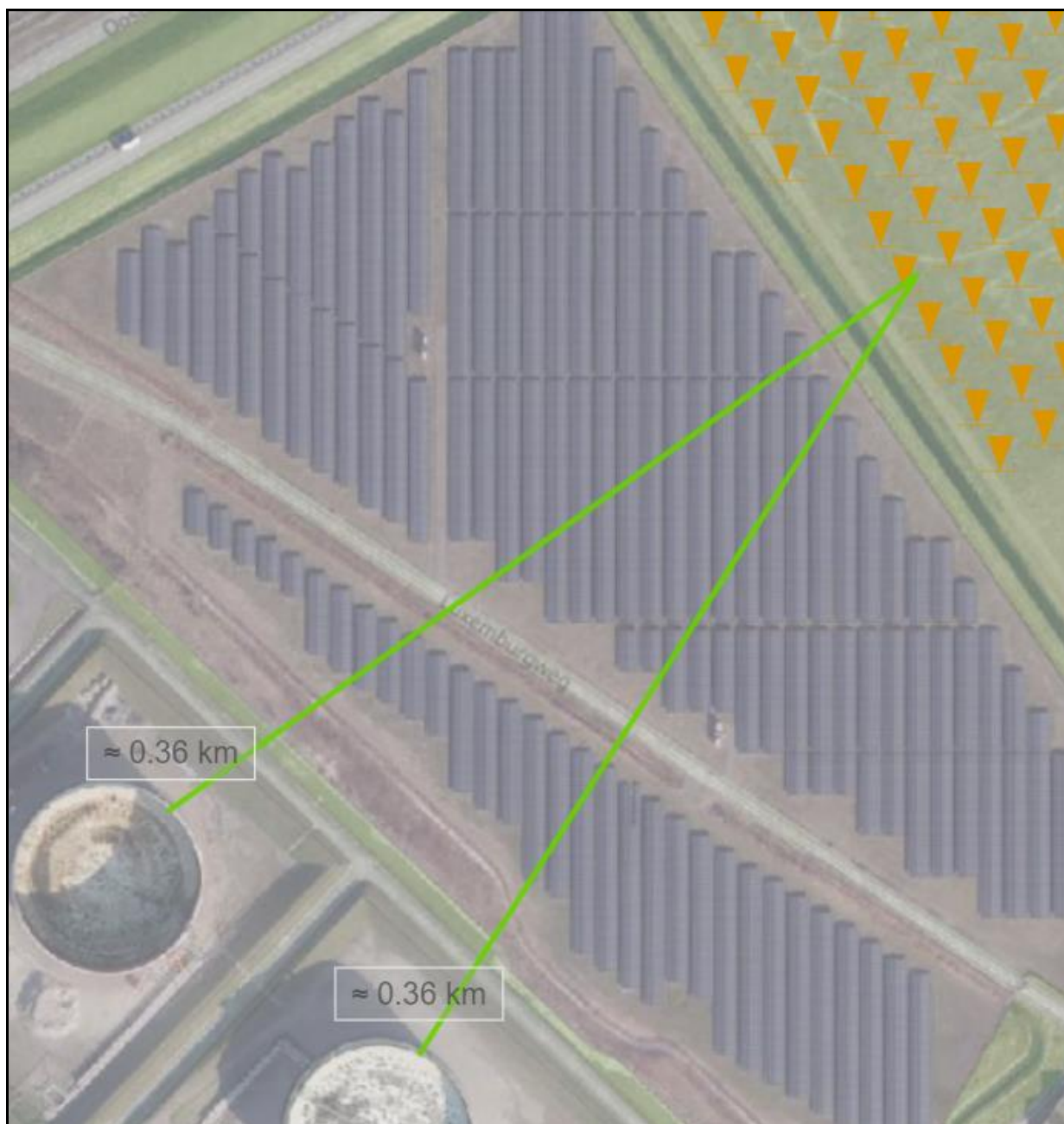
In figuur 2.1 en 2.2 is een overzicht van de projectlocatie en bestaande belendingen weergegeven. Op het moment van schrijven van deze rapportage zijn bij ons geen gegevens bekend omtrent de funderingswijze van de belendende bebouwing en constructies. Aangenomen wordt dat de omliggende panden zijn gefundeerd op palen.



Figuur 2.1: overzicht projectlocatie en afstanden tot belendingen direct om de projectlocatie heen

Als inschatting voor het uitgangspunt voor dit rapport wordt uitgegaan van een prefab betonnen heipaal of vibropaal met een schachtafmeting van respectievelijk vierkant 500x500 mm en

Ø559 mm, geïnstalleerd op een paalpuntniveau van circa N.A.P. -10,00 m.



Figuur 2.2: overzicht projectlocatie en afstanden tot belendingen Zeeland Refinery



3 Bodemopbouw

3.1 Beschikbaar grondonderzoek

De resultaten van het beschikbare grondonderzoek [1] zijn vastgelegd ten opzichte van N.A.P. Het grondonderzoek heeft onder andere bestaan uit het verrichten van:

- 188 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2 tot maximaal circa mv -40,0 m;
- 1 handboring tot circa -3,0 meter ten opzichte van maaiveld
- 1 mechanische boring tot circa -28,0 m ten opzichte van maaiveld.
- 1 peilbuis met filterdiepte van -9,0 à -10,0.

In dit rapport zal gebruik gemaakt worden van sondering 18 t/m 25, 28 t/m 35, 44 t/m 51, 54 t/m 61, 70 t/m 77, 80 t/m 87, 96 t/m 103, 106 t/m 113, 122 t/m 129, 132 t/m 139, 148 t/m 155, 158 t/m 165 en 174 t/m 181, de overige sonderingen vallen buiten het gebouw.

3.2 Maaiveldhoogte

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van N.A.P. +2,84 tot +3,76 m.

De hoogtebepaling van de onderzoekspunten is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw in te meten ten opzichte van N.A.P. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3.3 Bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, waaronder metingen van de plaatselijke mantelwrijving en handboringen, is globaal de onderstaande schematische bodembeschrijving vastgesteld (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw

Diepte [m N.A.P.]		Bodembeschrijving
maaiveld	tot +1,5 à +0,5	Zand, opgehoogd, lokaal een cohesieve laag
+1,5 à +0,5	tot +0,5 à -12,0	Afwisselend zand- en/of kleilagen, lokaal veen insnijdingen
+0,5 à -12,0	tot -37,5*	Zand, wisselend gepakt, lokaal een cohesieve tussenlaag/veenlaag

* Maximaal verkende diepte



3.4 Grondwaterstand

Indicatief is ten tijde van het grondonderzoek de grondwaterstand in het boorgat van mechanische boring MB128 direct na uitvoering vastgesteld op N.A.P. +2,11 m en in handboring HB04 op N.A.P. +1,97 m.

De grondwaterstand in peilbuis MDF01 met filterdiepte van N.A.P. -9,0 tot -10,0 m is gemeten op N.A.P. +0,305 m.

Deze waarnemingen betreffen een momentopnames en zeggen niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode. De vastgestelde grondwaterstand kan zijn verstoord door de uitgevoerde werkzaamheden.

Door onder andere de weersgesteldheid en het heersende seizoen kan de grondwaterstand tevens fluctueren. De ingemeten grondwaterstand betreft een indicatie die zonder aanvullend onderzoek niet geschikt is voor welke conclusie en/of toepassing dan ook.

4 Trillingen

4.1 Algemeen

Bij het heien van prefab betonpalen en/of vibropalen zullen over het algemeen trillingen in de ondergrond ontstaan. De mate waarin deze trillingen worden overgedragen naar belendende bebouwing en de hieruit voortvloeiende kans op schadelijke effecten is afhankelijk van een groot aantal factoren. Hierbij valt te denken aan de bodemopbouw, de afstand tot het heiwerk, het toe te passen heiblok (slagkracht en hei-energie), de funderingswijze van de belendende bebouwing (fundering op palen of fundering op staal), de bouwwijze (beton, metselwerk en/of hout) en de bouwkundige staat waarin de bebouwing zich bevindt e.d.

Gezien het grote aantal factoren welke van invloed zijn op de grootte van de optredende trillingsniveaus is het op voorhand bijzonder lastig de exact optredende trillingsniveaus aan te geven. Wel kan aan de hand van relatief eenvoudige rekenmodellen een *indicatieve predictie* worden gedaan. Door deze geprognosticeerde trillingsniveaus te toetsen aan op voorhand vastgestelde grenswaarden kan een inschatting worden gegeven over de mogelijke kans op overschrijding.

4.2 Trillingsprognose

Bij het opstellen van de trillingsprognose is gebruik gemaakt van een empirisch model conform CUR 166 (3^e druk). Met dit empirisch model kan aan de hand van een karakteristiek bodemprofiel de trillingssterkte worden berekend die met een bepaalde kans niet wordt overschreden. Het empirisch model gaat uit van eenvoudige modellen voor de emissie en transmissie van trillingen. De parameters zijn vastgesteld aan de hand van meetresultaten en literatuurgegevens. Met behulp van deze methode is het mogelijk de trillingsintensiteit te berekenen op een bepaalde afstand tot het punt waar de trillingen geïnitieerd worden.

De benodigde bodemparameters voor het model zijn in de 3^e druk van CUR 166 vastgesteld voor 3 karakteristieke bodemprofielen. Het op de projectlocatie aangetroffen bodemprofiel bestaat overwegend uit zandige kleilagen, kleiige zandlagen en vastgepakte zandlagen. Deze bodemopbouw vertoont de meeste overeenkomst met het karakteristieke bodemprofiel van "Maasvlakte". Derhalve is gekozen om de parameters van dit karakteristieke bodemprofiel te hanteren.

De verwachtingswaarde van de trillingsniveaus is onder andere afhankelijk van de hei-energie die benodigd is om de palen op diepte te krijgen. Op het moment van schrijven van dit rapport is niet duidelijk welk type heiblok toegepast gaat worden. Er is ingeschat dat een 9 tons heiblok met een valhoogte van 0,25 of 0,5 m toegepast zou kunnen worden om de palen op diepte te krijgen. In dit rapport wordt dit valblok dan ook verder uitgewerkt, waarbij de maximale hei-energie om de vibro- en prefab betonpalen op diepte te heien maximaal respectievelijk circa 22,5 om 45 kNm bedragen.

4.3 Grenswaarden trillingsniveaus

Met betrekking tot de toelaatbare trillingsniveaus is door de Stichting Bouw Research in 2010 een drietal meet- en beoordelingsrichtlijnen opgesteld waarin, per deel (A t/m C), de effecten c.q. gevolgen van de veroorzaakte trillingen worden beschreven. Richtlijn A gaat in op schade aan bouwwerken. Richtlijn B behandelt de hinder voor personen in gebouwen en in richtlijn C wordt ingegaan op storing aan apparatuur. Voor onderhavig project is richtlijn A, Schade aan bouwwerken, aan de orde. Deze richtlijn is in 2017 herzien.

Het toelaatbare trillingsniveau is afhankelijk van het type trilling, het type bebouwing en/of de funderingswijze van de bebouwing. In richtlijn A wordt onderscheid gemaakt tussen twee categorieën. Bouwwerken bestaande uit beton-, hout- en/of staalconstructies worden ingedeeld in categorie 1. Bouwwerken die opgetrokken zijn uit metselwerk worden ingedeeld in categorie 2. Daarnaast is er een extra veiligheidsfactor indien de bouwwerken als gevoelig aangemerkt worden.

Voor de fundering zijn in de SBR richtlijn aparte grenswaarden opgenomen met betrekking tot de kans op *zettingen*. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen trillingsgevoelige funderingen met een kans op zettingen en niet-trillingsgevoelige funderingen waarvoor trillingen niet kunnen leiden tot zettingen van de constructie. Deze grenswaarden zijn alleen van toepassing op trillingsgevoelige funderingen. Voor deze funderingen geldt eenzelfde veiligheidsfactor indien sprake is van een monumentaal pand.

Naast het type constructie en de funderingswijze dient met betrekking tot de bepaling van de maximaal toelaatbare trillingsniveaus eveneens rekening te worden gehouden met het type trillingsbron en de frequentie van de trillingen. Het heien van palen betreft een herhaald kortdurende trillingen, de hierbij optredende trillingsfrequentie bevindt zich hierbij over het algemeen in een orde grootte van 10 tot 20 Hz. In tabel 4.1 staat voor diverse categorieën bebouwing de maximaal toelaatbare trillingsnelheid tegen de dominante trillingsfrequentie, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen.

Tabel 4.1 Toelaatbare trillingsniveaus conform SBR richtlijn A (rekenwaarden)

Herhaald kortdurende trillingen (heien van palen)						
Maximaal toelaatbare trillingsnelheid conform SBR richtlijn A						
Trillings- frequentie [Hz]	Cat. 1 - normaal	Cat. 1 - gevoelig	Cat. 2 – normaal	Cat. 2 – gevoelig	Zetting – normaal	Zetting - gevoelig
	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]	[mm/s]
10	13,33	7,84	3,33	1,96	6,25	3,68
15	15,00	8,82	4,17	2,45	6,25	3,68
20	16,67	9,80	5,00	2,94	6,25	3,68

Wanneer later in dit rapport geadviseerd wordt een trillingsmeting uit te voeren ten tijde van het installeren van de palen, dient afhankelijk van het soort meting, de aangegeven grenswaarde door een veiligheidsfactor gedeeld te worden. Vervolgens dient gekeken te worden of de grenswaarde niet overschreden wordt, een en ander tevens in overleg met een uitvoerende partij. In onderstaande tabel 4.2 staan deze factoren aangegeven:

Tabel 4.2 Vermenigvuldigingsfactoren uitvoering conform SBR richtlijn A (rekenwaarden)

Type meting	Veiligheidsfactor	Voorbeeld grenswaarde Cat. 1 gevoelig.
Indicatieve meting	1,6	$7,84 / 1,6 = 4,90^*$
Beperkte meting	1,4	$7,84 / 1,4 = 5,60^*$
Uitgebreide meting	1,0	$7,84 / 1,0 = 7,84^*$

* *Ter indicatie.*

5 Toetsing berekende waarden versus grenswaarden

In tabel 5.1 en 5.2 is voor de belendingen aangegeven wat de verwachtingswaarde van de trillingssnelheid is, als ook wat de overschrijdingskans is van de conform SBR richtlijn A vastgestelde grenswaarden voor een slagkracht van respectievelijk 22,5 om 45 kNm. Hierbij is uitgegaan van een dominante trillingsfrequentie van 10 Hz, de kortst mogelijke afstand tussen de betreffende constructie en de trillingsbron en een funderingswijze op palen.

Er wordt voor alle belendingen vanuit gegaan dat er geen metselwerk aanwezig is, maar dat deze wel gevoelig kunnen zijn. Derhalve wordt uitgegaan van *categorie 1 – gevoelig* voor de maximale trillingssnelheid, met een grenswaarde van 7,84 mm/s.

Met betrekking tot de beoordeling of een overschrijding toelaatbaar/acceptabel is, wordt een overschrijdingskans van maximaal 5% gehanteerd. Er dient door middel van een risicoanalyse geanalyseerd te worden of bij een dergelijke overschrijdingskans het risico op schade aanvaardbaar klein is.

Tabel 5.1 Overschrijdingskansen grenswaarde SBR richtlijn A 'Schade aan bouwwerken' aan belendende bebouwing – slagkracht 22,5 kNm

Verwachte overschrijdingskansen slagkracht 22,5 kNm								
Belendende bebouwing (zie figuur 2.1)	Minimale afstand [m]	Categorie (SBR A)	Grens- waarde [mm/s]	Berekende horizontale trillingssnelheid [mm/s]				
				50%	10%	5%	1%	Kans
Bedrijfspannd Mourik Vlissingen	30	1	7,84	2,44	3,67	4,09	5,07	<1%
Loods Mourik Vlissingen	33	1	7,84	2,33	3,50	3,90	4,83	<1%
Veld zonnepanelen	47	1	7,84	1,95	2,94	3,27	4,05	<1%
Dijklichaam	67	1	7,84	1,63	2,46	2,74	3,39	<1%
Silo's Zeeland Refinery	360	1	7,84	0,70	1,06	1,18	1,46	<1%

Tabel 5.2 Overschrijdingskansen grenswaarde SBR richtlijn A 'Schade aan bouwwerken' aan belendende bebouwing – slagkracht 45 kNm

Verwachte overschrijdingskans slagkracht 45 kNm								
Belendende bebouwing (zie figuur 2.1)	Minimale afstand [m]	Categorie (SBR A)	Grenswaarde [mm/s]	Berekende horizontale trillingssnelheid [mm/s]				
				50%	10%	5%	1%	Kans
Bedrijfspannd Mourik Vlissingen	30	1	7,84	3,45	5,20	5,78	7,17	<1%
Loods Mourik Vlissingen	33	1	7,84	3,29	4,96	5,52	6,83	<1%
Veld zonnepanelen	47	1	7,84	2,76	4,15	4,62	5,73	<1%
Dijklichaam	67	1	7,84	2,31	3,48	3,87	4,80	<1%
Silo's Zeeland Refinery	360	1	7,84	1,00	1,50	1,67	2,07	<1%

Zoals blijkt uit zowel tabel 5.1 als 5.2 geldt dat voor alle belendingen is de kans op overschrijden van de grenswaarde minder dan 1% bedraagt, ongeacht de slagkracht.

Opgemerkt wordt dat voor deze trillingspredictie uit is gegaan van een ingeschatte valhoogte van maximaal 0,25 en 0,5 m (slagkracht van maximaal respectievelijk 22,5 om 45 kNm). Indien tijdens de uitvoering wordt gekozen voor een grotere valhoogte, zal dit resulteren tot een grotere kans op overschrijding van de grenswaarden.

6 Conclusies en aanbevelingen

Met betrekking tot de beoordeling of de trillingen toelaatbaar/acceptabel zijn, wordt een kans van overschrijding van de grenswaarde van maximaal 5% gehanteerd.

Bij deze indicatieve trillingspredictie is berekend dat voor alle belendingen de kans op overschrijden van de grenswaarde minder dan 1% bedraagt. In alle gevallen worden dan ook geen aanvullende maatregelen geadviseerd.

Opgemerkt wordt dat voor deze trillingspredictie uit is gegaan van een ingeschatte valhoogte van maximaal 0,25 en 0,5 m bij een valblok van 9 ton (slagkracht van maximaal respectievelijk 22,5 om 45 kNm). Indien tijdens de uitvoering wordt gekozen voor een grotere valhoogte of type heiblok, zal dit resulteren tot een grotere kans op overschrijding van de grenswaarden.

Verder willen we benadrukken dat de geprognosticeerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de verwachte overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de daadwerkelijk optredende trillingen vast te stellen. Indien gewenst kunnen wij voor het naastgelegen pand een monitoringplan opstellen, voor de gewenste meetintensiteit (indicatief of beperkt).

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het beschreven bouwplan of in de in dit rapport gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen.

