

Onderzoek Trillingen

Dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

**STERKE  
LEKDIJK**

Irenesluis - Culemborgse Veer



HOOGHEEMRAADSCHAP  
DE STICHTSE  
RIJNLANDEN

# Onderzoek trillingen

## Dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Poldermolen 2  
3994 DD Houten

030 634 57 00 **T**  
sterkelekdijk@hdsr.nl **E**  
hdsr.nl/sterkelekdijk **W**



**STERKE  
LEKDIJK**

Titel:

Kenmerk:

Versie:

Datum:

Projectnaam:

Projectnummer:

Opgesteld door:

Gecontroleerd door:

Datum/initialen:

Vrijgegeven door:

Datum/initialen:

# Colofon

## Metadata (functionaliteit nog niet beschikbaar):

Werkpakket:

MIDP:

Documenttype DM:

Controleur(s):

Startdatum:

Autorisator:

Auteur(s):

DM-Nummer:

Documentniveau:

Relatics ID:

## Vrijgave:

Functie	Naam	Paraaf
---------	------	--------

## Revisie:

Revisie	Omschrijving	Datum
0.1	<i>Concept</i>	17-12-2025
0.2.	<i>Eindconcept</i>	06-03-2026

## **Inhoudsopgave**

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding Dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer	5
1.2	Onderzoek trillingen	5
<b>2</b>	<b>Beleidskader</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Huidige situatie en autonome ontwikkeling</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Wijze van effectbeoordeling</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Effectbeoordeling</b>	<b>12</b>
5.1	Relevante ingrepen in aanlegfase	12
5.2	Uitgangspunten en rekenmethode	12
5.3	Rekenresultaten	14
<b>6</b>	<b>Verplichte mitigerende en compenserende maatregelen en monitoring</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Kennisleemten</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>20</b>
	<b>Bijlage 1: Weergave trillingsrisicoanalyse</b>	<b>21</b>
	<b>Bijlage 2: Weergave invloedssfeer hinder en schade waterveiligheid</b>	<b>22</b>
	<b>Bijlage 3: Weergave invloedssfeer hinder en schade GOP</b>	<b>23</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding Dijkversterking Irenesluis – Culemborgse Veer

In het programma Sterke Lekdijk werkt Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) aan het versterken van de Lekdijk tussen Amerongen en Schoonhoven over een lengte van 55 kilometer. De dijk is 900 jaar oud en beschermt een groot deel van Midden- en West-Nederland tegen hoge waterstanden op de Lek en Nederrijn.

Sinds 1 januari 2017 gelden nieuwe veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen. Voor het normtraject 44-1, waarvan de dijk tussen Irenesluis en het Culemborgse Veer deel uitmaakt, geldt de maximale toelaatbare overstromingskans van 1/10.000 per jaar. HDSR heeft de taak om de dijk aan de geldende normen voor waterveiligheid te laten voldoen.

Het programma Sterke Lekdijk is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma en is verdeeld in zeven deelprojecten van oost naar west:

- Wijk bij Duurstede – Amerongen;
- **Irenesluis – Culemborgse Veer;**
- Culemborgse Veer – Beatrixsluis;
- Nieuwegein;
- Jaarsveld – Klaphek;
- Salmsteke;
- Salmsteke – Schoonhoven.

Het traject Irenesluis - Culemborgse Veer (ICU), dat ten westen ligt van Wijk bij Duurstede, is 9,9 kilometer lang. Het traject ICU voldoet lokaal niet aan de aangescherpte veiligheidsnormen voor het faalmechanisme piping en stabiliteit. Versterking is daarom noodzakelijk.

Omdat de dijkversterking Irenesluis- Culemborgse Veer belangrijke nadelige milieugevolgen kan hebben is besloten om de mer-procedure te volgen en een MER op te stellen.

## 1.2 Onderzoek trillingen

Deze notitie beschrijft de effecten van de dijkversterking langs het traject Irenesluis – Culemborgse Veer op het thema trillingen. Het vormt een bijlage van het MER.

Werkzaamheden ten behoeve van de dijkversterking en bijbehorende verbetermaatregelen zullen trillingen veroorzaken. Tijdens de realisatie van de dijkversterking zou er een verhoogde mate van trillinghinder en kans op schade kunnen ontstaan ter plekke van woningen.

De gebruiksfase wordt niet behandeld, omdat er daarin o.a. geen wijzigingen van de trillingen zullen zijn ten opzichte van de autonome situatie.

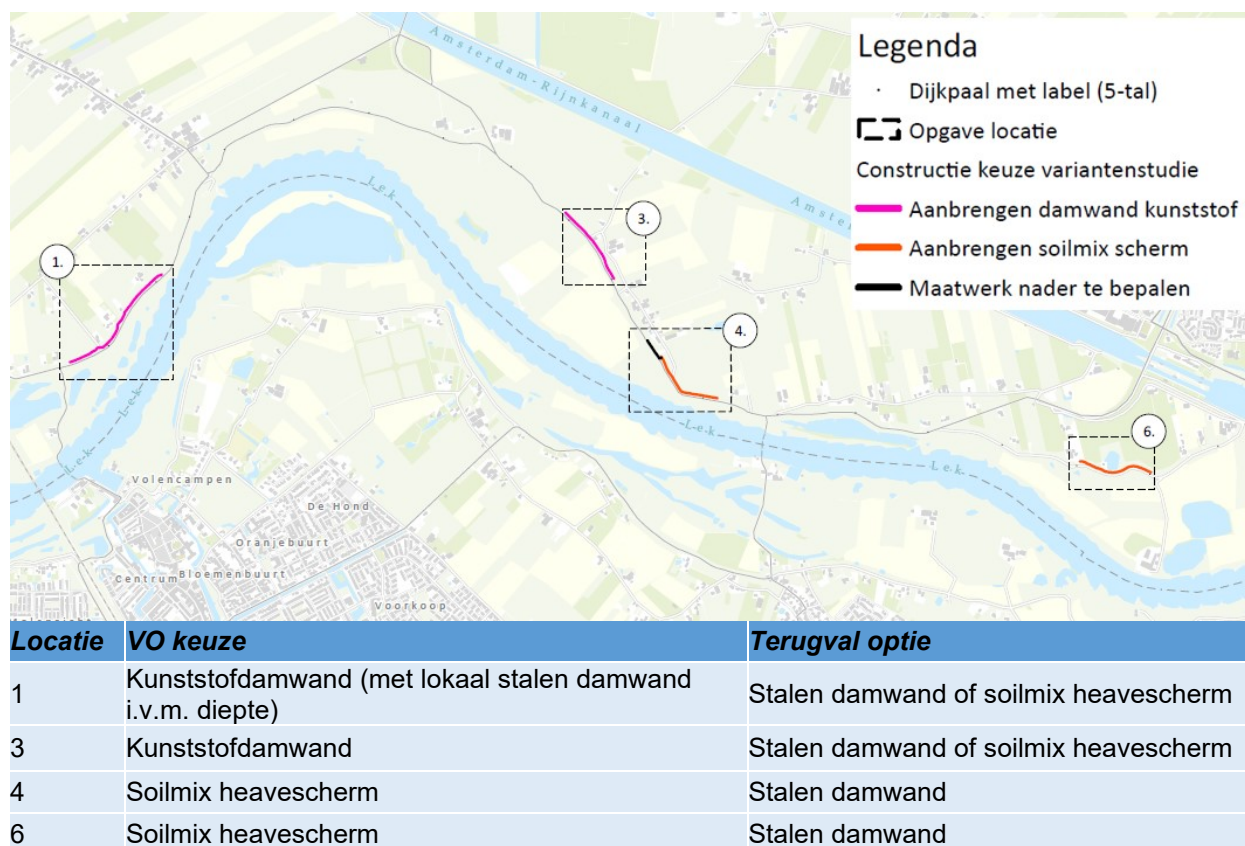
Het is gewenst om, middels een invloedssfeer, globaal vast te stellen welke objecten en woningen binnen de invloedssfeer liggen.

Bij de werkzaamheden wordt de dijk opgedeeld in verschillende locaties. Relevant zijn de locaties 1, 3, 4 en 6.

Locatie	VO keuze	Terugval optie
1	Kunststofdamwand (met lokaal stalen damwand i.v.m. diepte)	Stalen damwand of soilmix heavescherm

3	Kunststofdamwand	Stalen damwand of soilmix heavescherm
4	Soilmix heavescherm	Stalen damwand
6	Soilmix heavescherm	Stalen damwand

Figuur 1-1 geeft een overzicht van de locaties. Bij de locaties worden verschillende werkzaamheden verricht. De berekeningen worden uitgevoerd voor de locaties waar de betreffende werkzaamheden worden uitgevoerd.



Figuur 1-1: Overzicht constructies op de scopelocaties

## 2 Beleidskader

Er is geen vast kader voor het beoordelen van het aspect trillingen vanwege werkzaamheden in de open lucht in de MER fase van een project.

Het juridisch kader voor trillingen in de aanlegfase wordt voor hinder bepaald door de Omgevingswet. Hierin wordt verwezen naar de SBR B richtlijn "Hinder voor personen in gebouwen". Naast het juridisch kader voor hinder geeft de jurisprudentie aan voor schade de SBR A richtlijn "Schade aan gebouwen" van belang is. Onderstaand wordt ingegaan op beide richtlijnen.

### Normstelling hinder voor personen: Bouw- en sloopwerkzaamheden aan een bouwwerk

In afdeling 7.1 'Bouw- en sloopwerkzaamheden aan bouwwerken' van het Artikel 7.18 van het Bbl bepaalt dat voldaan moet worden aan de waarden voor trillingen uit Tabel 2-1 van de Meet- en Beoordelingsrichtlijn, deel B, 'Hinder voor personen in gebouwen 2006' (SBR-richtlijn). Deze waarden zijn van toepassing op de volgende trillinggevoelige ruimten van trillinggevoelige gebouwen:

- verblijfsgebied van een woonfunctie
- bijeenkomstfunctie voor kinderdagopvang
- gezondheidszorgfunctie
- onderwijsfunctie

### Maatwerkvoorschrift en beste beschikbare technieken

In concrete gevallen kan het bevoegd gezag met een afwijken van de regels (artikel 7.5 Bbl). Een maatwerkvoorschrift kan de regels over trillingen alleen versoepelen, niet strenger maken (artikel 7.5, lid 2 Bbl). Dit geldt voor de dagwaarden, blootstellingsduur, tijdstippen en perioden (7.23, lid 1 Bbl). Daarbij geldt dat voor trillingen altijd de beste beschikbare technieken verplicht zijn (artikel 7.23, lid 2 Bbl).

*Tabel 2-1: Meet- en Beoordelingsrichtlijn, deel B streefwaarden in de dagperiode voor continu of herhaald voorkomende trillingen gedurende een korte periode*

duur D van de activiteiten gedurende korte periode								
D ≤ 1 dag			6 dagen < D ≤ 26 dagen			26 dagen < D ≤ 78 dagen		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
0,8	6	0,4	0,4	6	0,3	0,3	6	0,2

Uitgangspunt is dat de werkzaamheden die relevante trillingen met zich meebrengen vanuit het perspectief van een woning tussen de 6 en 26 dagen duren. Hiermee bedragen de streefwaarden A1 0,4 [--] de A2 6 [--] en de A3 0,1 [--]. Bij deze waarden worden de volgende opmerkingen geplaatst: de waarde van de maximale trillingssterkte van de ruimte (V<sub>max</sub>) dient kleiner te zijn dan A1, of; de waarde van de maximale trillingssterkte dient kleiner te zijn dan de waarde A2 én de trillingssterkte over de beoordelingsperiode (V<sub>per</sub>) dient kleiner te zijn dan de waarde A3.

Voor de bepaling van de invloedssfeer gaan we als worst case benadering uit van de A1 waarde. Dit houdt in dat ten aanzien van objecten binnen de invloedssfeer alleen geconcludeerd dat deze mogelijk niet aan de normstelling voldoen. Immers als er vervolgens wel aan de A2 en A3 waarde wordt voldaan

dan wordt alsnog aan de normstelling voldaan. Dit vergt echter een meer gedetailleerde berekening op woningniveau voor alle woningen. Dit valt in dit onderzoek buiten de scope.

Indien de maximale trillingssterkte tijdens bouwactiviteiten (of vergelijkbaar) rondom woningen of andere trillingsgevoelige objecten boven de streefwaardes komt die gedefinieerd zijn in het Besluit Bouwwerken Leefomgeving is een ontheffing nodig om de werkzaamheden uit te kunnen voeren. Uitgangspunt van deze regelgeving is om de trillingshinder tijdens bouw- en sloopwerkzaamheden zoveel mogelijk te beperken.

Bij de aanvraag van de Omgevingsvergunning dient de aanvrager aan te tonen hoe hinder zoveel mogelijk wordt voorkomen tijdens de realisatie van de werkzaamheden. Indien de dagwaarden overschreden worden kan het bevoegd gezag hiervoor een ontheffing verlenen.

### Normstelling schade aan gebouwen

Voor schade is de topwaarde van de trillingssterkte  $V_{top}$  relevant. Deze schade trillingssterkte  $V_{top}$  wordt uitgedrukt in mm/s.

De trillingen van bouwkundige objecten worden getoetst aan SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel A schade aan gebouwen, welke in 2002 door Stichting Bouw Research is uitgebracht. In 2017 is de richtlijn herzien. In SBR-richtlijn A worden grenswaarden voor maximaal aanvaardbare trillingen vermeld, teneinde schade aan gebouwen zoveel mogelijk te voorkomen. Deze grenswaarden dienen afhankelijk van de meetwijze en het type trilling te worden gedeeld door veiligheidsfactoren, teneinde de maximum toelaatbare trilling vast te stellen waarbij nog wordt voldaan aan de richtlijn. In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen drie categorieën bouwwerken en tussen drie typen trillingsbronnen. Afhankelijk van de kwaliteit wordt een bouwwerk ingedeeld in één van de volgende categorieën:

**Categorie 1:** In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Onderdelen van een bouwwerk, die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.

Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, welke bestaan uit metselwerk, zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke. Volgens de richtlijn zijn gebouwen gemaakt uit staal in het algemeen minder kwetsbaar dan gebouwen in categorie 1. Onderdelen bestaande uit staal of voorgespannen beton kunnen in categorie I worden ingedeeld, waarbij moet worden bedacht dat de mate waarin deze onderdelen tegen de effecten van trillingen bestand zijn aanzienlijk groter is dan de grenswaarden die hierna voor deze categorie zijn gegeven.

**Categorie 2:** In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk. In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw, die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechter staat verkerende onderdelen van gebouwen. Omstandigheden die duiden op een slechte bouwkundige staat zijn bijvoorbeeld: reeds aanwezige scheurvorming, kieren, sterke vervormingen, verzakkingen en scheefstand van een gebouw. De gebouwen in Nederland waarin wordt gemeten bestaan meestal uit metselwerk, zodat deze

gebouwen in het algemeen in categorie 2 vallen. Wanneer het monumentale panden betreft, dan wel dat de gebouwen in zeer slechte staat van onderhoud verkeren, vallen ze in categorie 2 waarbij een veiligheidsfactor van 1,7 wordt toegepast zodat er een lagere grenswaarde wordt gehanteerd.

Aangenomen wordt dat de bouwkundige objecten voor het grootste gedeelte worden geplaatst in categorie 2. Er wordt voor deze objecten uitgegaan van de laagste voorkomende relevante grenswaarden voor een categorie 2 object "gebouwen uit metselwerk".

Afhankelijk van de trillingsbron wordt onderscheid gemaakt in de volgende drie typen trillingsbronnen:

- Type 1: Bronnen die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken door een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering, dat vermoeiing van constructiematerialen niet kan optreden. Voorbeelden: explosies en botsingen. Type 2: Bronnen, die herhaalde kortdurende trillingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden verstaan bronnen, die zo vaak voorkomen, dat vermoeiingseffecten in bouwmaterialen kunnen voorkomen. Voorbeelden: heiwerkzaamheden en bouwverkeer.
- Type 3: Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld of waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden.

Damwand trillen is een continue trilling in het licht van de beoordelingssystematiek. Grondverdichten met een trilwals is een continue trilling in het licht van de beoordelingssystematiek. Trillingen ten gevolge van Shovels Hydraulische kranen en dumpers en vrachtwagens zijn herhaald kortdurende trilling in het licht van de beoordelingssystematiek.

In Richtlijn A zijn toetsingswaarden opgenomen ter voorkoming van schade aan de draagconstructie, fundering en elementen van het bouwwerk.

Voor een categorie 2 object bedraagt de schade grenswaarde voor fundering en begane grond ten minste 5 mm/s. De rekenwaarde van de grenswaarde bedraagt voor herhalen korte trillingen (sloop) 3,33 mm/s. De rekenwaarde van de grenswaarde bedraagt voor continue trillingen (bouw) 2 mm/s. De grenswaarde voor een trillingsgevoelige fundering is minder maatgevend dan de grenswaarde voor het gebouw.

### 3 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

In het onderzoek wordt alleen de aanlegfase beschouwd. In de gebruiksfase treedt er geen verandering of effect als gevolg van de dijkmaatregelen op. In de omgevingswet is expliciet opgenomen dat verkeers-trillingen niet onderhevig zijn aan de beoordelingssystematiek voor trillingen. De ligging van de verkeers-wegen verandert bovendien niet, en ook de verkeersintensiteiten zullen niet wijzigen. De gebruiksfase is derhalve buiten beschouwing gelaten.

De te verrichten werkzaamheden in de realisatiefase zijn tijdelijk van aard. Een vergelijking met de huidige situatie of met autonome ontwikkelingen is niet aan de orde.

## 4 Wijze van effectbeoordeling

Voor het milieuaspect trillingen worden worst case berekeningen uitgevoerd (kwantitatieve benadering) Onderstaande tabel geeft de gehanteerde beoordelingsschaal weer.

Beoordelingscriteria	Interpretatie beoordelingsscore				
	+	0	-	--	---
Wonen, werken en landbouw					
Trillingshinder	N.v.t.	Geen effect	Lichte trillingshinder mogelijk, geen schade verwacht	Trillingshinder mogelijk, schade verwacht.	N.v.t.

Om te bepalen of er sprake is van trillingshinder of mogelijke schade is het aantal objecten bepaald dat binnen de invloedssfeer voor hinder dan wel schade ligt. Dit is bepaald door middel van een GIS analyse.

Als een object binnen de invloedssfeer voor schade ligt is er sprake van een verhoogde kans op schade. Aangezien schade een blijvend effect is is dit als “sterk negatief” (--) geclassificeerd. Als een woning binnen de invloedssfeer voor hinder ligt is er sprake van een verhoogde kans op hinder. Aangezien hinder een tijdelijk effect is is dit als “negatief” geclassificeerd (-).

## 5 Effectbeoordeling

### 5.1 Relevante ingrepen in aanlegfase

De volgende relevante locaties worden doorgerekend (zie

Locatie	VO keuze	Terugval optie
1	Kunststofdamwand (met lokaal stalen damwand i.v.m. diepte)	Stalen damwand of soilmix heavescherm
3	Kunststofdamwand	Stalen damwand of soilmix heavescherm
4	Soilmix heavescherm	Stalen damwand
6	Soilmix heavescherm	Stalen damwand

Figuur 1-1):

- Locatie 1: Steenwaard Oost;
- Locatie 3: Den Oord;
- Locatie 4: Beusichemse Veer Den Oord;
- Locatie 6: Bosscherwaarden (oost)

### 5.2 Uitgangspunten en rekenmethode

#### 5.2.1 Uitgangspunten

Op basis van de diverse benodigde werkzaamheden voor de verschillende oplossingen is de inzet van de volgende machines relevant voor het aspect trillingen:

- Damwand constructie
  - Trilblok planken 2335VM
- Grondoplossing
  - Alle machines mogelijk
- Grondgebonden oplossingen
  - Trilblok/Trilwals;
  - Shovel;
  - Bulldozer;
  - Hydraulische kraan;
  - Vrachtwagen;
  - Dumper/trekker.

Het type trilblok kan als een relatief zwaar trilblok en derhalve als worst case aanname worden beschouwd. Voor de berekeningen zijn de onderstaande kentallen gehanteerd.

Tabel 5-1: Overzicht kentallen bronnen

Methode	Relevante materieel	Referentie	Afstand tot de bron	Bron
Damwand oplossing	Hoogfrequent damwandtrillen met een trilblok	--	--	Methode CUR 166

Methode	Relevante materieel	Referentie	Afstand tot de bron	Bron
	Slagkracht 2000 kN			
Damwand oplossing	Hoogfrequent damwandtrillen met een trilblok Slagkracht 1150 kN	--	--	Methode CUR 166
Grond werkzaamheden	Trilwals	$V_{top}$ 3,8 [mm/s] $V_{max}$ 2,5 [--]	7 m	Archief RHDHV
	Shovel, Buldozer	$V_{max}$ 0,85 [--]	7 m	Archief RHDHV
	Hydraulische kraan	$V_{top}$ 2,5 [mm/s] $V_{max}$ 1 [--]	7 m	Archief RHDHV
	Dumper Vrachtwagen op bouwweg met stalen platen snelheid circa 20 kmh	$V_{max}$ 0,85 [--]	7 m	Archief RHDHV

De maatgevende bron voor de oplossing damwandconstructie is het intrillen van damwanden. De maatgevende bron voor de binnen- en buitendijkse grond oplossing is de inzet van de trilwals.

De kental metingen aan de trilwals is op een locatie in Zeewolde gemeten. De lokale bodemopbouw in Zeewolde kan als een bodem met veenachtige lagen worden gekenmerkt. De bodemopbouw van de dijkversterking Irenesluis-Culemborgse Veer kan als rivierafzetting met klei en zandlagen worden gekenmerkt. Dit betekent dat het kental voor de dijkversterking als een worst case benadering kan worden gekenmerkt.

Er wordt uitgegaan van een duur van werkzaamheden welke relevante trillingen met zich meebrengen vanuit het perspectief van een woning van 6-26 dagen. Hiermee bedraagt de streefwaarden A1 0,4 [--] de A2 6 [--] en de A3 0,1 [--].

### 5.2.1 Rekenmethode

Op basis van de referentie trillingssterkte is de theoretische overdracht op basis van de empirische formule van Barkan voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte bepaald. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan [1].

$$V_R = V_{R0} * \left[ \frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

- $V_R$  trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
- $V_{R0}$  referentie trillingssterkte (m/s) op een afstand  $R_0$  van de bron;
- R afstand tussen immisiepunt en de bron;

- $R_0$  afstand tussen meetpunt en de bron;
- $\alpha$  materiaaldemping in de bodem (1/m);
- $n$   $n = 1$  tot  $2$  voor P- en S-golven;  
 $n = 0.5$  voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven ( $n = 0.5$ ) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven. Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%).

De bodemopbouw van het achterland kan als een bodemopbouw van een rivierafzetting met klei en zand worden gekarakteriseerd. Dit vertoont de meeste overeenkomst met het standaard bodemopbouw Tiel een rivierafzetting met klei en zand conform de CUR 166. Op basis van de publicatie Trillingen van Sdu Dr. R.E. Noorman en Y.K. Wijnia wordt voor kleiachtige bodems een materiaal demping in de bodem van  $0,03 \text{ } [--]$  gehanteerd voor 30 t/m 40 Hz.

### 5.3 Rekenresultaten

Bij trillingsberekeningen kan onderscheid worden gemaakt tussen een invloedssfeer voor risico op schade en een invloedssfeer voor hinder tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. Beide invloedssferen zijn bepaald op basis van berekeningen en weergegeven in Tabel 5-2.

In de berekeningen is voor het damwand zetten de beheerstrook van de dijk aangehouden. De exacte locatie van de damwand was ten tijde van het uitvoeren van de trillingsberekeningen nog niet bekend. Voor het grondwerk is het gehele werkgebied in het dijkvak gehanteerd.

Tabel 5-2: Overzicht invloedssferen

Trillingsbron	Invloedssfeer [m] 5% Risico op schade Monumentaal object (cat 2)	Invloedssfeer [m] 5% Risico op schade (cat 2)	Invloedssfeer [m] 5% Hinder (A1=0,4)
1 Rijden shovels / vrachtwagens / dumper op bouwweg	--	--	20 m
2 Grondwerk	8 m	3 m	43 m
3 Stalen damwand trillen (2000 kN)	35 m*	21 m*	102 m
4 Kunststof damwand trillen (1150 kN)	23 m*	13 m*	90 m
5 hydraulische kraan soilmixwand	--	--	22 m

De invloedssfeer voor risico op schade is de afstand waarbij wordt voldaan aan de rekenwaarde van de grenswaarde voor een categorie 2 object. Dit zijn in goede staat verkerende gebouwen met een draagconstructie die bestaat uit metselwerk. Tevens is de invloedssfeer voor een monumentaal object weergegeven.

In Tabel 5-2 is te zien dat de invloedssfeer voor risico op schade voor een categorie 2 object voor grondwerk 3 m is en die voor het trillen van stalen damwand 21 m. In de tabel zijn de invloedsafstanden voor een slagkracht van 2000 en 1150 kN weergegeven.

De invloedssfeer voor hinder is de afstand waarbij voldaan wordt aan de A1 streefwaarde voor woningen (0,4) voor trillingen gedurende een korte periode. In Tabel 5-2 is te zien dat de invloedssfeer voor hinder voor grondwerk 43 m is en die voor het trillen van stalen damwand 102 m.

In bijlage 2 en 3 zijn de kaarten met de invloedssferen van de locaties weergegeven. Voor de monumenten zijn factsheets opgesteld in de MER (MER bijlage 4) waarin de invloedssferen per monument zijn aangegeven.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gepresenteerde invloedssfeer voor hinder bepaald wordt door de trillingsemmissie van de maatgevende bron. De methode CUR166 houdt hierbij geen rekening met gelijktijdigheid inzet van meerdere trillingsbronnen. Er wordt daarmee uitgegaan van de aanname dat vanuit het perspectief van een woning een trillingsbron bepalend is voor de trillingsemmissie.

In Tabel 5-3 zijn de aanwezige gebouwen en woningen binnen de invloedssfeer weergegeven van de constructie soort zoals opgenomen in het VO. Een gebouw dat ook een monument is, is in onderstaande gebouw opgenomen in de kolom 'gebouw binnen invloedssfeer schade (cat. 2) monumentaal'. Deze objecten worden niet nogmaals meegenomen in de kolom 'gebouw binnen invloedssfeer schade (cat. 2)'. Deze objecten worden niet nogmaals meegenomen in de kolom 'gebouw binnen invloedssfeer schade (cat. 2)'.

*Tabel 5-3: Aanwezige gebouwen en woningen binnen de invloedssfeer van de VO constructie*

	Aantal gebouwen binnen 150 m	waarvan woningen binnen 150 m	Gebouw binnen invloedssfeer schade (cat 2) monumentaal	Gebouw binnen invloedssfeer schade (cat 2)	Woning binnen invloedssfeer hinder
Locatie 1 damwandkunststof en klein deel staal	22	6	0	0	6
Locatie 3 damwand kunststof	20	5	1	0	2
Locatie 4 soilmix heavescherm, klein deel damwand staal	16	7	1	0	3
Locatie 6 soilmix heavescherm	13	3	0	0	2
GOP	177	55	1	0	9

In Tabel 5-4 zijn de aanwezige gebouwen en woningen binnen de invloedssfeer weergegeven van de worstcase terugval optie constructies.

*Tabel 5-4: Aanwezige gebouwen en woningen binnen de invloedssfeer van de worstcase terugval optie constructies*

	Aantal gebouwen binnen 150 m	waarvan woningen binnen 150 m	Gebouw binnen invloedssfeer schade (cat 2) monumentaal	Gebouw binnen invloedssfeer schade (cat 2)	Woning binnen invloedssfeer hinder
Locatie 1 damwand staal	22	6	0	0	6
Locatie 3 damwand staal	20	5	1	0	2
Locatie 4 damwand staal	16	7	1	0	5
Locatie 6 damwand staal	13	3	1	0	3
GOP	177	55	1	0	9

Er liggen een beperkt aantal objecten binnen de invloedssfeer voor schade. Er liggen een relevant aantal woningen binnen de invloedssfeer voor hinder.

In Tabel 5-5 is weergegeven voor hoeveel objecten of woningen er sprake is van een verhoogde kans op hinder. Het betreffen gebouwen die binnen de invloedssfeer van hinder liggen. Omdat hinder een tijdelijk effect is, is dit als negatief geclassificeerd. Daarnaast is aangegeven voor hoeveel objecten er sprake is van een verhoogde kans op schade. Dit is het geval wanneer een object binnen de invloedssfeer voor schade ligt. Aangezien schade blijvend is, is dit effect als "sterk negatief" geclassificeerd (- -).

De gehanteerde normstelling voor trillingshinder in de aanlegfase is gebaseerd op tijdelijkheid vanuit het perspectief van de woning. Aan de tijdelijkheid is een verhoogde normstelling gekoppeld. In de woningen binnen de invloedssfeer voor hinder zal een verhoogde mate van hinder worden ervaren. De mate van verhoging op woningniveau is niet bepaald of bekend.

*Tabel 5-5: Beoordeling effect trillingen*

Locatie	Constructie	Aantal objecten of woningen binnen invloedssfeer		Beoordeling
		Verhoogde kans op hinder	Verhoogde kans op schade	
Locatie 1	VO: damwand kunststof, staal	6	0	-
Locatie 1	Terugval optie: damwand staal	6	0	-
Locatie 3	VO: damwand kunststof	2	0	-
Locatie 3	Terugval optie: damwand staal	2	1	- -
Locatie 4	VO: soilmix heavescherm	3	1	- -

Locatie	Constructie	Aantal objecten of woningen binnen invloedssfeer		Beoordeling
		Verhoogde kans op hinder	Verhoogde kans op schade	
Locatie 4	Terugval optie: damwand staal	5	1	--
Locatie 6	VO: soilmix heavescherm	2	0	-
Locatie 6	Terugval optie: damwand staal	3	1	--
GOP	-	9	1*	--

\*Dit gebouw ondervindt ook kans op hinder en schade bij locatie 4. De kans op hinder en schade zal groter zijn bij de waterveiligheidsopgave dan het uitvoeren van het GOP.

Hiermee wordt het effect voor trillingen in de aanlegfase voor de omgeving voor locatie 1 en 6 als negatief beoordeeld en voor de overige locaties als sterk negatief.

## 6 Verplichte mitigerende en compenserende maatregelen en monitoring

Voor het voorliggende trillingsonderzoek is een worst case benadering gevolgd voor de effect bepaling. Aangezien er een relevant aantal woningen binnen de invloedssfeer voor hinder liggen zal op een later moment mogelijk ontheffing conform Artikel 7.23 van het Bbl moeten worden aangevraagd.

Hiervoor dient nadat alle projectkeuzes, in te zetten technieken en planning keuzes zijn gemaakt een meer gedetailleerd vervolgonderzoek trillingen op woningniveau te worden uitgevoerd. Er dienen dan trillingsarmere mitigerende technieken zoals bijvoorbeeld damwand drukken (silent piler) te worden overwogen en te worden getoetst aan het best beschikbare techniek (BBT) criterium.

Indien na mitigatie afwegingen er nog steeds woningen in de invloedssfeer liggen dient specifiek voor adressen en perioden ontheffing te worden aangevraagd.

## 7 Kennisleemten

Er is in deze fase van het project nog niet gedetailleerd bekend welke technieken en gedurende welke perioden wordt ingezet, wat de technische gegevens daarvan zijn, en wat de gelijktijdigheid is van het diverse materieel.

## 8 Conclusie

In paragraaf 5.3 is zijn de effecten numeriek weergegeven. De gehanteerde normstelling voor trillingshinder in de aanlegfase is gebaseerd op tijdelijkheid. Aan de tijdelijkheid is een verhoogde normstelling gekoppeld in de Omgevingswet. In de woningen binnen de invloedssfeer voor hinder zal tijdelijk een verhoogde mate van hinder worden ervaren. De mate van verhoging is niet bepaald of bekend. Hiermee wordt het effect voor trillingen in de aanlegfase voor de omgeving als negatief en sterk negatief beoordeeld.

Voor het voorliggende trillingsonderzoek is een worst case benadering gevolgd voor de effect bepaling. Aangezien er een relevant aantal woningen binnen de invloedssfeer voor hinder liggen zal op een later moment mogelijk ontheffing conform Artikel 7.23 van het Bbl moeten worden aangevraagd.

Hiervoor dient in een latere fase nadat alle projectkeuzes, in te zetten technieken en planning zijn gemaakt een meer gedetailleerd vervolgonderzoek trillingen op woningniveau te worden uitgevoerd. Er dienen dan trillingsarmere mitigerende technieken zoals bijvoorbeeld damwand drukken (silent piler) te worden overwogen en te worden getoetst aan het best beschikbare techniek (BBT) criterium.

Indien na mitigatie afwegingen er nog steeds woningen in de invloedssfeer liggen dient specifiek voor adressen en perioden ontheffing te worden aangevraagd. Wij achten de plannen in de huidige vorm, gezien het milieuaspect trillingen en de beschikbare mitigatie, uitvoerbaar.

## Bijlage 1: Weergave trillingsrisicoanalyse

## **Bijlage 2: Weergave invloedssfeer hinder en schade waterveiligheid**

## **Bijlage 3: Weergave invloedssfeer hinder en schade GOP**