

# Overzicht trillingseffecten dijkversterking Zwolle-Olst

|                     |                                          |
|---------------------|------------------------------------------|
| Projectnummer       | P0020293                                 |
| Projectomschrijving | Dijkversterking IJsseldijk Zwolle - Olst |
| Documentnummer      | 20293-RAP-01243                          |
| Versienummer        | 2.0                                      |
| Versiedatum         | 28 maart 2024                            |

## Naam en paraaf

| Opsteller | Gecontroleerd | Vrijgegeven |
|-----------|---------------|-------------|
|           |               |             |
|           |               |             |
|           |               |             |
|           |               |             |

## Documenthistorie

| Revisienummer | Revisiedatum | Omschrijving                                  |
|---------------|--------------|-----------------------------------------------|
| 1.0           | 5-12-2023    | Definitief                                    |
| 2.0           | 28-3-2024    | Definitief na digitale toegankelijkheidscheck |
|               |              |                                               |
|               |              |                                               |

## Distributielijst

| Kopie | Revisiedatum | Omschrijving |
|-------|--------------|--------------|
| 1     |              |              |
| 2     |              |              |
| 3     |              |              |
| 4     |              |              |



|       |                                                                                         |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Inleiding                                                                               | 4  |
| 2.    | Uitgangspunten                                                                          | 7  |
| 2.1   | Beschouwde activiteiten                                                                 | 7  |
| 2.1.1 | Trillingsprognose [ref 1]                                                               | 7  |
| 2.1.2 | Rapportage trillings- en geluidmetingen rijplatenbaan [ref 2]                           | 7  |
| 2.1.3 | Rapportage trillings- en geluidsmetingen maakbaarheidsproef kunststof damwanden [ref 3] | 8  |
| 2.1.4 | Trillingsprognose Sondeermachines [ref 4]                                               | 8  |
| 2.1.5 | Trillingsprognose gronddepots [ref 5]                                                   | 8  |
| 2.2   | Beoordelingsmethode                                                                     | 8  |
| 2.2.1 | SBR-A                                                                                   | 8  |
| 2.2.2 | Kritische afstand                                                                       | 9  |
| 2.2.3 | Bepaling grenswaarde                                                                    | 9  |
| 2.2.4 | Onderzochte situaties                                                                   | 10 |
| 3.    | Resultaten                                                                              | 11 |
| 3.1   | Kritische afstand per activiteit                                                        | 11 |



# 1. Inleiding

## Aanleiding

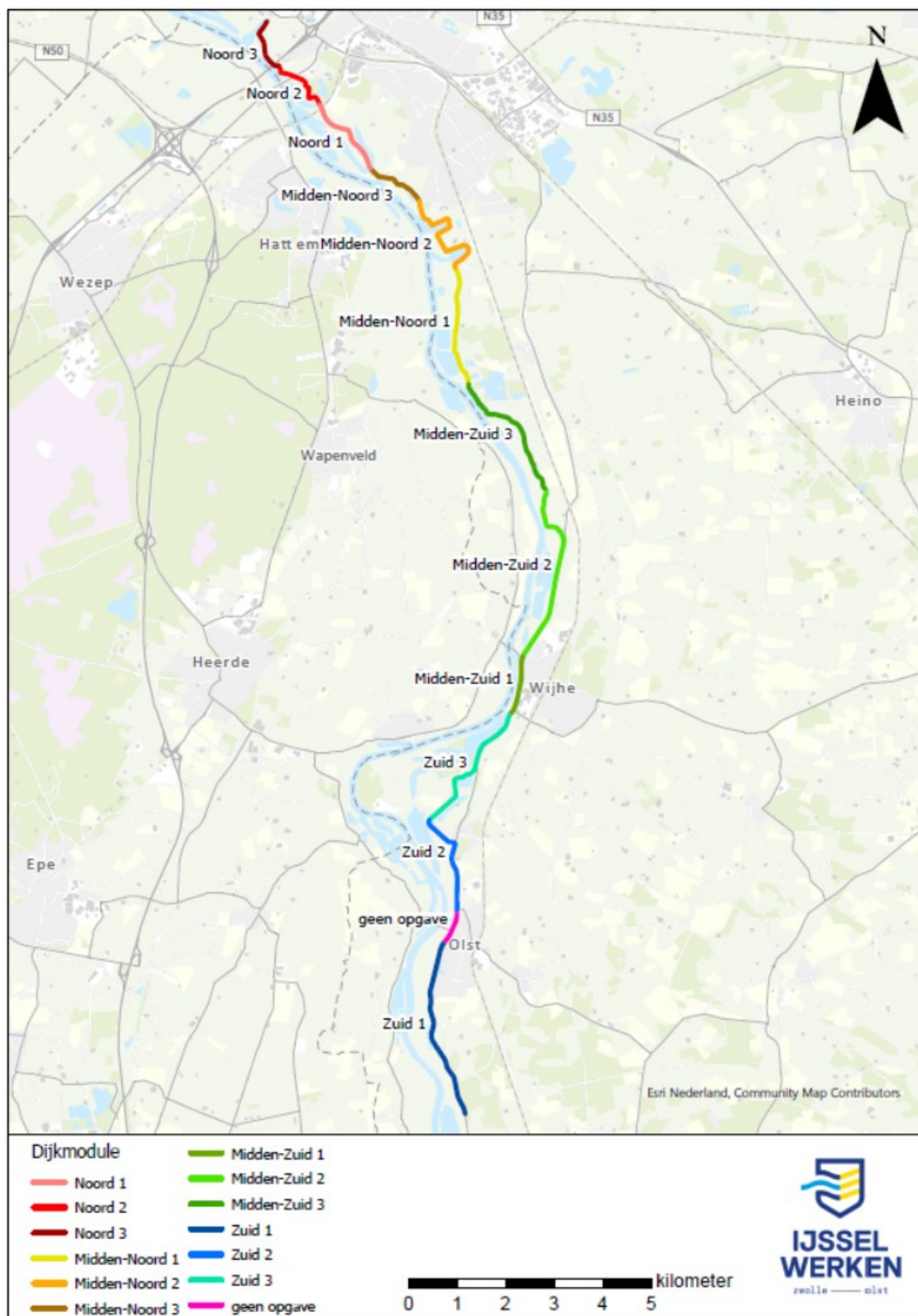
De werkzaamheden voor de realisatie van het project dijkversterking Zwolle-Olst zorgen voor trillingen in de bodem, welke mogelijk hinder en/of schade voor de omgeving als gevolg hebben. De ambitie van het project is om schadevrij te werken. Inzicht in het risico op schade als gevolg van trillingen is van belang om keuzes te maken met betrekking tot het uitvoeren van de dijkversterking.

Over de gehele lengte van het tracé vinden werkzaamheden plaats om de dijk te versterken. Hierbij kan worden gedacht aan het inbrengen van damwanden, werkzaamheden voor grondverzet, en laad- en losactiviteiten van materialen. In deze fase is nog geen duidelijkheid over de exacte uitvoeringswijze en locatie van deze activiteiten. Het plaatsen van damwanden is naar verwachting maatgevend voor de trillingsschade in de omgeving. Andere activiteiten worden desalniettemin ook beschouwd.

Het traject dat wordt beoordeeld is opgenomen in onderstaande afbeelding.







Afbeelding 1.1 Projectgebied IJsseldijk Zwolle-Olst

Dit document betreft een samenvatting van de trillingsonderzoeken die in het kader van het project zijn uitgevoerd. Er wordt gebruikt gemaakt van de bestaande onderzoeken en geeft geen nieuwe informatie. In voorliggend

document wordt uitsluitend ingegaan op het risico op schade als gevolg van trillingen van activiteiten die gepaard gaan met het project.

#### **Doel van dit document**

In voorliggend document wordt op basis van de bestaande onderzoeken bepaald welke afstanden van het uitvoeren van de werkzaamheden een risico bestaat op schade aan gebouwen. Het geeft daarmee inzicht bij de te maken keuzes over het in te zetten materieel voor het uitvoeren van de dijkversterking.

Het trillingsonderzoek en bepaalt de kritische afstand ten gevolge van de verschillende activiteiten die gepaard gaan met het project (zie paragraaf 2.2.2). De kritische afstand is gedefinieerd als de afstand waarbij de kans dat er schade ontstaat volgens de van toepassing zijnde normen aanvaardbaar wordt geacht<sup>1</sup>.

#### **Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 schetst de uitgangspunten, beoordelingsmethode en invoergegevens van voorliggend document. Hoofdstuk 3 presenteert vervolgens de resultaten uit de verschillende onderzoeken.

---

<sup>1</sup> Hierbij worden de van toepassing zijnde veiligheidsfactoren in acht genomen



## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Beschouwde activiteiten

Voorafgaand aan de uitvoering van het project is beoordeeld welke activiteiten naar verwachting trillingseffecten naar de omgeving teweeg kunnen brengen. Van elk van deze methode is in het desbetreffende document ingegaan op de kans dat schade optreedt als gevolg van deze activiteit. In grote lijnen is de aanpak telkens hetzelfde en is de kritische afstand (zie ook paragraaf 2.2.2) van die activiteit bepaald. De uitgangspunten verschillen echter soms per document. Dit is in het desbetreffende document beschreven.

De volgende activiteiten zijn beoordeeld:

1. Inbrengen van damwanden (trillen of duwen);
2. Grondwerkzaamheden;
3. Sondeermachines;
4. Transportactiviteiten (laden/lossen);

Voor het beschrijven van de trillingseffecten zijn diverse onderzoeken uitgevoerd. Deze zijn samengevat in onderstaande tabel. De tabel beschrijft ook op welke activiteit uit bovenstaande opsomming het document betrekking heeft.

| Ref. | Kenmerk         | Omschrijving                                                                    | Datum            | Activiteit            |
|------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| 1    | 20293-PNT-00548 | Trillingsprognose                                                               | 3 september 2021 | 1. Damwanden          |
| 2    | 20293-RAP-00949 | Rapportage trillings- en geluidsmetingen rijplatenbaan                          | 13 januari 2023  | 4. Transport          |
| 3    | 20293-RAP-00983 | Rapportage trillings- en geluidsmetingen maakbaarheidsproef kunststof damwanden | 13 januari 2023  | 1. Damwanden          |
| 4    | 20293-RAP-01035 | Trillingsprognose Sondeermachines                                               | 15 februari 2023 | 3. Sondeermachines    |
| 5    | 20293-RAP-01244 | Trillingsprognose gronddepots                                                   | 5 december 2023  | 2. Grondwerkzaamheden |

Tabel 2.1 overzicht invoerdocumenten

#### 2.1.1 Trillingsprognose [ref 1]

Het document bepaalt de kritische afstand die geldt voor het inbrengen van damwanden middels intrillen. Met deze trillingsprognose is, op basis van een indicatieve berekening op basis van de CUR166, in beeld gebracht op welke afstanden van het uitvoeren van de werkzaamheden een risico bestaat op schade aan gebouwen.

#### 2.1.2 Rapportage trillings- en geluidmetingen rijplatenbaan [ref 2]

Ten behoeve van het toetsen van de inbrengbaarheid van kunststof damwanden is een inbrengbaarheidsproef uitgevoerd. Bij de proef is ook een rijplatenproef uitgevoerd, waarbij testritten zijn uitgevoerd op diverse rijplatenbanen. De gemeten trillingsniveaus zijn gebruikt voor een trillingsprognose waarmee de kritische afstand tot de bebouwing bepaald is, om de kans op schade in te schatten en te beperken.





### 2.1.3 Rapportage trillings- en geluidsmetingen maakbaarheidsproef kunststof damwanden [ref 3]

Ten behoeve van het toetsen van de inbrengbaarheid van kunststof damwanden is een inbrengbaarheidsproef uitgevoerd. Tijdens deze test zijn ook trillingsmetingen uitgevoerd met als doel: Bepalen welke trillingen het inbrengen van kunststof damwand veroorzaken voor het bepalen van de risicocontouren trillingen op basis van trillingsmetingen. Daarmee kunnen de eerste geprognosticeerde kritische afstanden worden aangescherpt.

### 2.1.4 Trillingsprognose Sondeermachines [ref 4]

Dit document beoordeelt de kans op het ontstaan van schade als gevolg van het gebruik van de sondeermachines die voor het project worden ingezet. Het gaat op de activiteiten van de Track Truck en de Midi Sondeerrups.

### 2.1.5 Trillingsprognose gronddepots [ref 5]

Dit onderzoek bepaalt de afstand waarbinnen er een risico ontstaat op schade aan woningen. Daarbij richt de analyse zich uitsluitend op de activiteiten met betrekking tot het grondverzet en transport. Daartoe behoren de volgende activiteiten:

- transport over werkwegen;
- realisatie werkwegen;
- werkzaamheden grondverzet op depot;
- grondwerk aan de dijkversterking.

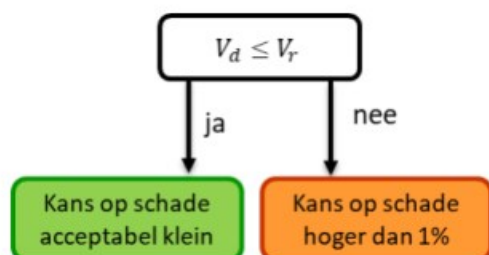
Hoofdstuk 3 vat de uitkomsten van de bovenstaande onderzoeken samen.

## 2.2 Beoordelingsmethode

Onderstaande paragrafen beschrijft de beoordelingsmethode die van toepassing is en de aanpak die is gehanteerd.

### 2.2.1 SBR-A

Voor de beoordeling of schade aan gebouwen kan optreden is de SBR trillingsrichtlijn deel A (SBR-A, "schade aan bouwwerken" uit 2017) gehanteerd. Deze stelt een grenswaarde aan het trillingsniveau op de fundering van bouwwerken waarboven de kans op schade als gevolg van trillingen acceptabel klein (ordegrootte 1% of minder) is. Dit is het geval als  $V_d$  kleiner is dan de grenswaarde  $V_r$  (de uiteindelijke waarde waaraan getoetst wordt). Zie ook figuur 2.1. Hierbij is de trillingssterkte  $V_d$  de rekenwaarde van de topwaarde ( $V_{top}$ ) van de trillingssnelheid gemeten op de bebouwing.



Afbeelding 2.1 procedure voor de beoordeling van kans op schade



De SBR-A maakt onderscheid in twee categorieën, die als volgt gedefinieerd zijn.

| Gebouwcategorie 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Gebouwcategorie 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.</li> <li>- Onderdelen van een bouwwerk, die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijv. scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.</li> <li>- Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, welke bestaan uit metselwerk, zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk.</li> <li>- In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw, die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.</li> </ul> |

Tabel 2.1.1

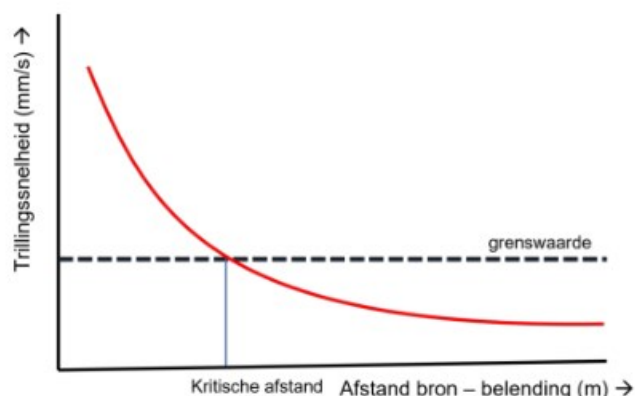
Daarnaast wordt bij de beoordeling van het risico op schade rekening gehouden met een eventuele monumentale status en de bouwkundige staat. Er is sprake van een slechte bouwkundige staat als:

- De sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door de reeds aanwezige schade.
- De onderlinge samenhang van onderdelen of de sterkte van verbindingen tussen onderdelen zodanig is, dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

Indien het een monumentaal pand betreft óf het gebouw verkeert in een slechte bouwkundige staat, dan wordt dit verdisconteerd middels een veiligheidsfactor. Zie paragraaf 3.3.

## 2.2.2 Kritische afstand

De methode om de kritische afstand te bepalen splitst zich in twee delen, dit is weergegeven in figuur 2.2. De SBR-A beschrijft de methode om de grenswaarde te bepalen van het bouwwerk waarbij er een SBR aanvaardbare kans op schade is (zwarte stippellijn). De trillingssnelheid neemt daarnaast af op grotere afstand van de bron. Dat effect beschrijft de rode lijn in de figuur. De kritische afstand is de afstand waarbij het trillingsniveau ten gevolge van de activiteit gelijk is aan de grenswaarde (blauwe lijn). Binnen die kritische afstand bestaat er een kans dat er schade ontstaat, buiten die kritische afstand wordt het risico op schade aanvaardbaar geacht volgens de van toepassing zijnde normen.



Afbeelding 2.2 procedure voor de beoordeling van kans op schade

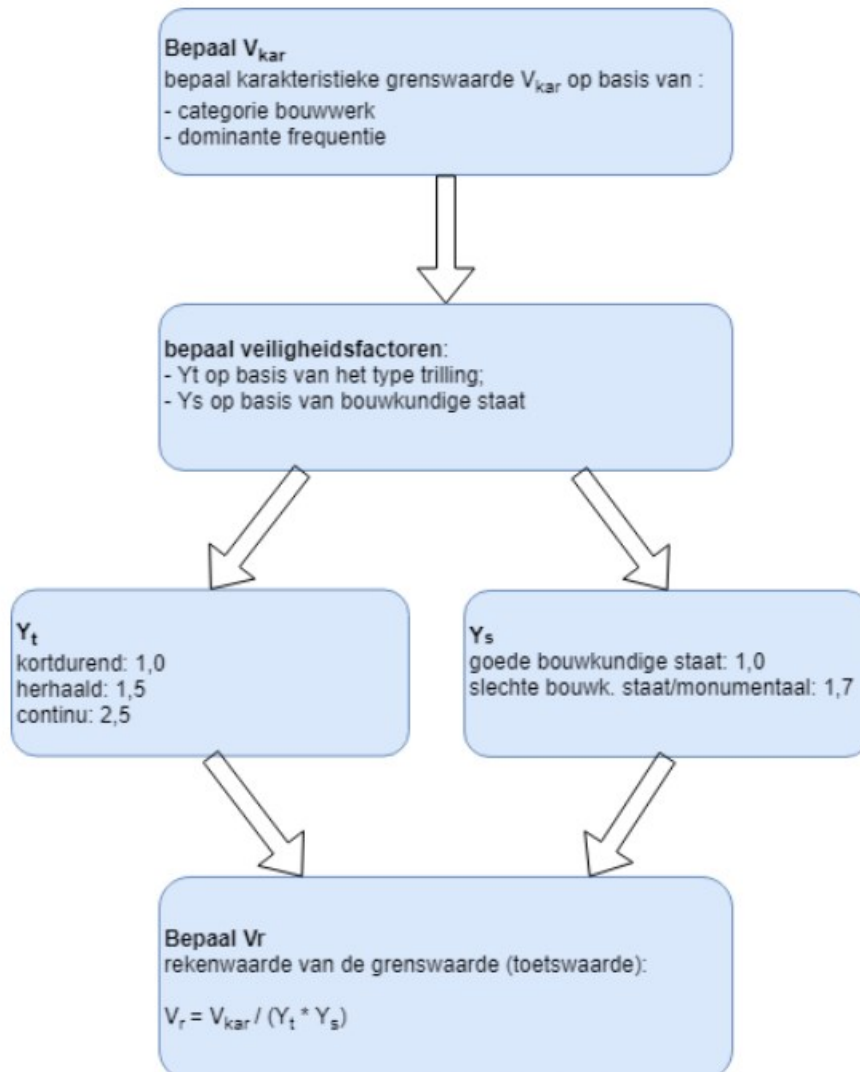
## 2.2.3 Bepaling grenswaarde

De SBR maakt onderscheid tussen een bouwwerk in goed bouwkundige staat, en een bouwwerk met een monumentale status of in een slechte bouwkundige staat. Dit wordt gedaan op basis van de criteria onder paragraaf 2.2.2. De uiteindelijke toetsingswaarde ('de rekenwaarde van de grenswaarde',  $V_r$ ) van het bouwwerk is afhankelijk van een drietal factoren:

1. de karakteristieke grenswaarde van het gebouw  $V_{kar}$ ;
2. de veiligheidsfactor voor het type trilling  $\gamma_i$ ;

3. de veiligheidsfactor voor de bouwkundige staat van het bouwwerk  $\gamma_s$ .

De berekening hiervan is weergegeven in onderstaand stroomschema (SBR-A).



Afbeelding 2.3 schematische weergave van de kritische afstand

Bovenstaand stroomschema geeft aan dat de grenswaarde afhangt van het type trilling (kort, continu, herhaald), de frequentie ervan, het type pand en de bouwkundige staat ervan. Per activiteit geldt een andere type trilling en bijvoorbeeld dominante frequentie, wat resulteert in een andere grenswaarde. De onderbouwing en gedane aannames zijn beschreven in de onderliggende onderzoeken.

## 2.2.4 Onderzochte situaties

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat het bodemprofiel en de kenmerken van het bouwwerk belangrijke parameters zijn voor de kritische afstand, waarbinnen er een kans op schade bestaat. Buiten die kritische afstand wordt het risico op schade aanvaardbaar geacht volgens de van toepassing zijnde normen.

In de onderzoeken zijn daarom verschillende situaties in beeld gebracht en daarvoor de kritische afstand bepaald:

1. Gebouwcategorie 1, goede bouwkundige staat
2. Gebouwcategorie 2, goede bouwkundige staat
3. Gebouwcategorie 2, slechte bouwkundige staat/monument

## 3. Resultaten

### 3.1 Kritische afstand per activiteit

Voor de drie situaties is de kritische afstand bepaald per activiteit. Bij deze afstand is de trillingssterkte precies gelijk aan de vastgestelde grenswaarde. In de brondocumenten zijn de berekeningen hiervan opgenomen. Uit de berekeningen volgen de resultaten als opgenomen in onderstaande tabel.

|                     |                                                  | Kritische afstand (m) | Kritische afstand (m) | Kritische afstand (m) |        |
|---------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| Activiteit          | Methode/materieeltype                            | Cat 1, goed           | Cat 2, goed           | Cat 2, mon.           | Docnr. |
| Inbrengen damwanden | Intrillen (CUR)                                  | 15                    | 40                    | 60                    | 1      |
| Inbrengen damwanden | Intrillen (damwandproef)                         | 10                    | 25                    | 35                    | 3      |
| Grondwerkzaamheden  | Hydraulische kraan                               | -                     | <1                    | 1                     | 5      |
| Grondwerkzaamheden  | Shovel, bulldozer, dumper                        | -                     | 2                     | 5                     | 5      |
| Grondwerkzaamheden  | Trilrolwals                                      | -                     | 7                     | 13                    | 5      |
| Grondwerkzaamheden  | Werkverkeer (verharde weg)                       | -                     | 2                     | 4                     | 5      |
| Grondwerkzaamheden  | Werkverkeer (onverharde weg)                     | -                     | 5                     | 10                    | 5      |
| Sondeermachine      | Sondeermachine                                   | -                     | 2                     | -                     | 4      |
| Transport           | Bouwverkeer over rijplatenbaan (zand, 17 km/uur) | 1                     | 4                     | 8                     | 2      |

Tabel 3.1

Uit de tabel en grafiek is af te lezen dat, op basis van de bevindingen uit documentnummer 1, bij een gebouw van categorie 1 schade niet kan worden uitgesloten als de trillingsbron binnen 15 meter van het gebouw staat. Voor gebouwen van categorie 2 geldt hiervoor een afstand van 40 meter. Als de afstand tussen de trillingsbron en het bouwwerk groter is dan 60 meter kan schade in alle situaties worden uitgesloten. Tussen de 15 en de 60 meter moet aan de hand van het type en de staat van het bouwwerk bekeken worden wat het risico is op schade en of een trillingsarme methode nodig is om schade te voorkomen. Op basis van de bevindingen uit de damwandproef (document 3) kunnen echter kleinere kritische afstanden worden gehanteerd. Daar is het risico op schade aanvaardbaar klein als de werkzaamheden op een afstand van minimaal 35 meter van het bouwwerk plaatsvinden (tegenover 60 meter uit document 1).

Op gelijke wijze kunnen de overige activiteiten uit de tabel worden geïnterpreteerd.