

**Schadeprotocol spoortrillingen
Versie 2020**

Datum 27 augustus 2020
Referentie 05642-51556-06

Referentie 05642-51556-06
Rapporttitel Schadeprotocol spoortrillingen
Versie 2020

Datum 27 augustus 2020

Opdrachtgever ProRail
Leefomgeving Juridische zaken en Vastgoed
Postbus 2038
3500 GA UTRECHT
Contactpersoon De heer N. IJntema

| | | | |
|----------------|---|--------------------------------------|---|
| Behandeld door | C.J. Ostendorf | Dr. Ir. C.P.W. Geurts | E. Mureau |
| | Cauberg Huygen B.V. Hoofdweg 70 3067 GH ROTTERDAM | TNO Postbus 6012 2600 JA DELFT | Quattro-Expertise De Waard 8 4900 HB OOSTERHOUT |



Inhoudsopgave

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 5 |
| 2 | Stappenplan | 7 |
| 2.1 | Inleiding | 7 |
| 2.2 | Beslisboom stap 1 | 8 |
| 2.3 | Beslisboom stap 2a | 9 |
| 2.4 | Beslisboom stap 2b | 10 |
| 2.5 | Beslisboom stap 3 | 11 |
| 2.6 | Beslisboom stap 4 | 12 |
| 2.7 | Beslisboom stap 5 | 13 |
| 2.8 | Beslisboom stap 6 | 14 |
| 2.9 | Alle stappen in tabelvorm | 15 |
| 3 | Beschrijving stappenplan | 20 |
| 3.1 | Inleiding | 20 |
| 3.2 | Schadeprotocol stap voor stap | 20 |
| 3.2.1 | Opvragen gegevens bij de melder | 20 |
| 3.2.2 | Stap 1a: eerste beoordeling afstand tot spoor | 20 |
| 3.2.3 | Stap 1b: bepaling kritische afstand | 21 |
| 3.2.4 | Stap 2a: beoordeling stap 1b, discontinuïteiten en nieuwe kritische afstand | 27 |
| 3.2.5 | Stap 2b: invloed overweg en wegverkeer | 31 |
| 3.2.6 | Stap 3: beoordeling uit stap 2a en bepaling invloed wijzigingen aan spoor | 33 |
| 3.2.7 | Stap 4: uitvoeren trillingsmetingen | 36 |
| 3.2.8 | Stap 5: bouwkundig onderzoek | 37 |
| 3.2.9 | Stap 6: de conclusies | 38 |
| 4 | Actualisatie schadeprotocol | 40 |
| 4.1 | Aanleiding tot actualisatie | 40 |
| 4.2 | Verschillen met schadeprotocol 2004 | 40 |
| 4.3 | Achtergronden bij het schadeprotocol | 40 |
| 5 | Juridische aspecten schadeclaim | 41 |
| 5.1 | Onrechtmatig handelen | 41 |
| 5.2 | Causaal verband | 41 |
| 5.3 | Schadevergoeding | 41 |
| 6 | Bouwkundige schade en treintrillingen | 43 |
| 6.1 | Inleiding | 43 |
| 6.2 | Bouwkundige schade | 43 |
| 6.2.1 | Wat is bouwkundige schade? | 43 |
| 6.2.2 | Hoe ontstaat bouwkundige schade? | 43 |
| 6.3 | SBR richtlijn A | 45 |
| 6.3.1 | Inleiding | 45 |
| 6.3.2 | Wijzigingen in SBR Richtlijn A | 45 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.3.3 | Invloed op het schadeprotocol | 45 |
| 6.3.4 | Niet in de SBR Richtlijn | 48 |
| 7 | Nieuwe database | 49 |
| 7.1 | Inleiding | 49 |
| 7.2 | Opzet database | 49 |
| 7.3 | Resultaat | 49 |
| 7.4 | Gebruik database in het onderzoek | 52 |
| 8 | Bepaling nieuwe kritische afstanden | 53 |
| 8.1 | Werkwijze en uitgangspunten | 53 |
| 8.2 | De kritische afstanden | 55 |
| 8.3 | Vergelijking met afstanden uit schadeprotocol 2004 | 55 |
| 9 | Meettechnieken en aanvullend onderzoek | 57 |
| 9.1 | Inleiding | 57 |
| 9.2 | Bouwkundig onderzoek | 57 |
| 9.2.1 | Schadeclassificatie | 57 |
| 9.2.2 | Vaststellen van schade | 59 |
| 9.3 | Trillingsmetingen | 60 |
| 9.4 | Vervormingsmetingen | 61 |
| 9.4.1 | Lint- en vloerwaterpassing | 61 |
| 9.4.2 | Hoogte deformatiemeting | 62 |
| 9.4.3 | XYZ- deformatiemeting | 62 |
| 9.4.4 | Digitale scheurmetingen | 63 |
| 9.5 | Tiltmetingen | 63 |
| 9.6 | Glasvezel | 64 |
| 10 | Voorstel publieksvriendelijk versie schademelding via website | 66 |

Bijlagen

| | |
|--------------------|---|
| Bijlage I | Meldingsformulier schade |
| Bijlage II | Checklist bouwkundige staat SBR Trillingsrichtlijn A |
| Bijlage III | Cauberg Huygen memo publieksvriendelijke melding |
| Bijlage IV | TNO rapport onderzoek schadeprotocol |

1 Inleiding

Treinverkeer veroorzaakt trillingen en trillingen kunnen leiden tot schade aan gebouwen. Met enige regelmaat ontvangt ProRail dan ook schadeclaims van eigenaren van gebouwen. Om deze claims efficiënt en gestructureerd af te handelen, volgt ProRail het “Schadeprotocol Trillingen”. Dit protocol is door TNO in 1998 opgezet en in 2004 geactualiseerd. Het protocol is onder andere gebaseerd op SBR richtlijn A “Schade aan gebouwen” (versie 2002) en meetgegevens uit de periode voor 1998. Het protocol definieert afstanden tot het spoor waarbinnen een kans op schade door treintrillingen aanwezig is. In het protocol heet dit de “kritische afstand”. Ligt een gebouw binnen zo’n afstand dan zorgt ProRail voor eventueel vervolgonderzoek naar een mogelijk verband tussen de trillingen van de treinen en de schade aan het gebouw. De in het protocol opgenomen afstanden zijn afhankelijk van factoren zoals de ligging van het spoor, de bodemeigenschappen en de gebouweigenschappen.

Inmiddels is SBR richtlijn A gereviseerd (2017) en is ruim 20 jaar ervaring opgebouwd met het gebruik van het schadeprotocol. Bovendien zijn er veel meer meetgegevens van trillingen door treinen beschikbaar dan in 1998. Tijd voor een actualisatie van het schadeprotocol.

In 2019 heeft ProRail aan TNO, Quattro-Expertise en Cauberg Huygen opdracht gegeven het schadeprotocol te actualiseren. Hierbij is onderzocht of de afstanden die in het 2004 schadeprotocol zijn opgenomen, op basis van nieuwe meetgegevens en nieuwe inzichten moeten worden aangepast. Daarnaast is het protocol publieksvriendelijker gemaakt zodat de melder minder technische gegevens hoeft aan te leveren voor de beoordeling.

Het is belangrijk om te beseffen dat het schadeprotocol alleen bedoeld is om de eventuele invloed van treintrillingen op de kans op schade te bepalen. Als andere factoren zoals trillingen door verkeer, interne verbouwingen of bouwwerkzaamheden in de omgeving, een rol kunnen spelen in het ontstaan van de schade, dan dient de melder eerst te bepalen wat de relevantie is van die andere factoren voordat de invloed van de treintrillingen door ProRail wordt beoordeeld.

De indeling van het geactualiseerde schadeprotocol is gebaseerd op het gebruik van het protocol. Een lezer slaat het protocol open om:

1. snel de te volgen stappen te kunnen vinden (stappenplan in een schema);
2. een beschrijving van de verschillende stappen te kunnen lezen (uitleg gebruik protocol);
3. de technische achtergrond bij de totstandkoming van het protocol en andere achtergrondinformatie te kunnen lezen.

We kunnen het schadeprotocol daarom in drie delen verdelen:

- A. Stappenplan in schema (hoofdstuk 2)
- B. Beschrijving stappenplan (hoofdstuk 3)
- C. Achtergrondrapportage met technische rapporten in de bijlagen (hoofdstukken 4 t/m 10)

Deel A: het stappenplan

2 Stappenplan

2.1 Inleiding

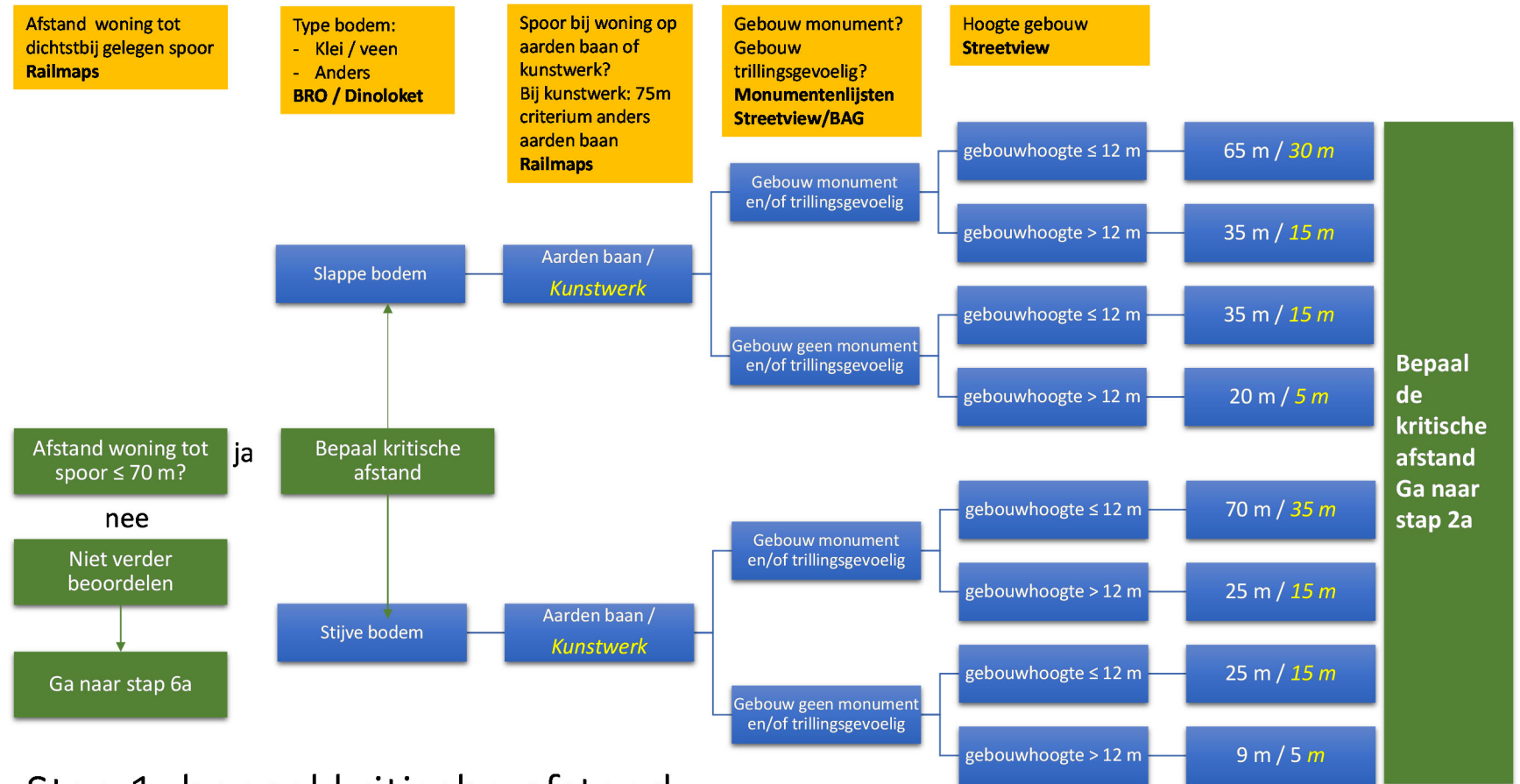
In dit hoofdstuk is het stappenplan schematisch omschreven. Voor elke stap is een beslisboom opgezet. De beoordeling begint altijd bij stap 1. Afhankelijk van het resultaat volgen vanzelf de volgende stappen.

De boomstructuur werkt met kleuren. In de groene blokjes is een hoofdvraag of aanwijzing opgenomen waarvan de beantwoording leidt tot een volgende beslisboom. De beslisboom is aangegeven met blauwe blokjes. Ook in de beslisboom zijn vragen opgenomen. In de oranje blokjes boven de beslisboom is kort omschreven welke gegevens voor de beantwoording nodig zijn en waar die gegevens kunnen worden gevonden. Hoofdstuk 3 geeft meer uitleg over alle afzonderlijke tussenstappen en vragen.

Op de volgende pagina's zijn per stap de beslisbomen paginagroot weergegeven. Voor elke stap is ook een werktabel opgesteld. In paragraaf 2.9 staan alle werktabellen achter elkaar.

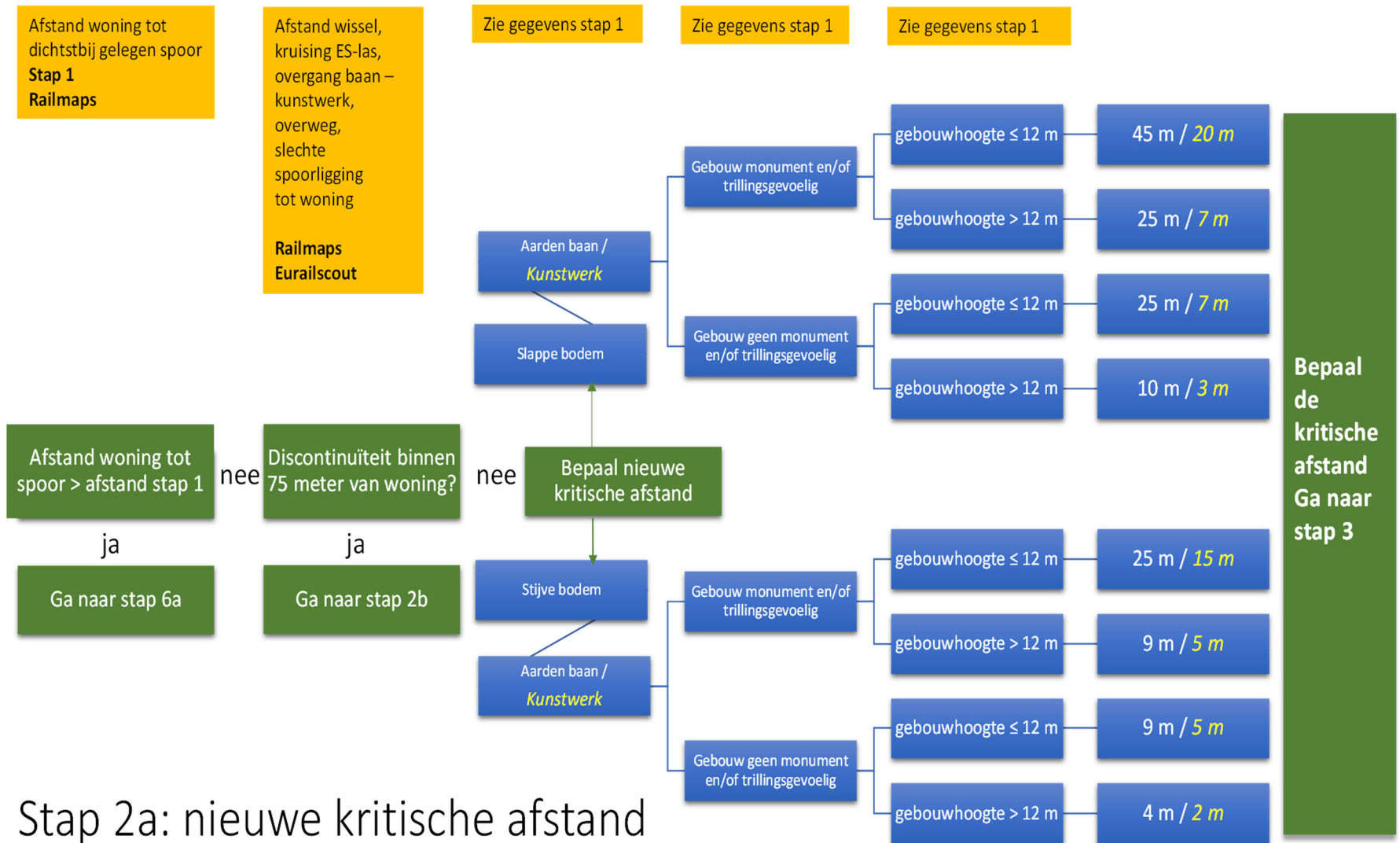
Ben je nog niet bekend met de werkwijze van alle stappen? Lees dan eerst hoofdstuk 3. Met hoofdstuk 3 in de hand kun je het stappenplan ook doorlopen en heb je uitleg bij iedere stap.

2.2 Beslisboom stap 1



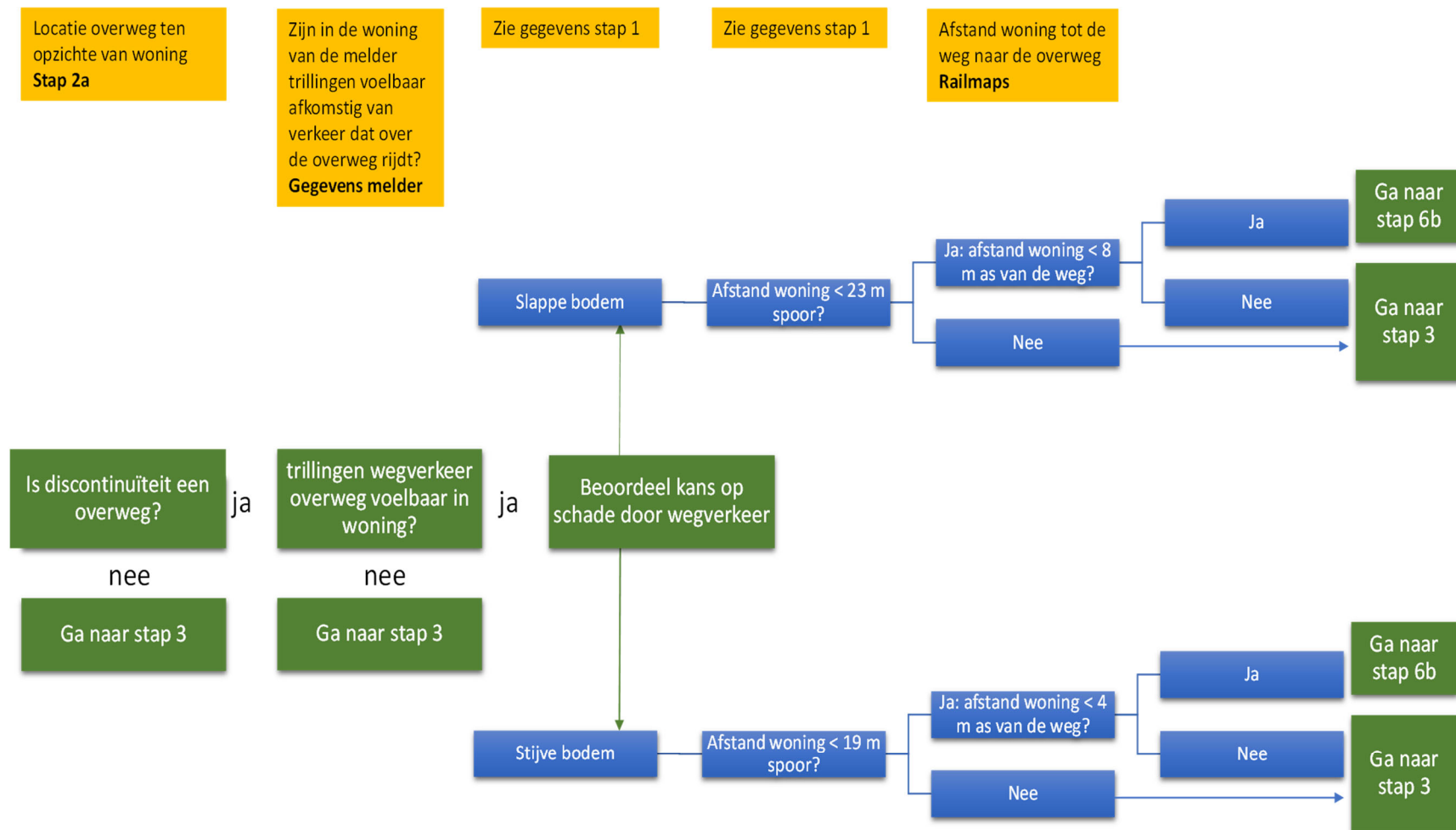
Stap 1: bepaal kritische afstand

2.3 Beslisboom stap 2a



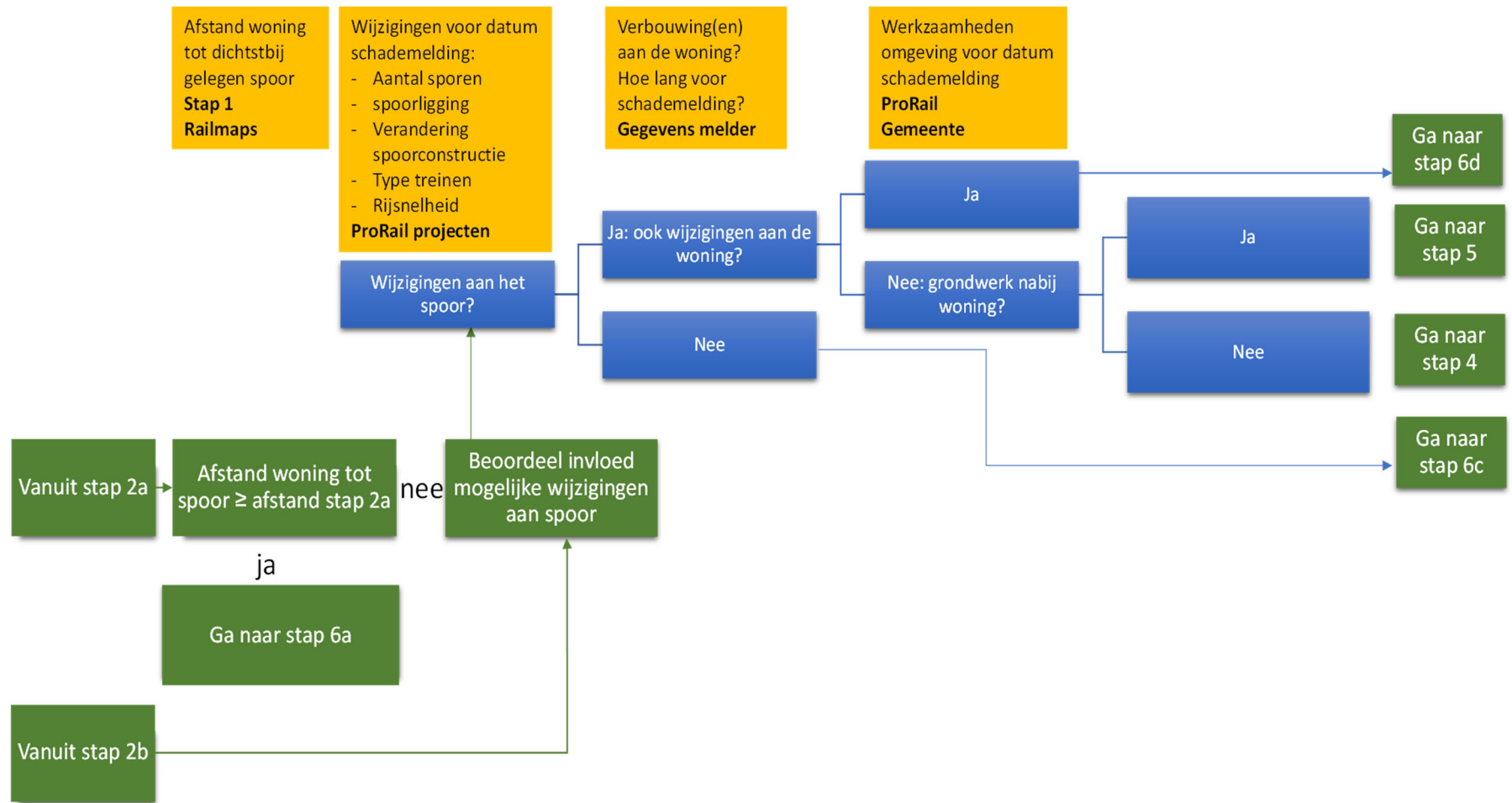
Stap 2a: nieuwe kritische afstand

2.4 Beslisboom stap 2b



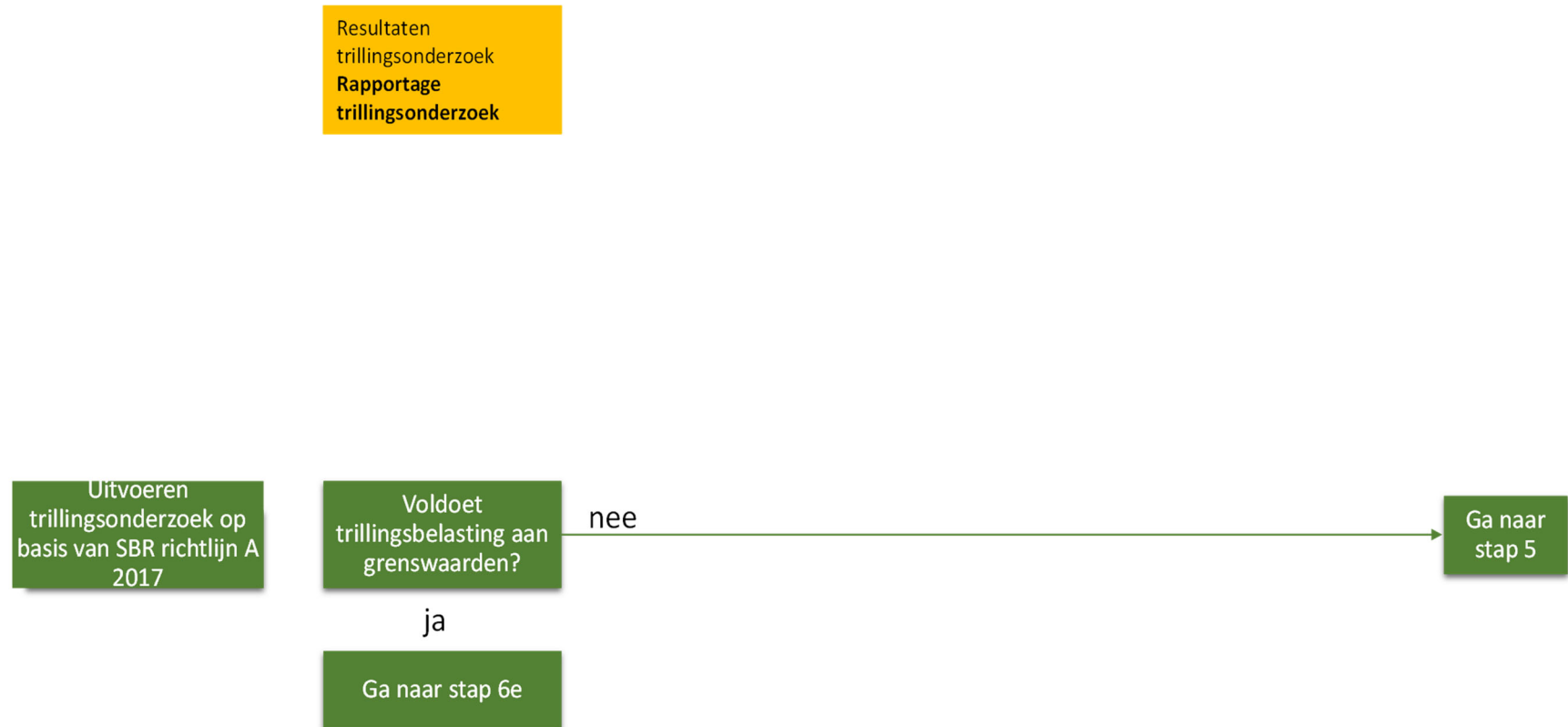
Stap 2b: invloed overweg en wegverkeer

2.5 Beslisboom stap 3



Stap 3: invloed wijzigingen

2.6 Beslisboom stap 4



Stap 4: beoordeling gemeten trillingsbelasting woning

2.7 Beslisboom stap 5

Resultaten bouwkundig
onderzoek
**Rapportage bouwkundig
onderzoek**



Stap 5: causaal verband schade en trillingen

2.8 Beslisboom stap 6

| | | |
|----|---|---|
| 6a | Woning ligt buiten risicocontour. Invloed treintrillingen op schadekans aanvaardbaar klein | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6b | Verkeer over de overweg heeft mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6c | Er zijn geen wijzigingen aan het spoor die tot meer trillingen kunnen leiden ten opzichte van situatie voor schademelding | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6d | Wijzigingen aan de woning hebben mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6e | Trillingsbelasting zo laag dat schadekans aanvaardbaar klein is | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6f | Geen schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen. |
| 6g | Schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | Tref een schaderegeling met de melder |

Stap 6: conclusie beoordeling melding

2.9 Alle stappen in tabelvorm

Voor iedere stap bestaat een werktabel. Hierin is aangegeven welke informatie je nodig hebt en waar je die bijvoorbeeld kunt vinden. Verder is ruimte in de tabel opgenomen om gegevens in te vullen zodat je snel kunt zien wat de volgende stap gaat zijn. Gebruik hiervoor de lichtgroene regels. In hoofdstuk 3 is een toelichting opgenomen op de verschillende onderdelen in de tabellen.

Werktabel stap 1a:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|----------------|--|
| Afstand woning tot dichtstbij gelegen spoor | Railmaps | Meet de afstand tot de eerste rails in meters |
| Gemeten afstand | m | ≤ 70 m? ga naar stap 1b > 70 m? ga naar stap 6a |

Werktabel stap 1b:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------------|---|--|
| Type bodem | https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens | Slap: klei of veen Stijf: overige grondsoort Overheersende grondsoort eerste 5 m onder maaiveld. |
| Spoor op aarden baan of kunstwerk? | Railmaps | Alleen kunstwerk als afstand tussen gebouw en overgang aarden baan en kunstwerk groter is dan 75 m |
| Gebouw monument? | https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/ , https://erfgoedmonitor.nl/ , https://www.monumenten.nl/ of gemeentelijke monumentenlijst | Ja of nee |
| Gebouw trillingsgevoelig? | Checklist SBR A Gebouwgegevens via melder Railmaps https://www.kcaf.nl/funderingsviewer/ https://bodemdalingkaart.nl/ | Ja of nee |
| Hoogte gebouw | Aantal verdiepingen maal 2,7 Gebouwgegevens via melder of Railmaps | Groter of kleiner 12 m |
| Type bodem |(slap of stijf) | Kies de afstand uit de tabel of uit het schema en ga naar stap 2a |
| Spoor ligt op |(aarden baan of kunstwerk) | |
| Monument? |(ja of nee) | |
| Trillingsgevoelig? |(ja of nee) | |
| Gebouwhoogte |(kleiner/gelijk 12 m of groter dan 12 m) | |

Tabel: kritische afstanden stap 1b

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet trillingsgevoelig | | Afstand trillingsgevoelig | |
|-------|--------------|--------------------------------|----------|---------------------------|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 35 | 20 | 65 | 35 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 30 | 15 |
| Stijf | Aarden baan | 25 | 9 | 70 | 25 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 35 | 15 |

Werktabel stap 2a deel 1 en 2:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|-------------------------------|--|
| Kritische afstand | Stap 1a en bijbehorende tabel | |
| Afstand woning tot discontinuïteit in het spoor | Railmaps Eurailscout | Wissel, overweg, ES-las, compensatieinrichting, overgang aarden baan kunstwerk, slechte spoorligging |
| Kritische afstand |m | |
| Afstand woning > kritische afstand stap 1a? |ja/nee | Ja, ga naar stap 6a Nee, ga naar stap 2a |
| Type discontinuïteit | | Vul "geen" als er geen discontinuïteit in de buurt ligt. Ga naar stap 2a deel 3 |
| Afstand discontinuïteit | m | ≤ 75 m? ga naar stap 2b > 75 m? ga naar stap 2a deel 3 |

Werktabel stap 2a deel 3:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------------|---|--|
| Type bodem | https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens | Slap: klei of veen Stijf: overige grondsoort Overheersende grondsoort eerste 5 m onder maaiveld. |
| Spoor op aarden baan of kunstwerk? | Railmaps | Alleen kunstwerk als afstand tussen gebouw en overgang aarden baan en kunstwerk groter is dan 75 m |
| Gebouw monument? | https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/ , https://erfgoedmonitor.nl/ , https://www.monumenten.nl/ of gemeentelijke monumentenlijst | Ja of nee |
| Gebouw trillingsgevoelig? | Checklist SBR A Gebouwgegevens via melder Railmaps https://www.kcaf.nl/funderingsviewer/ https://bodemdalingskaart.nl/ | Ja of nee |
| Hoogte gebouw | Aantal verdiepingen maal 2,7 Gebouwgegevens via melder of Railmaps | Groter of kleiner 12 m |
| Type bodem |(slap of stijf) | Kies de afstand uit de tabel of uit het schema en ga naar stap 3 |
| Spoor ligt op |(aarden baan of kunstwerk) | |
| Monument? |(ja of nee) | |
| Trillingsgevoelig? |(ja of nee) | |
| Gebouwhoogte |(kleiner/gelijk 12 m of groter dan 12 m) | |

Tabel: kritische afstanden stap 2a deel 3:

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet trillingsgevoelig | | Afstand trillingsgevoelig | |
|-------|--------------|--------------------------------|----------|---------------------------|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 25 | 10 | 45 | 25 |
| | Kunstwerk | 7 | 3 | 20 | 7 |
| Stijf | Aarden baan | 9 | 4 | 25 | 9 |
| | Kunstwerk | 5 | 2 | 15 | 5 |

Werktabel stap 2b, deel 1

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|-------------------|---|
| is discontinuïteit een overweg? | Railmaps | Afstand kleiner dan 75 m tussen overweg en gebouw |
| Zijn trillingen van wegverkeer voelbaar | Informatie melder | |
| Overweg? | ja/nee | Nee, ga naar stap 3 |
| Trillingen wegverkeer voelbaar | ja/nee | Nee, ga naar stap 3 |
| | | Ja, ga naar stap 2b deel 2 |

Werktabel stap 2b, deel 2

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|-------------------------------------|-------------------|---|
| Type bodem | Zie stap 1b | Slappe of stijve bodem |
| Afstand woning tot het spoor | Railmaps | |
| Afstand woning tot de as van de weg | Railmaps | |
| Type bodem |slap / stijf | |
| Afstand woning tot spoor | m | < 23 (slap) of 19 (stijf)? Nee: stap 3 |
| Afstand woning tot as van de weg |m | < 8 (slap) of 4 (stijf)? Nee: stap 3, Ja: stap 6b |

Werktabel stap 3a

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------|-------------------|--|
| Kritische afstand | Stap 2a | |
| Afstand woning tot het spoor | Railmaps, stap 1a | |
| Kritische afstand | m | |
| Afstand woning tot spoor |m | Afstand woning tot spoor > kritische afstand? Ja: ga naar stap 6a Nee: ga naar stap 3b |

Werktabel stap 3b

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|-----------------------------|--|--|
| Wijzigingen aan het spoor? | Afdeling Assetmanagement Prestatie Analyse Bureau | Verandering van het aantal sporen of het te berijden spoor, spoorligging, spoorconstructie, type treinen of rijsnelheid. |
| Wijziging aan het gebouw? | Gegevens melder, Gemeente | |
| Wijzigingen in de omgeving? | Gegevens melder Gemeente of ProRail | |
| Wijzigingen spoor |ja/nee | Nee, ga naar stap 6c |
| Wijzigingen aan gebouw |ja/nee | Ja, ga naar stap 6d |
| Wijzigingen in omgeving |ja/nee | Nee, ga naar stap 4 Ja, ga naar stap 5 |

Werktabel stap 4

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|--------------------|--|
| Trillingsbelasting en beoordeling | Trillingsonderzoek | SBR richtlijn A versie 2017 |
| Voldoet trillingsbelasting aan grenswaarde? |ja/nee | Nee, ga naar stap 5 Ja, ga naar stap 6e |

Werktabel stap 5

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|--|----------------------|---|
| Causaal verband tussen schade en trillingen door treinen | Bouwkundig onderzoek | |
| Is causaal verband aannemelijk? |ja/nee | Nee, ga naar stap 6f Ja, ga naar stap 6g |

Tabel stap 6

| Stap | Conclusie | Boodschap |
|------|---|--|
| 6a | Woning ligt buiten risicocontour. Invloed treintrillingen op schadekans aanvaardbaar klein | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6b | Verkeer over de overweg heeft mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6c | Er zijn geen wijzigingen aan het spoor die tot meer trillingen kunnen leiden ten opzichte van situatie voor schademelding | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6d | Wijzigingen aan de woning hebben mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6e | Trillingsbelasting zo laag dat schadekans aanvaardbaar klein is | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6f | Geen schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6g | Schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | Tref een schaderegeling met de melder |

Deel B: Beschrijving stappenplan

3 Beschrijving stappenplan

3.1 Inleiding

In het totaal bestaat de beoordeling uit 6 stappen:

1. Beoordeling op basis van eenvoudige gegevens;
2. Beoordeling op basis van aanvullende gegevens en meer details van de situatie;
3. Beoordeling op basis van wijzigingen aan spoor, woning en omgeving;
4. Beoordeling op basis van trillingsmetingen;
5. Beoordeling op basis van bouwkundige inspectie;
6. Formuleren beslissing.

Paragraaf 3.2 geeft een uitleg bij de verschillende stappen. De uitleg bestaat steeds uit drie onderdelen:

- Een tekstuele beschrijving van de stap;
- Een schema van de betreffende stap;
- Een werktabel van de stap.

In de werktabel is aangegeven welke gegevens nodig zijn om een beoordeling uit te voeren. Daarnaast is aangegeven waar je die gegevens bijvoorbeeld kunt vinden. In de laatste kolom in de werktabel staat een toelichting. Het groen gekleurde deel van de werktabel kun je gebruiken om de verzamelde gegevens in te vullen. In de tabel staat vervolgens kort opgeschreven wat op basis van de verzamelde gegevens de volgende stap zal zijn.

Alle opgenomen hyperlinks naar websites zijn in de periode mei – juli 2020 gebruikt.

3.2 Schadeprotocol stap voor stap

3.2.1 Opvragen gegevens bij de melder

Om de schademelding op een goede manier af te handelen, is het nodig dat de melder een aantal gegevens aanlevert. Het gaat hierbij onder andere om gegevens over de locatie, het gebouw en informatie over de schade. De gegevens kunnen worden opgevraagd door middel van een meldingsformulier schade door treintrillingen. In bijlage I is een voorbeeld van een dergelijk meldingsformulier opgenomen.

3.2.2 Stap 1a: eerste beoordeling afstand tot spoor

Beschrijving

De eerste beoordeling is of het gebouw binnen een afstand van 70 meter van het spoor ligt. De afstand van 70 meter is namelijk de grootste afstand waarbinnen een niet geaccepteerde kans op schade door treintrillingen aanwezig is. Als de woning op een grotere afstand ligt, kan de melder direct worden geïnformeerd dat het onwaarschijnlijk is dat er schade veroorzaakt is door trillingen afkomstig van treinverkeer. ProRail zal geen verdere actie ondernemen. Je kunt dan direct naar stap 6a gaan (zie paragraaf 3.2.9).

Als de afstand kleiner is dan 70 meter of gelijk is aan 70 meter, dan is de volgende stap dat de kritische afstand wordt bepaald aan de hand van een aantal gegevens. De kritische afstand vergelijken we met de werkelijk afstand van de woning tot het spoor. Het bepalen van de kritische afstand is beschreven in stap 1b.

Schema stap 1a:



Werktabel stap 1a:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|----------------|--|
| Afstand woning tot dichtstbij gelegen spoor | Railmaps | Meet de afstand tot de eerste rails in meters |
| Gemeten afstand | m | ≤ 70 m? ga naar stap 1b > 70 m? ga naar stap 6a |

3.2.3 Stap 1b: bepaling kritische afstand

Beschrijving

In stap 1b bepaal je aan de hand van een aantal gegevens zoals het type bodem, de spoorligging en een aantal gebouweigenschappen wat de kritische afstand is. Vervolgens vergelijk je de afstand van de woning tot het spoor met de kritische afstand. Als het gebouw buiten de kritische afstand ligt, is de kans op schade aanvaardbaar klein en is verder onderzoek niet nodig. Ligt het gebouw binnen de kritische afstand, dan is de kans op schade groter en zijn vervolgstappen nodig.

Je hebt de volgende gegevens nodig:

1. Het type bodem

We maken onderscheid tussen een slappe bodem en een stijve bodem. Bodems uit klei of veen zijn slap, alle andere bodems vallen in de categorie stijve bodem. Een bodem uit zand is dus een stijve bodem. Van belang is de overheersende grondsoort in de eerste 5 meter vanaf maaiveld. Je kunt informatie over de bodemsamenstelling vinden via <https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens> of <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>. Al deze websites leiden naar dezelfde kaartgegevens.

2. De ligging van het spoor: ligt het spoor op een aarden baan of op een kunstwerk?

Aarden baan:

Als het spoor ter hoogte van het gebouw op een ballastbed ligt tot een hoogte van maximaal 2,5 meter boven maaiveld, is sprake van een spoor op een aarden baan. Figuur 3.1 toont een voorbeeld van een spoor op aarden baan.



Figuur 3.1: voorbeeld van spoor op aarden baan

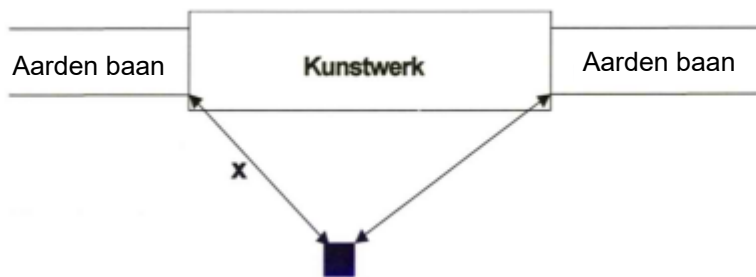
Kunstwerk:

Een kunstwerk is een brug, viaduct, een zettingsvrije plaat of een tunnel. Figuur 3.2 toont een trein op een brug.



Figuur 3.2: trein rijdend over een kunstwerk

Als het spoor ter hoogte van het gebouw op een viaduct ligt, of een brug, een zettingsvrije plaat, of in een tunnel, waarbij de kortste afstand X vanaf het gebouw tot de overgang tussen aarden baan en het kunstwerk *meer* dan 75 meter bedraagt, dan is sprake van ligging op een kunstwerk. Figuur 3.3 geeft deze situatie schematisch weer.



Figuur 3.3: bepaling onderscheid aarden baan kunstwerk rekening houdend met een minimale afstand van 75 meter tussen gebouw en de overgang tussen aarden baan en kunstwerk

Is de afstand X kleiner dan 75 meter, dan moet je uitgaan van een aarden baan.

De overgang van aarden baan naar het kunstwerk zorgt voor een verandering in stijfheid van de onderbouw en kan daarbij op zichzelf een trillingsbron vormen. Als deze afstand kleiner is dan 75 meter, dan is sprake van een zogenoemde discontinuïteit in het spoor. Dit komt in stap 2a aan bod.

3. De gebouweigenschappen

Uitgangspunt is dat het een gebouw is met metselwerk in de constructie. Een gebouw dat bestaat uit mengvormen van metselwerk en hout en/of beton, moet beschouwd worden als een gebouw uit metselwerk omdat het metselwerk het meest gevoelig is voor de trillingen.

Het protocol houdt geen specifieke rekening met gebouwen die volledig uit hout of gewapend beton zijn opgebouwd. Gebouwen uit hout of gewapend beton kunnen een veel hogere trillingsbelasting aan voordat schade gaat ontstaan. De afstanden uit het protocol kunnen voor deze gebouwen wel gebruikt worden maar bevatten dus een marge. De werkelijke kritische afstand zal kleiner zijn.

Bepalend voor de kritische afstand zijn verder:

- de gebouwhoogte (kleiner of gelijk aan 12 meter of groter dan 12 meter);
- of het gebouw een monumentale status heeft;
- of het gebouw gevoelig is voor trillingen.

De gebouwhoogte kan worden ingeschat op basis van het aantal verdiepingen opgegeven door de melder. Als het gebouw meer dan 4 verdiepingen heeft, is de gebouwhoogte groter dan 12 meter. Railmaps biedt in de meeste gevallen ook inzicht in de gebouwhoogte.

Een gebouw kan een rijksmonument zijn, een provinciaal monument of een gemeentelijk monument. De rijksmonumenten zijn opgenomen in het monumentenregister dat is te vinden via de website <https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/>. Provinciale monumenten voor de provincies Drenthe en Noord-Holland zijn te vinden via <https://erfgoedmonitor.nl/> of <https://www.monumenten.nl/>. Gemeentelijke monumenten zijn in veel gevallen via de website van de betreffende gemeente te vinden.

Als een gebouw geen monument is, dan is de gevoeligheid voor trillingen van belang voor de kritische afstand. Deze gevoeligheid is afhankelijk van veel aspecten. De SBR richtlijn A hanteert een uitgebreide checklist om vast te stellen of voor een gebouw sprake is van een verhoogde gevoeligheid voor trillingen als gevolg van (lokaal) verminderde sterkte of verhoogde initiële spanningen. Deze checklist is in z'n geheel overgenomen in bijlage II van het schadeprotocol. Een bezoek aan de locatie is noodzakelijk om

aan de hand van de checklist de trillingsgevoeligheid van een gebouw vast te stellen. Wanneer dit niet mogelijk is, kan je als volgt te werk gaan.

Neem voor stap 1b aan dat een gebouw trillingsgevoelig is, tenzij:

1. zowel de wanden als de fundering van het gebouw niet bestaan uit metselwerk;
of
2. de oorzaken van verhoogde trillingsgevoeligheid en daarmee samenhangende gevolgschade op basis van de checklist kan worden uitgesloten.

Voor de beoordeling onder 2 heb je informatie nodig over het gebouw en de schade afkomstig van de melder. Op het meldingsformulier (bijlage I) is aangegeven welke informatie behulpzaam is. Tevens kan je Railmaps en enkele externe bronnen raadplegen zoals <https://www.kcaf.nl/funderingsviewer/> en <https://bodemdalingkaart.nl/>.

Met deze informatie kun je een indruk krijgen van de situatie op basis van de punten 1 t/m 7 van de checklist. De checklist bevat nog meer punten maar die leiden minder snel tot een kwalificatie "trillingsgevoelig".

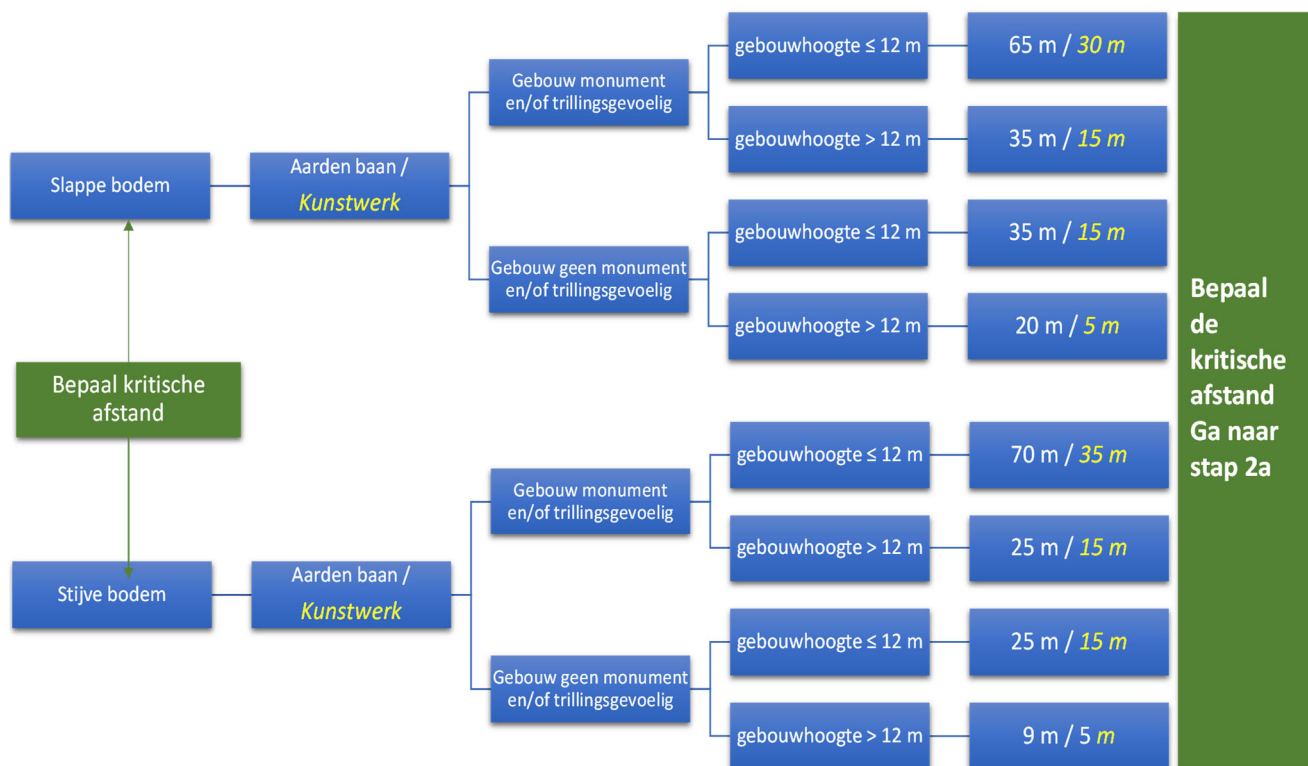
Aangenomen kan worden dat een gebouw opgebouwd uit metselwerk *niet trillingsgevoelig* is als geen van de volgende situaties van toepassing is:

- het gebouw staat zichtbaar scheef of;
- het gebouw ligt in een dijk of op de rand van een terp of in een gebied met bodemdaling of;
- het gebouw heeft veel scheuren in het voegwerk of;
- diagonale scheuren in het metselwerk of;
- horizontale scheuren vlak boven fundering of maaiveld
- grote scheuren in de gevels tussen ramen onderling of tussen ramen en deuren (lengte scheur >2 meter) of;
- één of meerdere wanden staan scheef.

Als één van bovenstaande situaties van toepassing is, dan is het gebouw dus trillingsgevoelig.

Schema stap 1b

In onderstaand schema zijn de kritische afstanden die behoren bij een kunstwerk aangegeven met gele cursief gedrukte tekst.



Werktabel stap 1b:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------------|---|--|
| Type bodem | https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens | Slap: klei of veen Stijf: overige grondsoort Overheersende grondsoort eerste 5 m onder maaiveld. |
| Spoor op aarden baan of kunstwerk? | Railmaps | Alleen kunstwerk als afstand tussen gebouw en overgang aarden baan en kunstwerk groter is dan 75 m |
| Gebouw monument? | https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/ , https://erfgoedmonitor.nl/ , https://www.monumenten.nl/ of gemeentelijke monumentenlijst | Ja of nee |
| Gebouw trillingsgevoelig? | Checklist SBR A Gebouwgegevens via melder Railmaps https://www.kcaf.nl/funderingsviewer/ https://bodemdalingskaart.nl/ | Ja of nee |
| Hoogte gebouw | Gebouwgegevens via melder of Railmaps | Groter of kleiner 12 m |
| Type bodem |(slap of stijf) | Kies de kritische afstand uit de tabel of uit het schema en ga naar stap 2a |
| Spoor ligt op |(aarden baan of kunstwerk) | |
| Monument? |(ja of nee) | |
| Trillingsgevoelig? |(ja of nee) | |
| gebouwhoogte |(kleiner/gelijk 12 m of groter 12 m) | |

Tabel: kritische afstanden stap 1b

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet trillingsgevoelig | | Afstand trillingsgevoelig | |
|-------|--------------|--------------------------------|----------|---------------------------|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 35 | 20 | 65 | 35 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 30 | 15 |
| Stijf | Aarden baan | 25 | 9 | 70 | 25 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 35 | 15 |

Bepaal de kritische afstand en neem die mee naar stap 2a.

3.2.4 Stap 2a: beoordeling stap 1b, discontinuïteiten en nieuwe kritische afstand

Beschrijving

Stap 2a bestaat uit drie delen:

1. Vergelijking van de in stap 1b bepaalde kritische afstand met de afstand van de woning tot het spoor;
2. Bepalen of er invloed is van discontinuïteiten in het spoor;
3. Eventueel bepalen van een nieuwe kritische afstand.

Deel 1:

Vergelijk de kritische afstand uit stap 1b met de afstand van de woning tot het spoor. Ligt de woning op grotere afstand tot het spoor dan de kritische afstand, dan kun je direct naar stap 6a.

Ligt de woning binnen de kritische afstand dan volgt deel 2.

Deel 2:

In deze stap bepaal je de eventuele invloed van discontinuïteiten in het spoor. Discontinuïteiten vormen een bron van trillingen en ontstaan bij:

- Wissels;
- Overwegen;
- Overgang van aarden baan naar kunstwerk of van kunstwerk naar aarden baan;
- ES – lassen;
- Compensatie-inrichtingen;
- Slechte spoorligging.

Voorbeelden van deze bronnen staan in de figuren 3.4 t/m 3.6



Figuur 3.4: voorbeelden van een wissel (links) en een ES-las (rechts)



Figuur 3.5: voorbeelden van een overweg (links) en een overgang aarden baan naar kunstwerk (rechts)



Figuur 3.6: voorbeelden van een compensatieinrichting (links) en ongelijk liggend spoor (rechts)

Als er een discontinuïteit in het spoor aanwezig is binnen een afstand van 75 meter van de woning, dan volgt stap 2b. Die discontinuïteit is meestal goed te zien door middel van Railmaps.

Om de spoorligging te bekijken, kan gebruik worden gemaakt van de gegevens van Eurailscout.

Als er geen discontinuïteit is of de afstand is groter dan 75 meter, dan speelt die discontinuïteit geen rol in de trillingen en kan een nieuwe kritische afstand worden bepaald die dichterbij het spoor zal liggen omdat een vlakke baan nu eenmaal (veel) minder trillingen veroorzaakt dan een discontinuïteit. Ga dan verder naar stap 3.

Schema stap 2a, deel 1 en 2



Werktabel stap 2a deel 1 en 2:

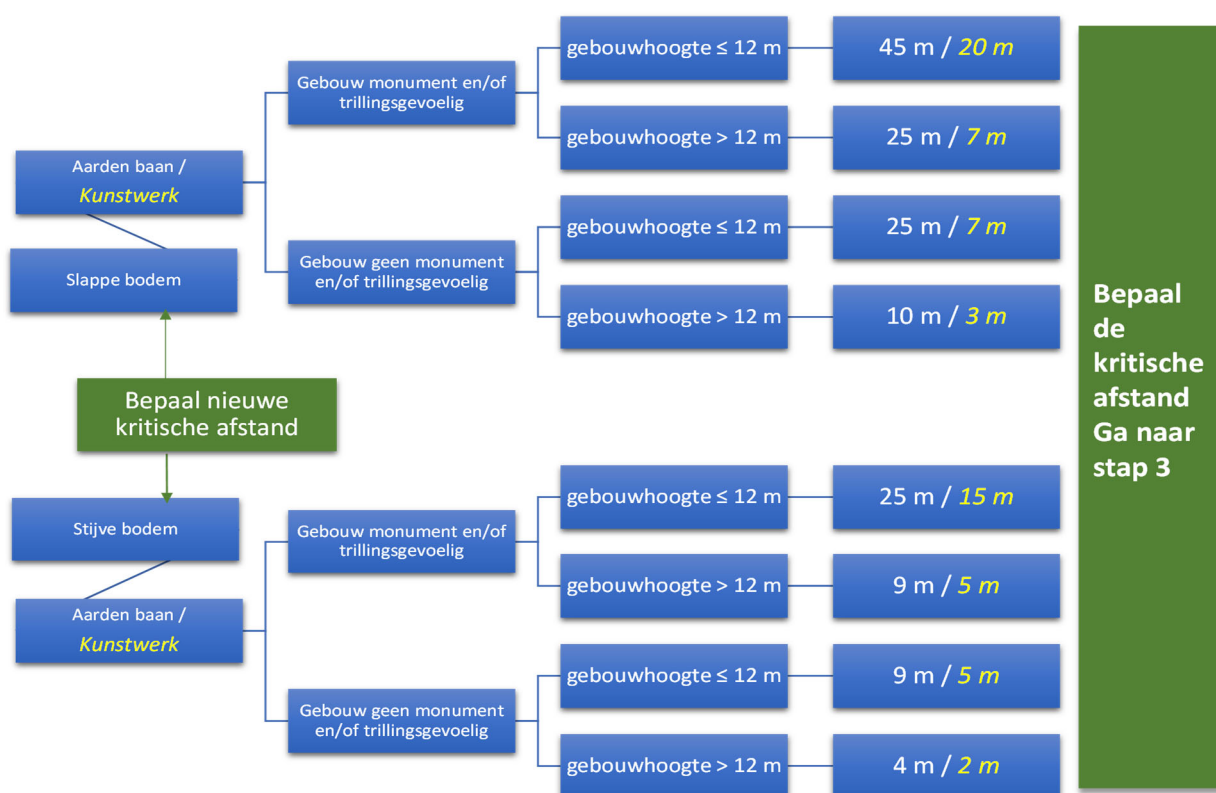
| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|-------------------------------|--|
| Kritische afstand | Stap 1a en bijbehorende tabel | |
| Afstand woning tot discontinuïteit in het spoor | Railmaps Eurailscout | Wissel, overweg, ES-las, compensatieinrichting, overgang aarden baan kunstwerk, slechte spoorligging |
| Kritische afstand |m | |
| Afstand woning > kritische afstand stap 1a? |ja/nee | Ja, ga naar stap 6a Nee, ga naar stap 2a |
| Type discontinuïteit | | Vul "geen" als er geen discontinuïteit in de buurt ligt. Ga naar stap 2a deel 3 |
| Afstand discontinuïteit | m | ≤ 75 m? ga naar stap 2b > 75 m? ga naar stap 2a deel 3 |

Beschrijving stap 2a deel 3: bepalen nieuwe kritische afstand

Hiervoor heb je dezelfde gegevens nodig als bij stap 1b. Op basis van die gegevens bepaal je de nieuwe kritische afstand.

Schema stap 2a, deel 3

In onderstaand schema zijn de kritische afstanden die behoren bij een kunstwerk aangegeven met gele cursief gedrukte tekst.



Werktabel stap 2a deel 3:

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------------|---|--|
| Type bodem | https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens | Slap: klei of veen Stijf: overige grondsoort Overheersende grondsoort eerste 5 m onder maaiveld. |
| Spoor op aarden baan of kunstwerk? | Railmaps | Alleen kunstwerk als afstand tussen gebouw en overgang aarden baan en kunstwerk groter is dan 75 m |
| Gebouw monument? | https://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/ , https://erfgoedmonitor.nl/ , https://www.monumenten.nl/ of gemeentelijke monumentenlijst | Ja of nee |
| Gebouw trillingsgevoelig? | Checklist SBR A Gebouwgegevens via melder Railmaps https://www.kcaf.nl/funderingsviewer/ https://bodemdalingkaart.nl/ | Ja of nee |
| Hoogte gebouw | Aantal verdiepingen maal 2,7 Gebouwgegevens via melder of Railmaps | Groter of kleiner 12 m |
| Type bodem |(slap of stijf) | Kies de kritische afstand uit de tabel of uit het schema en ga naar stap 3 |
| Spoor ligt op |(aarden baan of kunstwerk) | |
| Monument? |(ja of nee) | |
| Trillingsgevoelig? |(ja of nee) | |
| gebouwhoogte |(kleiner/gelijk 12 m of groter dan 12 m) | |

Tabel: kritische afstanden stap 2a deel 3:

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet trillingsgevoelig | | Afstand trillingsgevoelig | |
|-------|--------------|--------------------------------|----------|---------------------------|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 25 | 10 | 45 | 25 |
| | Kunstwerk | 7 | 3 | 20 | 7 |
| Stijf | Aarden baan | 9 | 4 | 25 | 9 |
| | Kunstwerk | 5 | 2 | 15 | 5 |

Bepaalde kritische afstand en neem die mee naar stap 3.

3.2.5 Stap 2b: invloed overweg en wegverkeer

Beschrijving stap 2b, deel 1

Stap 2b bestaat uit twee delen:

- Wordt de discontinuïteit bepaald door een overweg?
- Kunnen de trillingen van het wegverkeer ook een rol spelen in het ontstaan van trillingsschade?

Een specifieke vorm van een discontinuïteit is de overweg. Verkeer dat over de overweg rijdt of over de weg naar of van de overweg kan ook trillingen veroorzaken. Daarom is de eerste vraag in stap 2b of de discontinuïteit veroorzaakt wordt door een overweg. Op basis van de gegevens in stap 2a, deel 1 en 2 heb je al bepaald welke discontinuïteit eventueel aanwezig is.

Is de discontinuïteit geen overweg, dan ga je direct naar stap 3.

Is een overweg in het spel dan is de volgende vraag of de melder trillingen voelt die afkomstig zijn van verkeer dat over de weg rijdt, of over de overweg.

Als de melder geen trillingen voelt van het wegverkeer, dan ga je naar stap 3.

Voelt de melder wel trillingen, dan is het zaak om te bepalen of deze trillingen sterk genoeg kunnen zijn, om eventueel tot schade te leiden. Dat gebeurt in deel 2 van stap 2b.

Schema stap 2b, deel 1



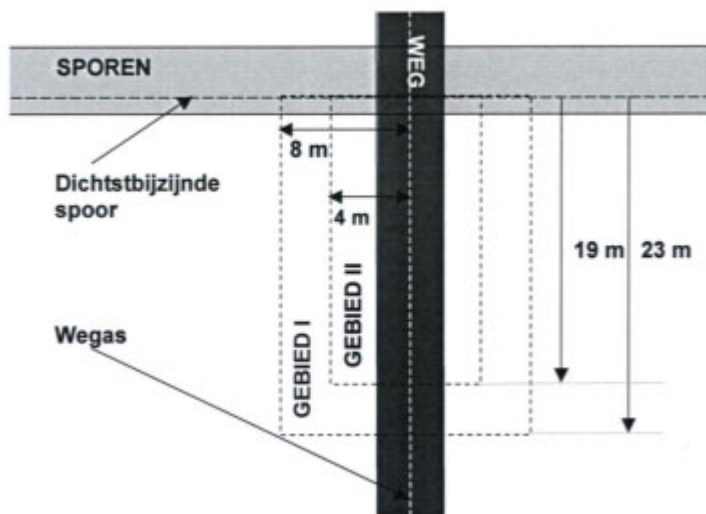
Werktabel stap 2b, deel 1

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|--|-------------------|---|
| is discontinuïteit een overweg? | Railmaps | Afstand kleiner dan 75 m tussen overweg en gebouw |
| Zijn trillingen van wegverkeer voelbaar? | Informatie melder | |
| Overweg? |ja/nee | Nee, ga naar stap 3 |
| Trillingen wegverkeer voelbaar | ja/nee | Nee, ga naar stap 3 |
| | | Ja, ga naar stap 2b deel 2 |

Beschrijving stap 2b, deel 2

In deze stap bepalen we de invloed van het wegverkeer. De gedachte is dat als wegverkeer zulke hoge trillingen veroorzaakt dat ze mogelijk tot schade kunnen leiden, de melder eerst bepaalt (of laat bepalen) wat de invloed van het wegverkeer is.

Om te bepalen of verkeerstrillingen tot schade kunnen leiden, maken we weer gebruik van een aantal afstanden zoals die zijn weergegeven in figuur 3.6. In Railmaps zijn de benodigde afstanden eenvoudig vast te stellen. *De benodigde afstanden gelden alleen als het hoogteverschil tussen spoor en overweg minder is dan 2 cm!*



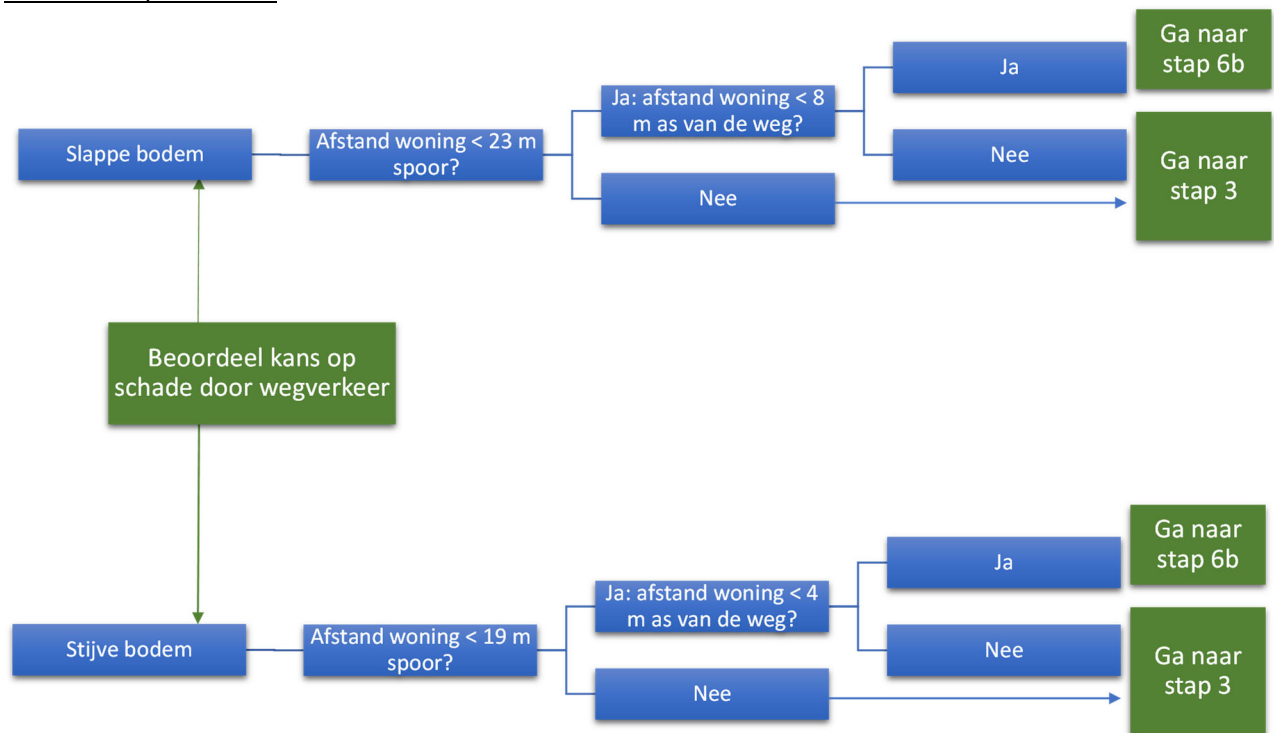
Bij een slappe bodem is de eerste vraag of het gebouw binnen 23 meter van het spoor ligt. Als hierop bevestigend kan worden geantwoord, dan is de volgende vraag of het gebouw binnen 8 meter van de as van de weg ligt. Is dit het geval, dan kan wegverkeer een rol spelen in het ontstaan van schade. Je gaat dan naar stap 6b.

Als de woning op grotere afstand van de as van de weg ligt, dan is het niet aannemelijk dat verkeerstrillingen tot schade kunnen leiden en ga je naar stap 3.

Voor een stijve bodem gelden dezelfde vragen maar dan met de afstand van 19 meter tot het spoor en 4 meter tot de as van de weg.

Als het hoogteverschil tussen de weg en het spoor groter is dan 2 cm, dan is de aanbeveling om een trillingsmeting uit te voeren. Ga naar stap 4.

Schema stap 2b deel 2



Werktabel stap 2b, deel 2

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|-------------------------------------|-------------------|---|
| Type bodem | Zie stap 1b | Slappe of stijve bodem |
| Afstand woning tot het spoor | Railmaps | |
| Afstand woning tot de as van de weg | Railmaps | |
| Type bodem |slap / stijf | |
| Afstand woning tot spoor | m | < 23 (slap) of 19 (stijf)? Nee: stap 3 |
| Afstand woning tot as van de weg |m | < 8 (slap) of 4 (stijf)? Nee: stap 3, Ja: stap 6b |

3.2.6 Stap 3: beoordeling uit stap 2a en bepaling invloed wijzigingen aan spoor

Beschrijving:

Stap 3 bestaat uit twee delen:

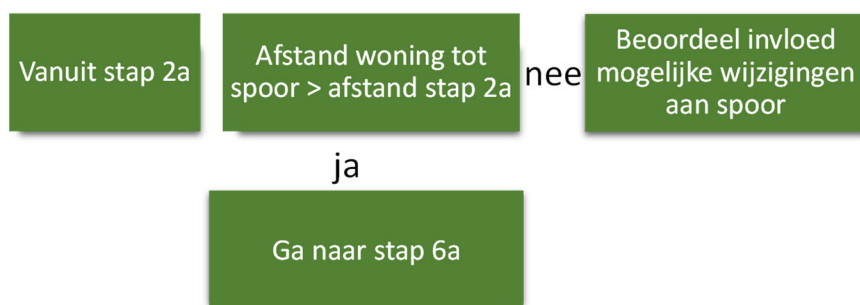
- Vergelijking van de kritische afstand uit stap 2a met de afstand van de woning tot het spoor;
- Bepalen of wijzigingen aan het spoor en/of aan de woning invloed kunnen hebben op de trillingsniveaus.

Beschrijving stap 3a

In stap 2a heb je een nieuwe kritische afstand bepaald. Als de afstand van de woning tot het spoor groter is dan deze kritische afstand, dan is de kans op schade zodanig klein dat ProRail de melding niet meer verder in behandeling neemt. Ga verder met stap 6a.

Als de afstand van de woning kleiner is dan de kritische afstand uit stap 2a, dan is het van belang om de invloed te bepalen van wijzigingen aan het spoor, aan het gebouw en in de omgeving. Ga hiervoor naar stap 3b.

Schema stap 3a



Werktabel stap 3a

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|------------------------------|-------------------|---|
| Kritische afstand | Stap 2a | |
| Afstand woning tot het spoor | Railmaps, stap 1a | |
| Kritische afstand | m | |
| Afstand woning tot spoor |m | Afstand woning tot spoor \geq kritische afstand? Ja: ga naar stap 6a Nee: ga naar stap 3b |

Beschrijving stap 3b: mogelijke invloed wijzigingen

Deze stap is te bereiken vanuit stap 3a of vanuit stap 2b.

In stap 3b bepalen we of wijzigingen aan spoor, woning of omgeving invloed kunnen hebben op de kans op schadedoor trillingen. Het eerste onderdeel betreft wijzigingen aan het spoor. De vraag is of er in de periode voor de schademelding wijzigingen aan het spoor zijn opgetreden. Denk hierbij aan:

- Verandering van het aantal sporen of het te berijden spoor;
- Verandering van de spoorligging;
- Verandering aan de spoorconstructie;
- Verandering van het type treinen;
- Verandering van de rijsnelheid.

Deze gegevens zijn intern bij ProRail op te vragen bij de afdeling Assetmanagement en het Prestatie Analyse Bureau. Daarnaast kan de bewoner ook informatie geven over eventuele veranderingen en of die tot voelbaar meer trillingen hebben geleid.

Als er niks gewijzigd is, dan is het uitgangspunt dat er geen reden is om aan te nemen dat de grenswaarden voor trillingen worden overschreden. Dit uitgangspunt is gebaseerd op de ervaringen met schademeldingen in de afgelopen jaren. In alle gevallen waar na het doorlopen van het schadeprotocol daadwerkelijk

trillingsmetingen en een bouwkundig onderzoek naar de schades zijn uitgevoerd, is geen causaal verband aangetoond. Met andere woorden: zonder wijzigingen die tot een verhoging van de trillingsbelasting kunnen leiden, is de kans heel klein dat de treintrillingen tot schade leiden. Ga daarom door naar stap 6c.

Opmerking:

Als de afstand van de woning tot het spoor veel kleiner is dan de kritische afstand uit stap 2a, is de kans groter dat de trillingen tot schade kunnen leiden. In dat geval is het aan te bevelen om stap 4 uit te voeren ook als er geen wijzigingen aan het spoor hebben plaatsgevonden.

Als er wel wijzigingen aan het spoor hebben plaatsgevonden, is het van belang om vast te stellen of ook andere wijzigingen invloed kunnen hebben gehad. We beginnen daarom met de vraag of er in de periode voor de schademelding verbouwingen aan of in de woning zijn uitgevoerd. Verbouwingen zorgen voor een herverdeling van de spanningen en belastingen in de constructie van de woning waardoor nieuwe schades kunnen ontstaan.

De melder kan informatie verstrekken over de aard, omvang en datum van een eventuele verbouwing. Eventueel kan bij de gemeente inzage in de bouwvergunning worden gevraagd.

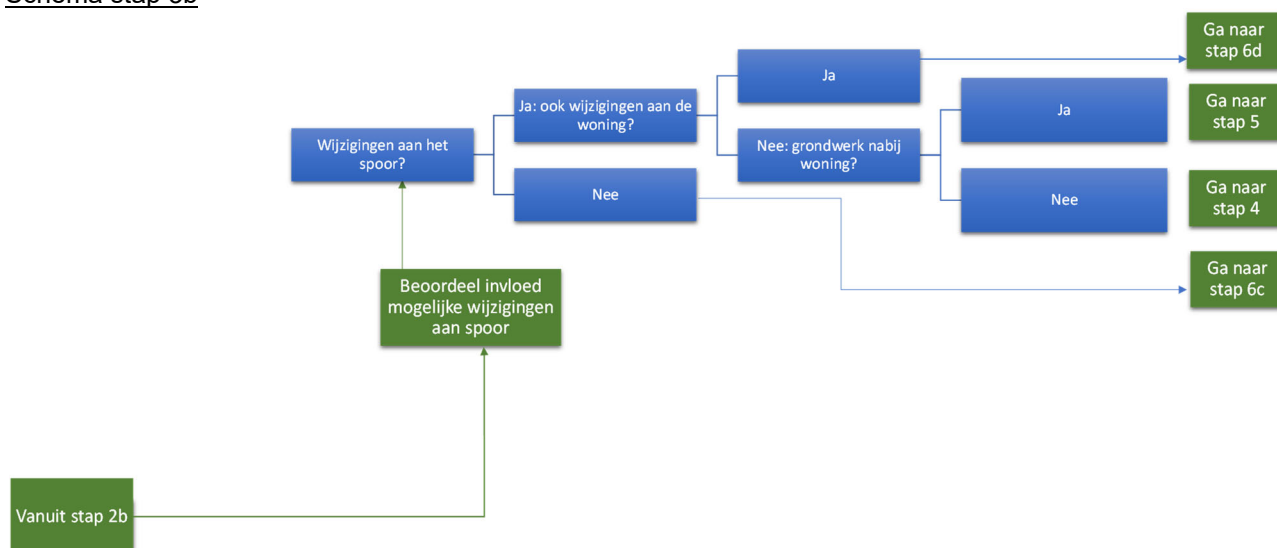
Als een verbouwing is uitgevoerd, dan dient de melder eerst te (laten) bepalen of deze verbouwing tot schade heeft geleid. ProRail gaat niet verder met behandeling van de melding. Gebruik hiervoor stap 6d.

Als er geen verbouwing aan het gebouw is uitgevoerd, kunnen werkzaamheden in de directe omgeving van het gebouw mogelijk een rol hebben gespeeld. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld heiwerk, graafwerkzaamheden of het langdurig onttrekken van grondwater bij de bemaling van bouwputten. Deze gegevens zijn na te vragen bij ProRail, de betreffende gemeente en de melder.

Zijn er geen wijzigingen in de omgeving geweest, dan is het zinvol om trillingsmetingen uit te voeren. Ga hiervoor naar stap 4.

Hebben er wel wijzigingen in de omgeving plaatsgevonden in de periode voor de schademelding, dan is het zinvol om een bouwkundig onderzoek uit te voeren naar de aard, de omvang en de mogelijke oorzaak van de schade. Ga hiervoor naar stap 5.

Schema stap 3b



Werktabel stap 3b

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|-----------------------------|--|--|
| Wijzigingen aan het spoor? | Afdeling Assetmanagement Prestatie Analyse Bureau | Verandering van het aantal sporen of het te berijden spoor, spoorligging, spoorconstructie, type treinen of rijsnelheid. |
| Wijziging aan het gebouw? | Gegevens melder, bouwvergunning gemeente | |
| Wijzigingen in de omgeving? | Gemeente, ProRail, gegevens melder | |
| Wijzigingen spoor |ja/nee | Nee, ga naar stap 6c |
| Wijzigingen aan gebouw |ja/nee | Ja, ga naar stap 6d |
| Wijzigingen in omgeving |ja/nee | Nee, ga naar stap 4 Ja, ga naar stap 5 |

3.2.7 Stap 4: uitvoeren trillingsmetingen

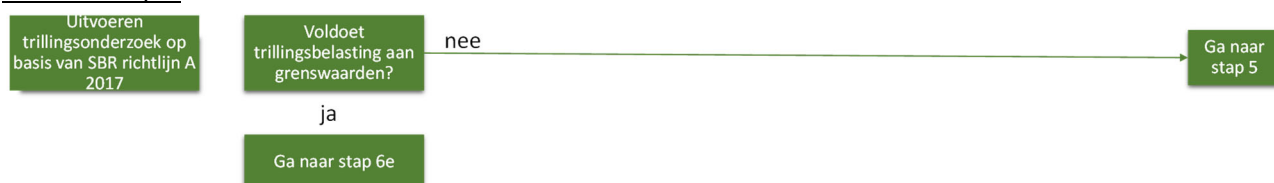
Beschrijving

Door trillingsmetingen in en aan het gebouw met de schademelding uit te laten voeren, ontstaat inzicht in de werkelijke trillingsbelasting als gevolg van de treinpassages. Voor de uitvoering van het trillingsonderzoek dient SBR richtlijn A:2017 te worden gevolgd.

Uit het trillingsonderzoek volgt of de trillingsbelasting voldoet aan de grenswaarden. In dat geval is de kans dat de treintrillingen zorgen voor schade aan het gebouw kleiner dan 1%. Op basis van SBR richtlijn A is dan sprake van een algemeen aanvaardbaar risico en kan ProRail niet voor deze schadekans aansprakelijk worden gesteld. Vervolg het protocol met stap 6e.

Blijken de grenswaarden wel te worden overschreden, dan is het nodig om een bouwkundig onderzoek uit te voeren naar de aard, de omvang en de mogelijke oorzaak van de schade. Uit het onderzoek moet blijken of er een causaal verband is vast te stellen tussen de schade en de trillingsbelasting door de treinpassages. Ga hiervoor naar stap 5.

Schema stap 4



Werktabel stap 4

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|---|--------------------|--|
| Trillingsbelasting en beoordeling | Trillingsonderzoek | SBR richtlijn A versie 2017 |
| Voldoet trillingsbelasting aan grenswaarde? |ja/nee | Nee, ga naar stap 5 Ja, ga naar stap 6e |

Opmerking: in de praktijk combineert ProRail stap 4 (trillingsonderzoek) vaak met stap 5 (bouwkundig onderzoek).

3.2.8 Stap 5: bouwkundig onderzoek

Beschrijving

Het bouwkundig onderzoek dient duidelijk te maken of er een causaal verband aannemelijk is tussen de trillingen ten gevolge van het treinverkeer en schade in het gebouw.

Bij het uitvoeren van het bouwkundig onderzoek worden alle relevante omstandigheden, bouwkundige gegevens en gebreken (de schades) van het pand vastgelegd. Daarnaast onderzoekt de schade-expert of andere schadeoorzaken dan trillingen, een rol kunnen hebben gespeeld in het ontstaan van de gemelde schade.

Indien stap 4 is overgeslagen, kan het op basis van het resultaat in stap 5 alsnog gewenst zijn om een trillingsmeting uit te voeren om het oordeel uit het bouwkundig onderzoek nader te onderbouwen.

Stap 5 leidt tot twee mogelijke antwoorden:

- Er bestaat geen causaal verband tussen de schade en de treintrillingen: ga naar stap 6f
- Er bestaat wel causaal verband tussen de schade en de treintrillingen: ga naar stap 6g

Schema stap 5



Werktabel stap 5

| Benodigde gegevens | Waar te vinden | Toelichting |
|--|----------------------|---|
| Causaal verband tussen schade en trillingen door treinen | Bouwkundig onderzoek | Uitvoering volgens bijlag X |
| Is causaal verband aannemelijk? |ja/nee | Nee, ga naar stap 6f Ja, ga naar stap 6g |

3.2.9 Stap 6: de conclusies

Op basis van de stappen 1 t/m 5 ben je uitgekomen bij stap 6a, 6b, 6c t/m 6g. In de tabel zijn de verschillende conclusies samengevat. Daarnaast is kort omschreven welke boodschap de melder van de schade mee kan worden gegeven.

Tabel stap 6

| Stap | Conclusie | Boodschap |
|------|---|--|
| 6a | Woning ligt buiten kritische afstand. Invloed treintrillingen op schadekans aanvaardbaar klein | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6b | Verkeer over de overweg heeft mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6c | Er zijn geen wijzigingen aan het spoor die tot meer trillingen kunnen leiden ten opzichte van situatie voor schademelding | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6d | Wijzigingen aan de woning hebben mogelijke relevante invloed op ontstaan schade | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6e | Trillingsbelasting zo laag dat schadekans aanvaardbaar klein is | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6f | Geen schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | ProRail stopt met onderzoek. Bewoner dient causaal verband treintrillingen zelf aan te tonen |
| 6g | Schades die gerelateerd kunnen worden aan treintrillingen | Tref een schaderegeling met de melder |

De melder van de schade kan nog verdere stappen ondernemen. Je zou de volgende tekst kunnen gebruiken in de boodschap aan de melder.

Mocht u toch van mening zijn dat treintrillingen wel tot schade hebben geleid en ProRail daarvoor aansprakelijk willen stellen, dan ligt het initiatief en de bewijslast bij u. Dit betekent dat u een onafhankelijk deskundige in moet huren om onderzoek uit te voeren. Ook is het raadzaam om een advocaat te nemen om u te begeleiden in de juridische procedure. Mogelijk dat uw rechtsbijstandsverzekering u hierbij kan helpen.

Deel C: achtergrond schadeprotocol

4 Actualisatie schadeprotocol

4.1 Aanleiding tot actualisatie

De directe aanleiding tot de wijziging van het schadeprotocol 2004 is de wijziging van SBR richtlijn A (schade aan bouwwerken) die in 2017 is gereviseerd. Daarnaast is in de loop van de jaren veel ervaring opgedaan met trillingsmetingen in het kader van schade en treinen. Die meetresultaten zijn gebruikt om de kritische afstanden opnieuw te bepalen zodat deze gebaseerd zijn op een grotere dataset dan de afstanden uit het schadeprotocol 2004. Tot slot vonden de gebruikers van het schadeprotocol dat de redactie van de verschillende documenten van het schadeprotocol 2004 beter kon en was het een wens om het protocol publieksvriendelijker te maken.

4.2 Verschillen met schadeprotocol 2004

De verschillen met het schadeprotocol 2004 zijn:

- andere kritische afstanden in stap 1a en 2a;
- geen onderscheid meer tussen goederen- en reizigerstreinen bij de kritische afstanden.
- geen onderscheid meer tussen de funderingswijze van gebouwen.
- nieuwe tekstuele versie van het schadeprotocoldocument waarin onderscheid is gemaakt tussen het schadeprotocol in schema's en tabellen (deel a), een toelichting op de keuzes in en het gebruik van het schadeprotocol (deel b) en uitleg over de achtergronden bij het schadeprotocol (deel c).
- publieksvriendelijker in de aanlevering van de benodigde gegevens.
- een aantal aangepaste verwijzingen in het schadeprotocol.

Technisch inhoudelijk is er dus niet zoveel veranderd. De bestaande stappen in het protocol zijn gehandhaafd evenals een aantal keuzemogelijkheden.

4.3 Achtergronden bij het schadeprotocol

De volgende hoofdstukken beschrijven de achtergronden bij het schadeprotocol. Sommige teksten zijn alleen redactioneel gewijzigd ten opzichte van het schadeprotocol 2004. Andere hoofdstukken zijn volledig nieuw en beschrijven het onderzoek dat is uitgevoerd door TNO om tot de nieuwe kritische afstanden te komen. Deel C van het schadeprotocol bevat de volgende onderwerpen:

- Juridische aspecten schadeclaim (hoofdstuk 5).
- Bouwkundige schade en trillingen (hoofdstuk 6).
- De nieuwe database (hoofdstuk 7).
- De nieuwe kritische afstanden (hoofdstuk 8).
- Meettechnieken ten behoeve van onderzoek (hoofdstuk 9).
- Voorstel publieksvriendelijke versie schademelding (hoofdstuk 10).

5 Juridische aspecten schadeclaim

5.1 Onrechtmatig handelen

Als een eigenaar van een gebouw denkt dat de trillingen veroorzaakt door het treinverkeer tot schade leiden of hebben geleid, kan hij/zij ProRail aansprakelijk stellen voor de geleden schade. De juridische grondslag voor de schadeclaim is de “onrechtmatige daad” (Artikel 162 Burgerlijk Wetboek Boek 6). Als onrechtmatig handelen van een partij leidt tot schade voor een andere partij, dan kan ter compensatie van de geleden schade een vergoeding worden toegewezen. De bewijslast voor het onrechtmatig handelen ligt bij de eiser.

Om een claim op een zorgvuldige manier te kunnen afhandelen heeft ProRail een schadeprotocol opgesteld. Als op basis van een beperkt aantal gegevens de kans aannemelijk is dat die treintrillingen inderdaad tot schade zouden kunnen leiden, dan steekt ProRail de helpende hand toe en neemt zij de verantwoordelijkheid over van de eiser voor het uitvoeren van een aantal onderzoeken. Juridisch gezien gaat ProRail daarmee verder dan zij verplicht is om te doen.

In veel gevallen zal ProRail op basis van het schadeprotocol aangeven dat er niet kan worden aangetoond dat de treintrillingen tot schade hebben geleid. In dat geval laat ProRail dat aan de melder weten en zal er vanuit ProRail geen verdere actie worden ondernomen. Dit betekent niet dat er voor de melder geen mogelijkheden meer zijn. De melder dient in dat geval zelf aan te tonen dat sprake is van een onrechtmatige daad. Dit betekent dat de melder zelf moet zorgen voor de benodigde onderzoeken en de kosten voor die onderzoeken moet dragen.

In het schadeprotocol is in stap 6 (paragraaf 3.2.9) voorzien dat ProRail de melder wijst op de juridische mogelijkheden die er zijn nadat ProRail heeft besloten de claim niet verder in behandeling te nemen.

5.2 Causaal verband

Een belangrijk aspect bij het vaststellen van een eventuele schadevergoeding is dat er een causaal verband dient te zijn tussen het onrechtmatig handelen en de geclaimde schade. In het geval van treintrillingen betekent dit dat trillingen als gevolg van treinpassages aantoonbaar geleid moeten hebben tot het ontstaan van nieuwe schade of het verergeren van bestaande schade.

Het aantonen van dit causaal verband is technisch ingewikkeld en vraagt veel onderzoek. Een bouwkundige schade kan namelijk door meerdere oorzaken hebben en van al die oorzaken moet worden ingeschat hoe groot de rol is geweest. Pas als andere schadeoorzaken zijn weggestreept, trillingen overblijven en sprake is van een overschrijding van de grenswaarden uit SBR richtlijn A, wordt verondersteld dat causaliteit tussen trillingen en de schade is aangetoond.

5.3 Schadevergoeding

In het schadeprotocol is opgenomen dat een schaderegeling met de melder van de schade zal worden getroffen als is aangetoond dat de treintrillingen gezorgd hebben voor schade. Voor de afstemming van deze schaderegeling is de tussenkomst van de rechter niet noodzakelijk. Als partijen het onderling kunnen regelen, is dat voldoende.

De hoogte van de schadevergoeding heeft alleen betrekking op de schade die aantoonbaar door de treintrillingen is veroorzaakt. Het betekent dus niet dat de hele woning kan worden opgeknapt op kosten van ProRail.

Bij het vaststellen van de hoogte van de vergoeding, kan ook worden gekeken naar de schadekans. In SBR richtlijn A is in de toelichting een tabel opgenomen waarin een ordegrootte van schadekans is weergegeven op basis tussen de verhouding tussen de trillingsbelasting en de grenswaarde. In toelichting 43 van de richtlijn staat onderstaande tabel:

Ordegrootte kans op schade voor draagconstructie en onderdelen van de constructie uit metselwerk

| Factor op grenswaarde | Ordegrootte kans op schade |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 x grenswaarde ($V_d/V_r = 1$) | Ongeveer 1 % |
| 1,2 | Ongeveer 3% |
| 1,5 | Ongeveer 5% |
| 2 | Ongeveer 10% |
| 3 | Ongeveer 30% |

Uit de tabel volgt dat als sprake is van een duidelijke overschrijding, de kans op schade behoorlijk toeneemt. Voor zover bekend is er nog geen jurisprudentie beschikbaar waarin de rechter de schadekans mee heeft gewogen in het vaststellen van de hoogte van het schadebedrag.

6 Bouwkundige schade en treintrillingen

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op het begrip bouwkundige schade, hoe deze schade kan ontstaan en op welke wijze trillingen daar een rol in spelen. Daarnaast geeft dit hoofdstuk een korte beschrijving van SBR richtlijn A, de richtlijn waarmee trillingen beoordeeld worden in relatie tot de kans op schade.

6.2 Bouwkundige schade

6.2.1 Wat is bouwkundige schade?

Schade aan een bouwwerk kan de veiligheid en/of levensduur van het bouwwerk beïnvloeden of leiden tot een vermindering van de gebruikswaarde of de economische waarde van het bouwwerk. Onder schade aan een bouwwerk wordt een verandering van de eigenschappen of van de positie van (een onderdeel van) een bouwwerk verstaan, met één of meer van de volgende gevolgen:

- a. een verlies van functie, zoals het bezwijken van dragende onderdelen waardoor mogelijk de constructieve veiligheid in het geding komt;
- b. een vermindering van de integriteit van het onderdeel of van het bouwwerk als geheel met betrekking tot zijn dragende functie, waarbij sprake is van een significante vermindering van de veiligheid op de korte of langere termijn (vermindering van de verwachte levensduur);
- c. het bezwijken van onderdelen van het bouwwerk die weliswaar niet tot de draagconstructie behoren (zoals niet dragende scheidingswanden, plafonds, ornamenten en dergelijke), maar waarvan het bezwijken de veiligheid van personen die zich in of nabij het bouwwerk bevinden, in gevaar kan brengen;
- d. een vermindering van de economische waarde of van de gebruikswaarde, zoals bij scheurvorming in metselwerk, bekledingen van constructiedelen, afwerkklagen of betegeling zonder dat daarbij de veiligheid van personen die zich in of nabij het bouwwerk bevinden, in gevaar komt.

De schadevormen a, b en c hebben invloed op de (constructieve) veiligheid van het gebouw en zijn daarom te beschouwen als constructieve schade.

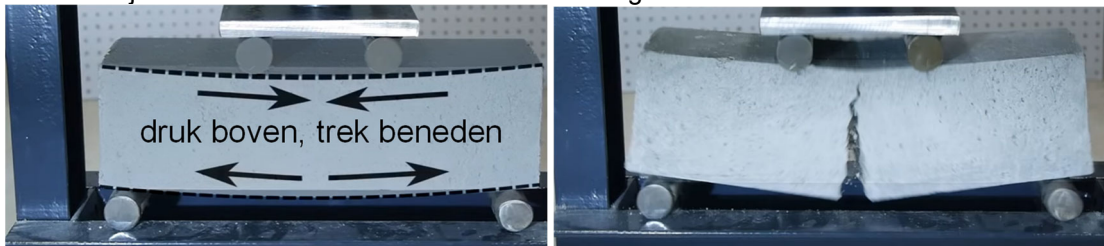
De schadevorm d heeft geen betrekking op de constructieve veiligheid maar op een verstoring van het aanzicht van het betreffende onderdeel van het gebouw en wordt daarom gezien als niet-constructieve schade.

6.2.2 Hoe ontstaat bouwkundige schade?

Bouwkundige schade kan bijvoorbeeld ontstaan door de invloed van vocht, temperatuur, straling (bijvoorbeeld UV), chemische reacties of belastingen. Deze invloeden kunnen van buiten het gebouw komen of in het gebouw zelf veroorzaakt worden. In de eerste categorie valt bijvoorbeeld de belasting door wind of door bodembewegingen. In de laatste categorie vallen belastingen door meubilair, het lopen van personen en het slaan met deuren.

Veel van deze invloeden leiden ertoe dat spanningen in de bouwconstructie optreden en ook in onderdelen van gebouwen die niet zijn bedoeld om belastingen te dragen. Hierbij valt te denken aan thermische spanningen of spanningen door wijziging in vochtgehalte. Deze spanningen treden met name daar op waar de vrije vervorming van een bouwdeel wordt belemmerd, bijvoorbeeld op aansluitingen met andere bouwdeelen. Ook belastingen van buiten of binnen het gebouw leiden tot additionele spanningen in de bouwconstructie en vaak onbedoeld ook in niet-dragende onderdelen van een gebouw. Het verbouwen van een gebouw of het aanbouwen aan een gebouw leidt ook tot een verandering van de belastingen en kan delen van de constructie belasten die daar niet op zijn ontworpen.

In de meeste gebouwen is gebruik gemaakt van steenachtige bouwmaterialen. Steenachtige materialen hebben het kenmerk dat zij uitstekend drukspanningen kunnen opnemen, maar slecht in staat zijn om trekspanningen op te nemen. In de meeste gebouwen doet bouwkundige schade zich dan ook voor in de vorm van scheuren of in de vorm van onthechting (losraken van tegels, stucwerk). Figuur 6.1 geeft een voorbeeld van het ontstaan van schade door trekkrachten in een betonnen balk. De druk die aan de bovenzijde van de balk wordt uitgeoefend, leidt tot een trekkracht aan de onderzijde van de balk. De balk scheurt het eerste aan de onderzijde omdat de balk de trekkrachten minder goed kan weerstaan.



Figuur 6.1: ontstaan van schade als gevolg van trekkrachten in een betonnen balk door druk van bovenaf

Trillingen zorgen voor wisselende belastingen. Tijdens de passage van een trein wisselt de trillingsnelheid en daarmee de aanstoting en belasting van het gebouw. Maar ook zonder de belastingen door de trein, ondervindt de constructie van het gebouw een belasting. Die kan statisch zijn (bijvoorbeeld de druk van het dak op de muren) maar ook dynamisch (bijvoorbeeld de belasting door de wind of trillingen door treinen of wegverkeer). Zolang de combinatie van alle belastingen onder de belastbaarheidsgrens blijft van de bouwkundige constructie, zal geen schade ontstaan. Ook niet als de belasting heel vaak voorkomt. Steenachtige materialen kennen namelijk geen vermoeiing. Als de combinatie van belastingen tot een overschrijding van de belastbaarheidsgrens leidt, treedt de schade op. Dat hoeft niet direct een grote duidelijk zichtbare schade te zijn maar kan beginnen als een kleine (onzichtbare) schade. Als de belasting vervolgens voortduurt, zal de schade over het algemeen snel toenemen.

Ook veroudering van materialen speelt een rol bij het ontstaan van bouwkundige schade. Door veroudering verliest een materiaal zijn elasticiteit en kan het materiaal steeds minder goed tegen de wisselende belastingen. De kans op schade neemt voor oudere bouwwerken daardoor toe.

Uit bovenstaande beschrijving blijkt dat het aantal oorzaken van bouwkundige schade groot is. Omdat een gebouw gedurende het normale gebruik aan een groot aantal invloeden van buiten en binnen is blootgesteld en omdat niet dragende onderdelen van gebouwen meestal niet expliciet zijn ontworpen om de daaruit volgende spanningen op te nemen, is praktisch geen enkel gebouw geheel schadevrij.

Het grote aantal oorzaken brengt ook met zich mee dat als zich eenmaal schade voordoet, het niet bepaald eenvoudig is om met zekerheid vast te stellen waardoor deze schade is ontstaan. TNO heeft een eigen, tussen 2009 en 2011 ontwikkelde methodiek¹ om de schadeoorzaak te kunnen bepalen. Die methodiek houdt in dat op basis van informatie over het verloop van de (wijdte van de) scheuren, de bouwkundige opbouw van de gescheurde bouwdelen en een inschatting van de optredende belastingen in het pand, wordt vastgesteld of de schade veroorzaakt kan zijn door één of meer van de volgende hoofdoorzaken:

- (veranderende) belastingen;
- verhinderde dan wel opgelegde vervormingen;
- ongelijkmatige zettingen² in de ondergrond;

¹ TNO rapport 2011-02980 "Methodiek voor onderzoek naar de oorzaak van gebouwschade – versie 2".

² "zetting" is de samendrukking van grondlagen en "zakking" hoort bij het zakken van een gebouw. Zakking van een gebouw kan optreden door zetting van de bodem onder de fundering van het gebouw.

Omdat de beschreven methode geen exacte wetenschap is en vaak meerdere schadeoorzaken mogelijk een rol kunnen spelen, is het vaststellen van de waarschijnlijke oorzaak in de meeste gevallen het beste resultaat dat kan worden bereikt. Om de invloed van trillingen op de kans op schade te bepalen, gebruiken we SBR richtlijn A.

6.3 SBR richtlijn A

6.3.1 Inleiding

SBR Richtlijn A uit 2017 heeft, net als haar voorgangers, als onderwerp het beoordelen van trillingsmetingen in relatie tot schade aan gebouwen. Er wordt getoetst aan de grootheden trillingsnelheid en trillingsversnelling. Deze grootheden kunnen in elkaar worden omgerekend. Voor de beoordeling van de draagconstructie in een gebouw is de maximaal gemeten trillingsnelheid v_{top} van belang als beoordelingsparameter bij de waargenomen dominante frequentie. Voor de fundering wordt gebruik gemaakt van zowel de maximale gemeten trillingsnelheid als de maximaal gemeten versnelling bij de waargenomen dominante frequentie.

6.3.2 Wijzigingen in SBR Richtlijn A

Voor de beoordeling of er kans is op schade aan bouwwerken veroorzaakt door trillingen, wordt in Nederland gebruik gemaakt van SBR Richtlijn A. Deze richtlijn is in 2017 herzien ten opzichte van de vorige versie uit 2002 (heruitgegeven in 2006). In het kader van deze herziening zijn de volgende belangrijke aanpassingen gedaan:

1. De richtlijn is voorzien van toelichtende teksten die de gemaakte keuzes verklaren en waar nodig aanvullende informatie geven.
2. Er wordt onderscheid gemaakt tussen trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige gebouwen. Voorheen werd dit onderscheid ook gemaakt maar anders benoemd (tussen metselwerk in goede staat en metselwerk in slechte staat). Er is ten behoeve van het maken van het onderscheid een checklist met procedure gegeven waarmee op basis van (vooral) uiterlijke kenmerken, een gebouw kan worden ingedeeld als al dan niet trillingsgevoelig.
3. Er is in de toelichting een orde van grootte kans op schade aangegeven, gegeven de mate waarin de rekenwaarde voor de grenswaarde wordt overschreden. Deze kansen zijn indicatief. De waarden zijn afgeleid aan de hand van een evaluatie van een database met daarin geanonimiseerde dossiers waarbij trillingsmetingen en bouwkundige opnames zijn uitgevoerd. In deze database zijn meerdere trillingsbronnen opgenomen.
4. Er is een nieuwe eis geformuleerd voor de beoordeling van trillingsgevoelige funderingen. Dit zijn funderingen die door hun type en door de samenstelling van de bodem gevoelig zijn voor zettingen. Deze eis is gebaseerd op een door Deltares uitgevoerde beschouwing uitgevoerd naar de relatie tussen optredende (herhaalde) trillingen en de mate waarin lokale zettingen op kunnen treden. Dit is vertaald naar een eis voor zowel een maximaal toelaatbare snelheid als een maximaal toelaatbare trillingsversnelling.

6.3.3 Invloed op het schadeprotocol

Voor de bovengenoemde vier belangrijke aanpassingen is hieronder gegeven hoe deze van belang zijn voor het schadeprotocol.

Ad 1

De toelichtingen in de SBR Richtlijn A geven op zichzelf geen reden om aanpassingen aan het protocol te doen. Naast de toelichting in de SBR Richtlijn is tijdens de herziening een aantal achtergrondrapportages gepubliceerd. De relatie tussen trillingen en schade is ten behoeve van SBR Richtlijn A omschreven en toegelicht in achtergrondrapporten van Deltares en TNO, die op verzoek beschikbaar zijn.

Ad 2

In het schadeprotocol uit 2004 is voor het bepalen van de afstandsrelaties uitgegaan van de grenswaarden voor categorie 3 (metselwerk in slechte staat). Daarbij is bij het opstellen van het protocol geen rekening gehouden met het toenemen van de grenswaarde voor hogere frequenties, maar is de laagste waarde (die voor dominante frequenties lager dan 10Hz) gehanteerd.

Deze grenswaarde is dezelfde als die thans gevonden wordt voor trillingsgevoelige metselwerk gebouwen, of monumenten van metselwerk. Dit is ook de strengste grens die uit de SBR A Richtlijn volgt. Met betrekking tot deze keuze voor de te hanteren grenswaarde hoeft het protocol niet te worden aangepast.

Ad 3

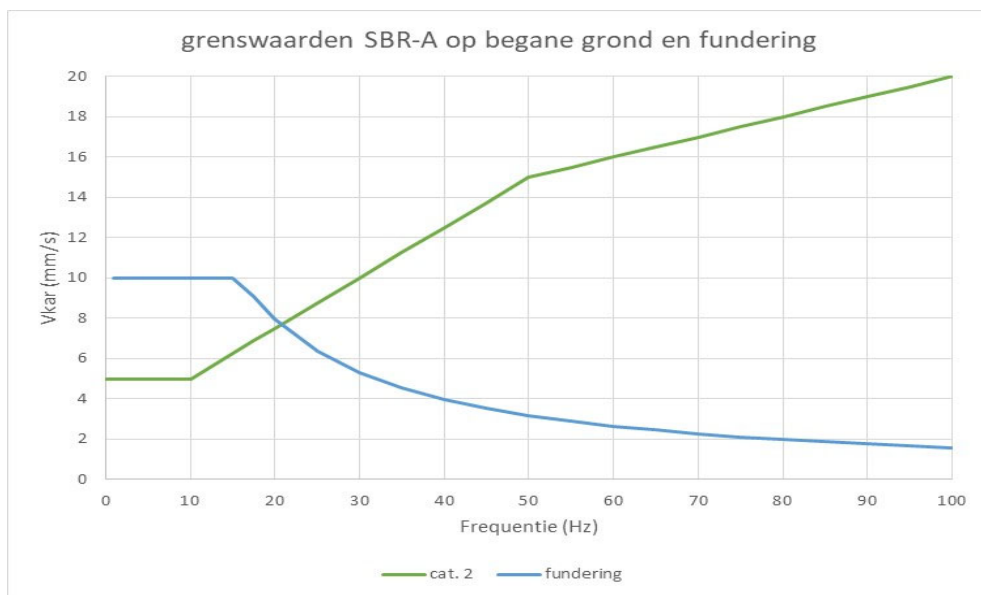
De orde grootte kans op schade bij de grenswaarde is omschreven als ongeveer 1%. Dit komt overeen met de aanname uit het schadeprotocol van 2004. Dit uitgangspunt blijft dus hetzelfde voor het nieuwe protocol. In het protocol wordt een contour rond het spoor gedefinieerd (aan de hand van een afstand) waarbuiten de kans op schade kleiner is dan 1%. Er zijn geen afstanden gedefinieerd voor andere schadekansen. Dit is ook niet gedaan voor het nieuwe protocol.

Ad 4

In het huidige protocol is niet expliciet rekening gehouden met de grenswaarden voor trillingsgevoelige funderingen. Impliciet is verondersteld dat deze voor railverkeer niet maatgevend zijn.

In de nieuwe SBR A richtlijn is voor funderingen naast een eis voor de maximaal optredende trillingsnelheid ook een eis geformuleerd voor de maximaal optredende versnelling. Er zijn afzonderlijke veiligheidsfactoren gegeven voor de beoordeling van de fundering.

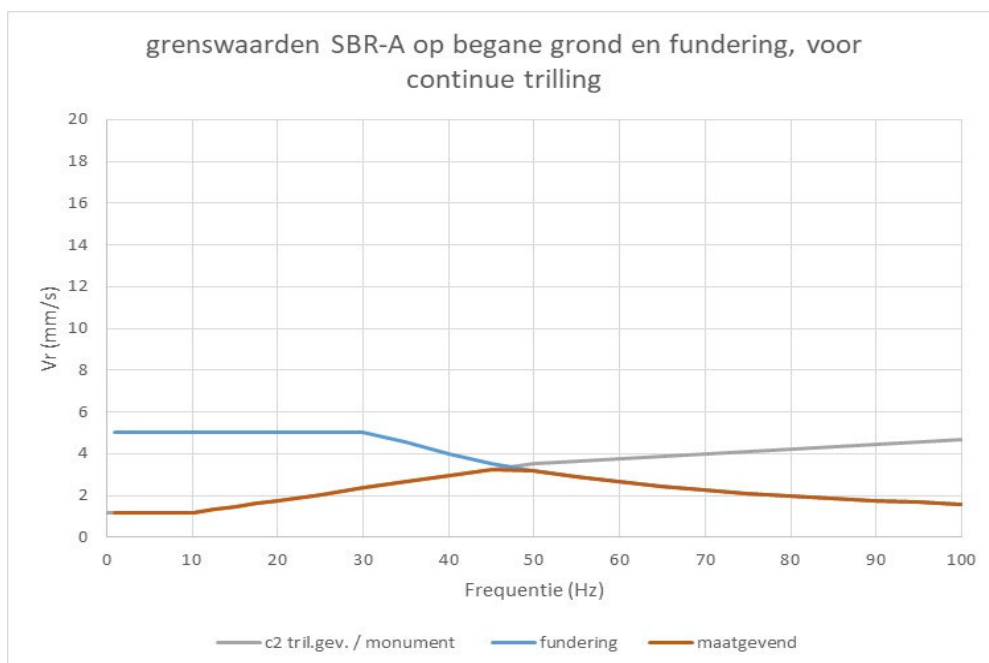
In figuur 6.2 zijn de karakteristieke waarden voor de grenswaarden gegeven voor categorie 2 (metselwerk gebouwen) en voor de trillingsgevoelige fundering (met C_D gelijk aan 1). De waarde voor a_{kar} voor funderingen is omgerekend naar een equivalente v_{kar} . Hierin is de waarde voor de fundering maatgevend vanaf ongeveer 20 Hz.



Figuur 6.2: Karakteristieke waarden voor de grenswaarden voor metselwerk gebouwen en voor een trillingsgevoelige fundering

In figuur 6.3 zijn beide grenswaarden uitgewerkt tot rekenwaarden voor de beoordeling van continue trillingen, voor een trillingsgevoelige constructie. De volgende factoren uit SBR Richtlijn A zijn toegepast:

- Trillingsgevoelig gebouw ($\gamma_s = 1,7$)
- Railverkeer is een continue trilling ($\gamma_t = 2,5$ voor gebouw, en $\gamma_t = 2,0$ voor fundering)



Figuur 6.3: Rekenwaarden voor de grenswaarden voor trillingsgevoelige gebouwen en funderingen

In het bereik tussen 1 en 100 Hz volgt hieruit dat een rekenwaarde voor de grenswaarde van 1,17 mm/s (die wordt gevonden beneden 10 Hz) ook de grenswaarden voor hogere frequenties (tot 100 Hz) afdekt.

In het oude protocol is voor het vaststellen van de afstandscontouren uitgegaan van een waarde van 1,2 mm/s, wat overeenkomt met de hierboven afgeleide waarde. Er is geen reden om hiervan af te wijken.

6.3.4 Niet in de SBR Richtlijn

De SBR Richtlijn geeft geen richtlijnen voor het vaststellen van en beoordelen van schade. Er worden geen aanwijzingen gegeven voor het uitvoeren van een bouwkundige opname. De richtlijn beoordeelt uitsluitend of de gemeten niveaus van trillingen voldoen aan de gestelde grenswaarden. Er zijn ook geen richtlijnen gegeven voor het uitvoeren van andere metingen dan trillingen. Hoofdstuk 9 gaat in op aanvullende meettechnieken.

7 Nieuwe database

7.1 Inleiding

De database die ten grondslag ligt aan de kritische afstanden uit het schadeprotocol 2004, is gebaseerd op metingen in de jaren 90 van de vorige eeuw. Het aantal metingen was toen echter beperkt. De wens was om bij de revisie van het schadeprotocol meer metingen te gebruiken om de onderbouwing van de afstanden een betere basis te geven. Dat is ook mogelijk want in de periode tussen 2004 en 2019 zijn in opdracht van ProRail veel trillingsmetingen aan treinpassages uitgevoerd. Die meetgegevens zijn verzameld en in een database gezet. De database is gebruikt om de kritische afstanden opnieuw te bepalen.

7.2 Opzet database

De database is opgezet in Excel zodat de data makkelijk toegankelijk is. Bij het opstellen van de database is rekening gehouden met de benodigde gegevens voor het schadeprotocol en de mogelijkheden om die gegevens achteraf nog te verzamelen mochten ze tijdens de uitvoering van het betreffende onderzoek niet zijn meegenomen. De database bevat de volgende gegevens:

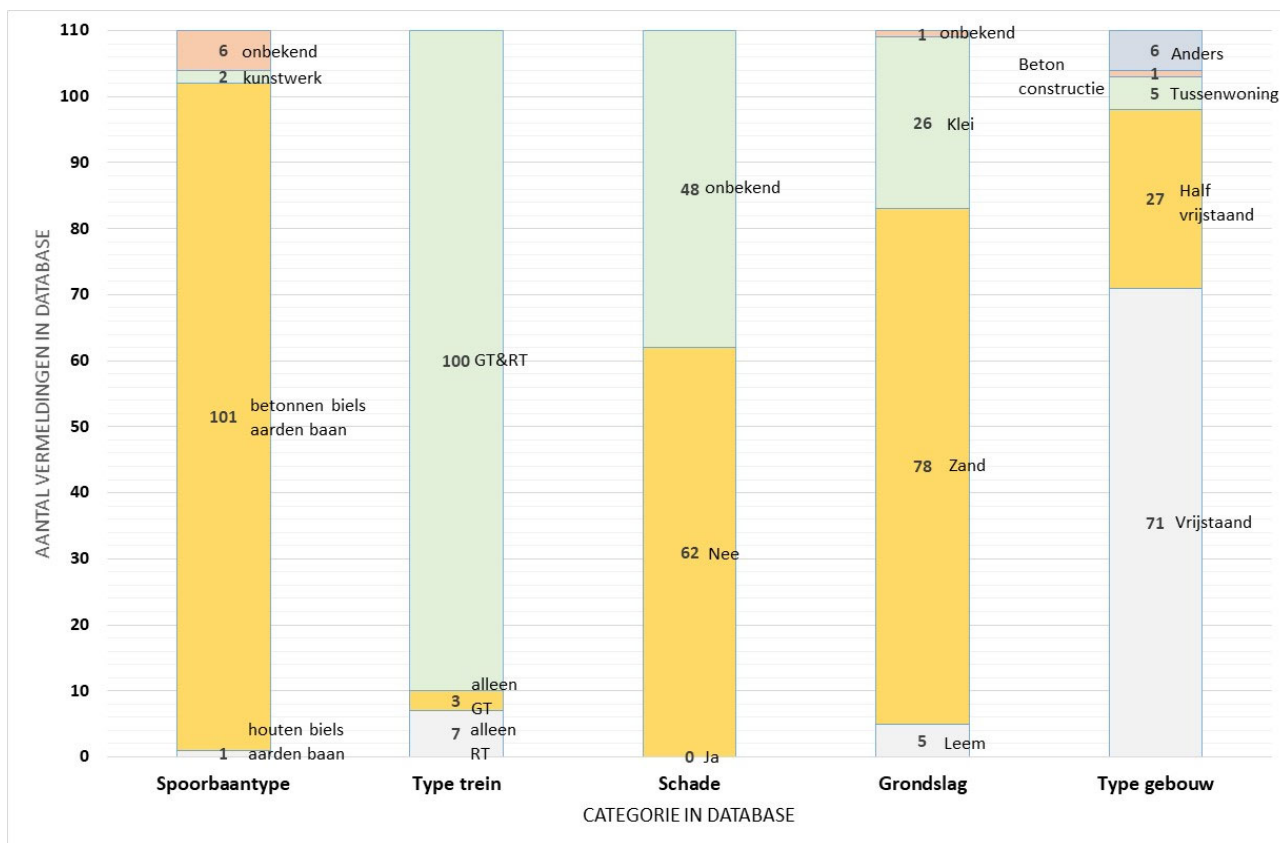
| | |
|-------------------------------|---|
| Meetduur [dagen] | Afgerond op hele dagen |
| V_{top} [mm/s] | Gemeten waarde zonder veiligheidsfactoren, afgerond op 1 decimaal |
| F_{dom} [Hz] | De dominante frequentie volgens SBR A afgerond op hele getallen |
| Datum | Datum dat gemeten V_{top} is opgetreden |
| Tijd | Tijdstip dat gemeten V_{top} is opgetreden |
| Overweg of KW [ja/nee] | Is er een overweg of kunstwerk (KW) aanwezig binnen 75 m van het meetpunt? |
| Afstand tot overweg [m] | Afstand afgerond op hele getallen |
| Afstand tot spoor [m] | Afstand tot midden dichtstbij gelegen spoor (dus tussen de rail) afgerond op hele getallen |
| Spoorbaantype | Houten bielzen op aarden baan, betonnen bielzen op aarden baan, spoor op kunstwerk |
| Type trein | Alleen reizigers, alleen goederen, goederen en reizigers vanuit netverklaring bijlage 13 |
| Maximale rijsnelheid [km/uur] | Indicatie maximale rijsnelheid vanuit netverklaring bijlage 16 |
| Exacte rijsnelheid [km/uur] | Rijsnelheid behorende bij V_{top} afgerond op tiental |
| Type gebouw/object | Vrijstaand, half vrijstaand, tussenwoning, appartement/kantoor < 4 lagen, appartement/kantoor > 4 lagen, betonconstructie groot, betonconstructie klein |
| Trillingsgevoelig [ja/nee] | Op basis van SBR A:2017 en categorie 3 SBR A: 2002 |
| Grondslag | Hoofdbestanddeel top 3 meter boormonster. Klei, zand, veen, leem |
| Schade [ja/nee/onbekend] | Alleen ja als causaal verband tussen schade en treintrillingen is aangetoond |

Niet alle informatie was direct aanwezig maar veel informatie kon achteraf nog worden opgezocht of opgevraagd. Was informatie niet bekend, dan is dit als zodanig aangegeven.

7.3 Resultaat

In de database zijn 110 regels opgenomen met data. In het totaal is gebruik gemaakt van de gegevens van zeven verschillende onderzoeksbureaus.

Figuur 7.1 toont de resultaten voor de rubrieken spoorbaantype, type trein, type gebouw, grondslag en of er schade is vastgesteld.



Figuur 7.1: resultaat database voor verschillende categorieën

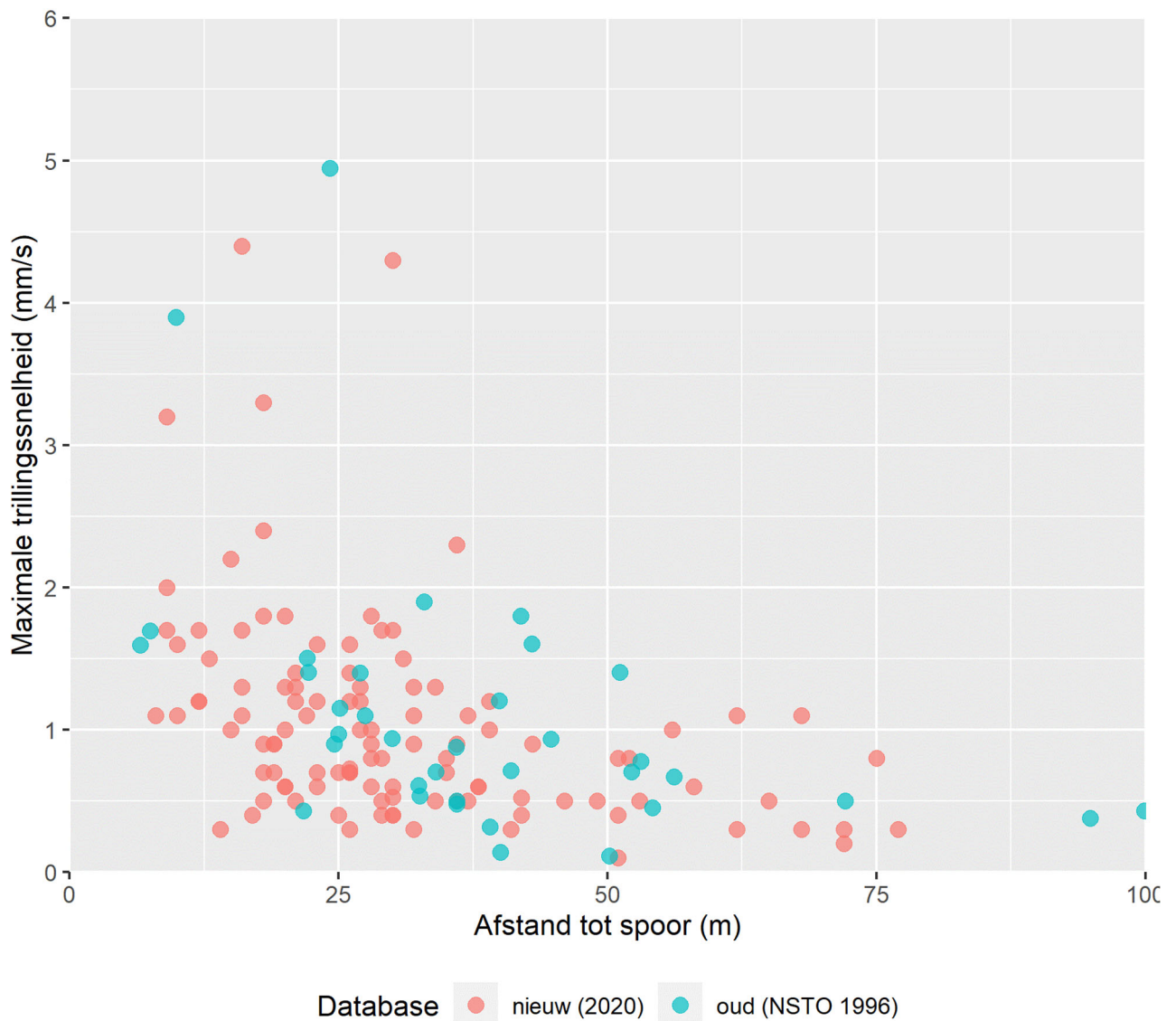
Uit figuur 7.1 blijkt dat de meeste gegevens beschikbaar zijn:

- voor spoor op aarden baan met betonnen bielen;
- bereiden door zowel goederen- als reizigerstreinen;
- waarbij de gebouwen gelegen zijn op een zandbodem;
- en voornamelijk uit vrijstaande woningen bestaan;
- waarbij in meer dan de helft van de woningen geen schade is ontstaan.

Met betrekking tot de aanwezigheid van schade blijkt verder dat in de overige 48 gebouwen onbekend is of er schade is ontstaan. In geen enkel geval uit de database is een causaal verband tussen treintrillingen en schade vastgesteld. Dat wil niet zeggen dat er geen verband zou kunnen zijn. In 44% is dat verband namelijk niet onderzocht.

Bovenstaande figuur maakt ook duidelijk dat voor een aantal aspecten (zoals het treintype en het type spoorbaan) onvoldoende data aanwezig is om de invloed van alle variabelen goed in beeld te brengen. Het onderscheid tussen de invloed van goederen- en reizigerstreinen is bijvoorbeeld niet te maken omdat er maar drie metingen zijn waar alleen goederentreinen hebben gereden en maar 7 metingen waar alleen reizigerstreinen zijn gepasseerd.

De resultaten van de gemeten V_{top} waarden zijn vergeleken met de V_{top} waarden uit het onderzoek van TNO uit 1998. Figuur 7.2 toont het resultaat. De oude meetwaarden zijn weergegeven met een blauw bolletje, de nieuwe waarden met een oranje bolletje. Uitgezet is V_{top} tegen de afstand tot het spoor.



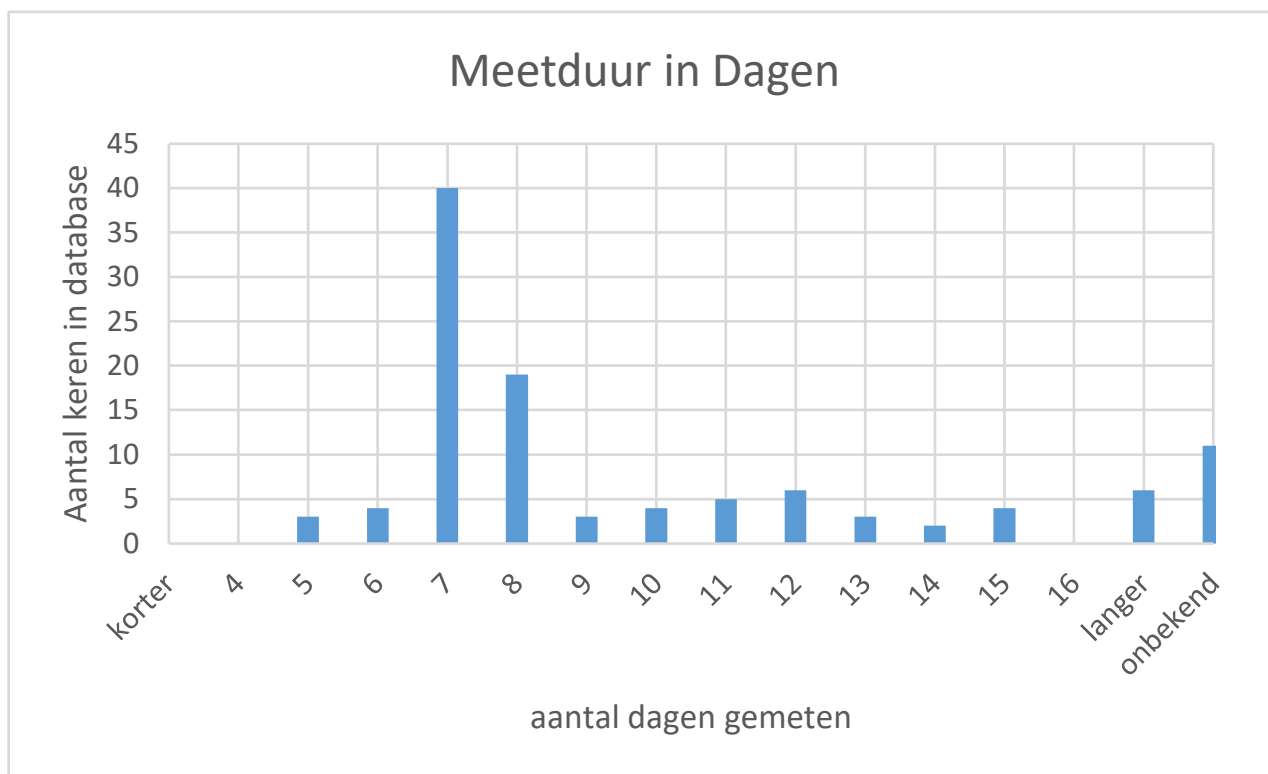
Figuur 7.2: vergelijking V_{top} oude database (zwarte markering) en nieuwe database (oranje markering) versus de afstand tot het spoor

Figuur 7.2 maakt duidelijk dat de V_{top} waarden uit de oude en de nieuwe database in hetzelfde bereik liggen.

De nieuwe database bevat ook informatie over de meetduur waarover V_{top} is bepaald. De meetduur is van belang omdat duidelijk is geworden dat een lange meetduur leidt tot een hogere V_{top} ten opzichte van een korte meetduur. Deze trend was al bekend vanuit de trillingsonderzoeken naar hinder waarbij de V_{max} wordt bepaald. Dit zal niet anders zijn voor de bepaling van V_{top} omdat zowel V_{max} als V_{top} betrekking hebben op de hoogste waarde over de meetperiode.

In het verleden werd vaak volstaan met het meten van één of enkele dagen omdat het uitvoeren van langdurende metingen en het verwerken van de meetdata een complexe en kostbare aangelegenheid was. Inmiddels is de meetapparatuur en de analysesoftware zover gevorderd dat het relatief eenvoudig is om weken zo niet maanden te meten en die meetdata te analyseren.

Figuur 7.3 toont de verdeling van de meetduur voor de gegevens uit de nieuwe database.



Figuur 7.3: meetduur in dagen behorende bij de verschillende data in de database

Het is geen verrassing dat in 54% van de 110 dataregels de meetduur 7 of 8 dagen bedraagt. Tenslotte is een meetduur van 7 dagen opgenomen in de SBR richtlijn A. Er wordt maar beperkt langer gemeten. Twee weken of meer komt maar in 11% van de dataregels voor. In het gebruik van de gegevens uit de database is rekening gehouden met het effect van de meetduur.

7.4 Gebruik database in het onderzoek

Omdat niet van alle variabelen in de database genoeg data aanwezig is, is het niet mogelijk om rechtstreeks uit de meetdata de kritische afstanden af te leiden. Daarom is gekozen voor een statistische benadering. De verschillen in meetduur zijn eveneens op statistische wijze verwerkt zodat voor alle data uiteindelijk een waarde voor V_{top} is gebruikt die correspondeert met een meetduur van één week.

8 Bepaling nieuwe kritische afstanden

8.1 Werkwijze en uitgangspunten

TNO heeft in haar rapport TNO 2020 R 10620³ beschreven op welke wijze het onderzoek is uitgevoerd naar de nieuwe kritische afstanden. Hoofdstuk 8 geeft een samenvatting van de gevolgde stappen in dit onderzoek. In bijlage IV is de rapportage van TNO opgenomen.

In het TNO onderzoek is een statistische benadering gekozen die uit drie stappen bestaat:

1. Ontwikkel een functie die de relatie tussen V_{top} en de afstand tot het spoor beschrijft. Hiervoor is een wiskundig model gefit op de trillingsgegevens uit de database. Dit model houdt rekening met:
 - a. onzekerheden;
 - b. het verschil in de meetduur.
2. Bepaal de grenswaarde(n) voor V_{top} en de overschrijdskans van V_{top} .
3. Gebruik het model uit stap 1 en de grenzen uit stap 2 om de kritische afstand te bepalen.

Bovenstaande werkwijze komt in grote lijnen overeen met de werkwijze uit het TNO onderzoek dat in 2004 is uitgevoerd voor het schadeprotocol 2004. De volgende zaken wijken af ten opzichte van het 2004 onderzoek:

- Het effect van de meetduur op V_{top} . In het wiskundige model is opgenomen dat de kans op een hogere V_{top} toeneemt als de meetduur toeneemt.
- Er is op andere wijze met de onzekerheid in de voorspelling omgegaan. Hiervoor is een andere wiskundige verdeling aangehouden die beter past bij de resultaten uit de database.
- De functie voor de beschrijving van de relatie tussen V_{top} en de afstand tot het spoor is verbeterd zodat negatieve trillingssnelheden niet meer voorkomen.
- Het wiskundig model is specifiek gebaseerd op de resultaten uit de database en er is aangegeven op welke wijze nieuwe metingen kunnen worden opgenomen in het model.

De grenswaarden zijn gebaseerd op SBR richtlijn A, versie 2017. De grenswaarden voor de draagconstructie begane grond zijn leidend. Deze grenswaarden zijn frequentieafhankelijk maar in het TNO onderzoek is uitgegaan van de strengste grenswaarden gebaseerd op het frequentiebereik tussen de 1 en 10 Hz zodat met één getal als grenswaarde kan worden volstaan. In veel gevallen zijn deze lage frequenties maatgevend in de treintrillingen. Uit de database blijkt namelijk dat in 59% van de dataregels, de dominante frequentie in het gebied van 1 t/m 10 Hz ligt en 18% tussen de 10 en 16 Hz. Van 23% is de dominante frequentie niet bekend. De gekozen grenswaarde vormt dus een veilig uitgangspunt.

Er zijn twee grenswaarden zijn gebruikt:

- 2 mm/s voor categorie 2 bouwwerken die niet trillingsgevoelig zijn en niet monumentaal.
- 1,2 mm/s voor categorie 2 bouwwerken die trillingsgevoelig zijn en/of monumentaal.

De schadekans is ook overgenomen uit SBR richtlijn A en ligt op 1% als de gemeten trillingssnelheid V_{top} inclusief alle factoren gelijk is aan de grenswaarde.

Zowel de oude als de nieuwe database zijn bij het onderzoek betrokken om maar zoveel mogelijk input te kunnen gebruiken voor alle variabelen. De data is verdeeld in verschillende datagroepen. Tabel 8.1 toont een overzicht. In de tabel staat of de datagroep oud of nieuw is (kolom 1), over welke periode data beschikbaar is

³ A revision of ProRail's damage-protocol on train induced vibration in the light of new measurement data, 17 april 2020, C.P.W. Geurts, Á. Rózsás

(kolom 2), welke waarde voor die periode beschikbaar is (kolom 3), hoeveel data er is (kolom 4) en welke afkorting is gebruikt voor de betreffende datagroep (kolom 5).

Tabel 8.1 overzicht datagroepen

| Bron data | Periode | Type waarde | Hoeveelheid data | Afkorting datagroep |
|------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Oud (1996) | meetperiode | 1 V_{top} per meetperiode | 36 V_{top} waarden | O-M-SM |
| Nieuw | meetperiode | 1 V_{top} per meetperiode | 110 V_{top} waarden | N-M-SM |
| Nieuw | dag | 1 V_{top} per dag | 60 V_{top} waarden, 7 locaties | N-D-SM |
| Nieuw | passage | 1 V_{top} per passage | 51.733 V_{top} waarden, 3 locaties | N-P-SM |
| Nieuw | passage | Volledig tijdsignaal | 10 tijdsignalen | N-P-TS |

Tabel 8.1 maakt duidelijk dat voor drie locaties metingen over een lange periode beschikbaar zijn waarbij van elke treinpassage een V_{top} beschikbaar is (datagroep N-P-SM). Voor andere locaties is veel minder data beschikbaar omdat alleen bekend is welke V_{top} is opgetreden na de hele meetperiode. Dat resulteert dan in één V_{top} waarde voor één locatie hoewel er natuurlijk veel meer treinen gepasseerd zijn (datagroep N-M-SM).

Er is niet genoeg data in de database beschikbaar om voor de kritische afstand onderscheid te maken tussen:

- gebouwen lager dan 12 m en gebouwen van 12 meter en hoger;
- spoor over aarden baan of over een kunstwerk.

Deze aspecten hebben wel effect op de afstand van de kritische afstand tot het spoor. Daarom is gebruik gemaakt van factoren om dit onderscheid in rekening gemaakt. Deze factoren zijn overgenomen uit de onderzoeksmethode voor het schadeprotocol 2004. Het gaat om de volgende factoren:

- gebouwen van 12 meter en hoger: $V_{top} * 0,6$
- spoor over een kunstwerk: $V_{top} * 0,5$ voor slappe bodem en $V_{top} * 0,7$ voor stijve bodem.

De database was voldoende gevuld om onderscheid te kunnen maken tussen spoor met en zonder discontinuïteiten. Dit zijn puntbronnen in het spoor zoals de overgang tussen aarden baan en kunstwerk, een overweg, een ES-las of een wissel. De gegevens in de database leidde echter tot grote verschillen in afstanden ten opzichte van het 2004 protocol en het was maar zeer de vraag of die verschillen alleen door de invloed van de discontinuïteiten worden veroorzaakt of dat andere oorzaken een rol spelen. Daarom is er uiteindelijk ook voor gekozen om ook voor de invloed van de discontinuïteiten terug te vallen op de factoren die zijn gebruikt in het 2004 onderzoek. Deze factoren zijn:

- geen discontinuïteiten: $V_{top} * 0,7$ voor slappe bodem en $V_{top} * 0,6$ voor stijve bodem.

Er is nog een factor gebruikt voor V_{top} en wel voor het type meting. Er is vanuit gegaan dat alle metingen uitgevoerd zijn als de "indicatieve" meting uit SBR richtlijn A. Dit betekent dat één meetpunt is gebruikt op de fundering van het gebouw om de kans op schade te bepalen voor het hele gebouw. Met maar één meetpunt bestaat er onzekerheid over de hoogte van de topwaarde van de trillingsnelheid voor het hele gebouw. Daarom schrijft SBR A voor dat in geval van een indicatieve meting, de gemeten waarde van V_{top} vermenigvuldigd moet worden met een factor 1,6. Dat is in dit onderzoek ook gebeurd.

Als voor een situatie meerdere factoren van toepassing zijn, dan zijn al die factoren met elkaar vermenigvuldigd.

8.2 De kritische afstanden

In het schadeprotocol zijn twee tabellen opgenomen met kritische afstanden. De eerste tabel behoort bij stap 1b en vormt de eerste toetsing. In deze stap is nog geen onderscheid gemaakt tussen spoor met of zonder discontinuïteiten. Tabel 8.2 laat de afstanden zien. Per bodemsoort en spoorligging zijn afstanden gegeven voor trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige gebouwen met verschillende hoogtes. Er is geen onderscheid gemaakt in afstand tussen goederen- en reizigerstreinen. De afstanden zijn steeds omhoog afgerond in stappen van 5 meter. Bij afstanden kleiner dan 10 meter is een stapgrootte van 1 meter aangehouden.

Tabel 8.2: kritische afstanden stap 1b

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet-trillingsgevoelig [m] | | Afstand trillingsgevoelig [m] | |
|-------|--------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 35 | 20 | 65 | 35 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 30 | 15 |
| Stijf | Aarden baan | 25 | 9 | 70 | 25 |
| | Kunstwerk | 15 | 5 | 35 | 15 |

De tweede tabel heeft betrekking op spoor zonder discontinuïteiten. De kritische afstanden zijn nu een stuk kleiner. Deze tabel hoort bij stap 2a uit het schadeprotocol. Tabel 8.3 toont de afstanden. Ook nu is er geen onderscheid gemaakt in afstand tussen goederen- en reizigerstreinen en zijn de afstanden naar boven afgerond volgens de methode uit tabel 8.2.

Tabel 8.3: kritische afstanden stap 2a deel 3:

| Bodem | Spoorligging | Afstand niet trillingsgevoelig [m] | | Afstand trillingsgevoelig [m] | |
|-------|--------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| | | H < 12 m | H ≥ 12 m | H < 12 m | H ≥ 12 m |
| Slap | Aarden baan | 25 | 10 | 45 | 25 |
| | Kunstwerk | 7 | 3 | 20 | 7 |
| Stijf | Aarden baan | 9 | 4 | 25 | 9 |
| | Kunstwerk | 5 | 2 | 15 | 5 |

Als een gebouw buiten deze kritische afstanden ligt, is de kans op schade door treintrillingen kleiner dan 1%. Aanvullend onderzoek in welke vorm dan ook, is dan niet zinvol.

Ligt de woning binnen deze afstanden, dan is aanvullend onderzoek nodig om tot een beoordeling te komen.

8.3 Vergelijking met afstanden uit schadeprotocol 2004

De verschillen met de afstanden uit het schadeprotocol 2004 zijn weergegeven in de tabellen 8.4 en 8.5. Omdat in het 2004 protocol de afstanden voor de goederentreinen het grootst zijn en in het 2020 protocol het onderscheid tussen het type trein is komen te vervallen, is de vergelijking opgesteld voor de afstanden die horen bij de goederentreinen. Per categorie is de procentuele verandering weergegeven. Een positief getal wil zeggen dat de afstand van de kritische schadecontour is toegenomen. Hierdoor kan het aantal woningen waarvoor de schadeclaim in behandeling dient te worden genomen, toenemen ten opzichte van het protocol uit 2004.

Tabel 8.4: procentuele veranderingen kritische afstanden stap 1b protocol 2004 ten opzichte van schadeprotocol 2020

| Bodem | Spoorligging | Verandering afstand niet-trillingsgevoelig 2020 – 2004 [%] | | Verandering afstand trillingsgevoelig 2020 – 2004 [%] | |
|-------|--------------|--|----------|---|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 17% | 33% | 8% | 0% |
| | Kunstwerk | -25% | -17% | 20% | 50% |
| Stijf | Aarden baan | 25% | 50% | 133% | 67% |
| | Kunstwerk | 50% | -17% | 75% | 50% |

Tabel 8.4 laat een grote spreiding zien in de veranderingen. Voor sommige afstanden is de verandering kleiner dan 10%, voor andere afstanden is de verandering meer dan een factor 2 (100% verandering komt overeen met een factor 2). Van de 16 afstanden zijn er 13 groter geworden en 3 kleiner. In potentie zorgen de nieuwe afstanden dus voor minder afwijzingen van de claims op basis van stap 1b.

Tabel 8.5: procentuele veranderingen kritische afstanden stap 2a protocol 2004 ten opzichte van schadeprotocol 2020

| Bodem | Spoorligging | Verandering afstand niet-trillingsgevoelig 2020 – 2004 [%] | | Verandering afstand trillingsgevoelig 2020 – 2004 [%] | |
|-------|--------------|--|----------|---|----------|
| | | H ≤ 12 m | H > 12 m | H ≤ 12 m | H > 12 m |
| Slap | Aarden baan | 25% | 0% | 13% | 25% |
| | Kunstwerk | -30% | -50% | 33% | 17% |
| Stijf | Aarden baan | -10% | -33% | 25% | 50% |
| | Kunstwerk | -17% | -67% | 50% | -17% |

Ook tabel 8.5 laat een heel wisselend beeld zien. De verschillen zijn echter minder groot. Voor 7 van de 16 afstanden is sprake van een afname van de afstanden. Voor de overige categorieën neemt de afstand toe. De maximale toename bedraagt 50%.

De verschillen in de tabellen 8.4 en 8.5 worden veroorzaakt doordat er meer data is gebruikt en dat nu ook het verschil tussen een slappe en stijve bodem op de data is gebaseerd en niet meer op een factor zoals in 2004 is toegepast.

9 Meettechnieken en aanvullend onderzoek

9.1 Inleiding

Om de invloed van de trillingen op de bouwkundige schades in te kunnen schatten, vormen trillingsmetingen en een bouwkundig onderzoek de bouwstenen voor het protocol. Voor trillingen geldt SBR Richtlijn A, 2017 “Beoordeling van Trillingen: schade aan gebouwen” als referentiekader. De richtlijn is algemeen toegepast en geaccepteerd en heeft door jurisprudentie ook enige “wettelijke” status verkregen.

De SBR-A 2017 richtlijn vermeldt het volgende:

De richtlijn mag niet gebruikt worden als enig instrument om een oorzakelijk verband aan te tonen tussen trillingen en schade aan een bouwwerk. Omdat veel verschillende factoren een rol spelen in het ontstaan van schade en bovendien tot een zelfde schadebeeld kunnen leiden, is onderzoek naar de invloed van deze factoren ook noodzakelijk. Alleen door de combinatie van alle factoren te bekijken, kan de mogelijke relevantie van de factor "trillingen" worden beoordeeld. Om een oorzakelijk verband tussen de vergroting van de schade en de trillingsbelasting vast te leggen, is enkel het vaststellen van een overschrijding van de grenswaarden niet voldoende. Bij de analyse van de oorzaak tot de vergroting van deze schade, dienen naast trillingen ook de andere schadefactoren te worden beschouwd. Als de trillingsbelasting lager is dan de grenswaarde, dan is de kans op constructieve schade nihil en de kans op niet constructieve schade acceptabel klein. Trillingen in combinatie met een andere schadefactor kunnen er voor zorgen dat bij een trillingsbelasting rond de grenswaarde in een enkel geval toch niet-constructieve schade ontstaat of bestaande schade wordt vergroot.

De resultaten uit het trillingsonderzoek zijn niet de enige resultaten die beoordeeld moeten worden. Als de grenswaarden worden overschreden, betekent dat namelijk niet dat er met zekerheid schade zal of is ontstaan. Een aanvullend bouwkundig onderzoek is nodig om vast te stellen welke oorzaken een rol kunnen hebben gespeeld in het ontstaan van de schades en welke schades eventueel door trillingen kunnen zijn veroorzaakt.

In dit hoofdstuk is een beschrijving gegeven van belangrijke aspecten uit het bouwkundig onderzoek en welke aanvullende metingen kunnen worden uitgevoerd als verdere onderbouwing bij het zoeken naar causaliteit tussen de treintrillingen en de schades.

9.2 Bouwkundig onderzoek

9.2.1 Schade classificatie

Door BRE⁴ is een schade classificatietabel opgesteld die internationaal veel wordt gebruikt om schades in te delen. De indeling bestaat uit ‘esthetisch’, ‘functioneel’ en ‘constructieve’ schade. Een vertaling van de Engelstalige BRE tabel is opgenomen in tabel 9.1. Deze versie is overgenomen uit CUR COB F530 rapport ‘bouwputten’.

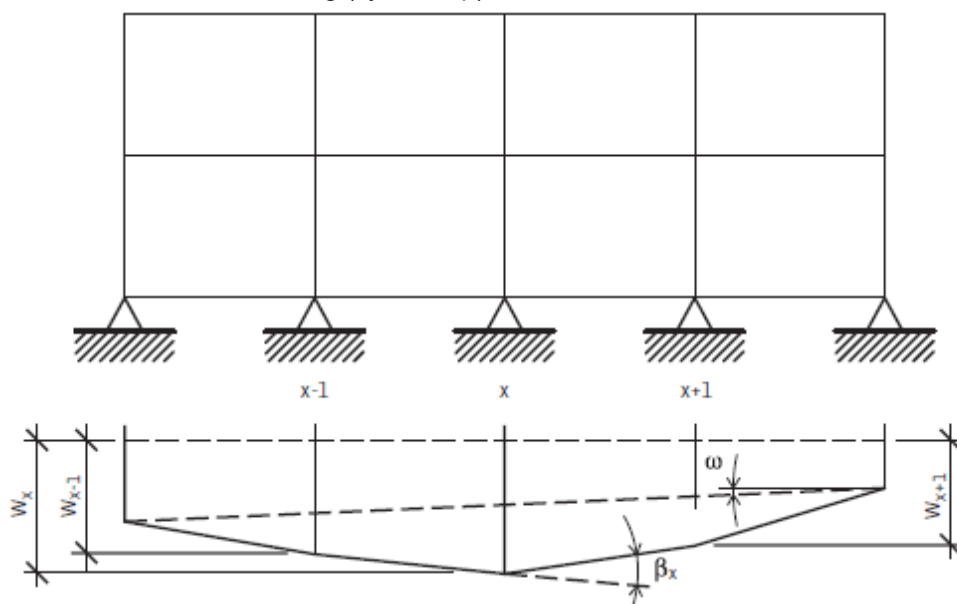
De classificatietabel geeft een aantal gekwantificeerde grenswaarden, die meetbaar zijn. Enerzijds scheurwijdtes in metselwerk, die met scheurwijdtemeters zijn vast te leggen. Anderzijds gaat het om een relatieve hoekverdraaiing.

⁴ Building Research Establishment (Engeland)

Tabel 9.1 indeling schades volgens CUR COB F530 rapport 'bouwputten'

| Schade-categorie | Schade-klasse | Omschrijving | Scheurwijdte (metselwerk) | Karakterisering schadebeeld | Indicatie Relatieve Hoekverdraaiing |
|------------------|---------------|-----------------|---|--|-------------------------------------|
| | 0 | Verwaarloosbaar | < 0,1 mm | Haarscheurtjes | < 1:1600 – 1:500 |
| Esthetisch | 1 | Zeer licht | 0,1 tot 1 mm | Enige scheurvorming in metselwerk. Kleine scheuren, meestal beperkt tot pleisterwerk, die eenvoudig kunnen worden weggewerkt. | 1:1600 – 1:300 |
| | 2 | Licht | tot 5 mm | Scheuren kunnen aan de buitenzijde zichtbaar zijn en kunnen tot vochtdoorslag leiden. Deuren en ramen klemmen licht. Geringe scheurvorming, kan eenvoudig hersteld worden. | 1:1600 – 1:300 |
| Functioneel | 3 | Matig | 5 tot 15 mm, of meerdere scheuren > 3 mm | Deuren en ramen klemmen. Mogelijke schade aan nutsaansluitingen. Vochtdoorslag mogelijk. Scheuren zijn zodanig dat metselwerk dient te worden hersteld | 1:1600 – 1: 100 |
| | 4 | Ernstig | 15-25 mm, Ook afhankelijk van het aantal scheuren | Bruikbaarheid en toegankelijkheid ernstig aangetast. Voelbare scheefstand. Herstel vergt vervanging van muurdelen en andere constructieve elementen. | 1:1600 – 1: 100 |
| Constructief | 5 | Zeer ernstig | > 25 mm, hangt van aantal af | Instortingsgevaar. Volledige renovatie noodzakelijk. | > 1:300 |

De relatieve hoekverdraaiing is niet hetzelfde als scheefstand. De relatieve hoekverdraaiing wordt bepaald bij een ondersteuning (vast punt) van de fundering en is het verschil tussen de scheefstanden aan beide zijden van dit vaste punt. In figuur 9.1 is geïllustreerd wat onder zakking (symbool w), scheefstand (of tilt), symbool ω , en relatieve hoekverdraaiing (symbool β) wordt verstaan.



Figuur 9.1: illustratie zakking, scheefstand (of tilt) en relatieve hoekverdraaiing

De in de schadeklassen gegeven bereiken van relatieve hoekverdraaiing per schadeklasse, zijn ruim gekozen en overlappen per schadeklasse. Er is dus geen eenduidige grens op basis van relatieve hoekverdraaiingen te geven voor het ontstaan van schades. Alleen als de relatieve hoekverdraaiing kleiner is dan 1:1600, dan mag worden verondersteld dat er sprake is van geen of verwaarloosbare schade.

In het kader van onderzoek door CUR COB L530 is door Deltares een literatuurstudie uitgevoerd naar de relatie tussen vervormingen (relatieve rek) en het optreden van schade. Onderstaande relaties zijn in dat rapport nader toegelicht. Deze vervormingen betreffen statische vervormingen en zijn niet gerelateerd aan trillingen.

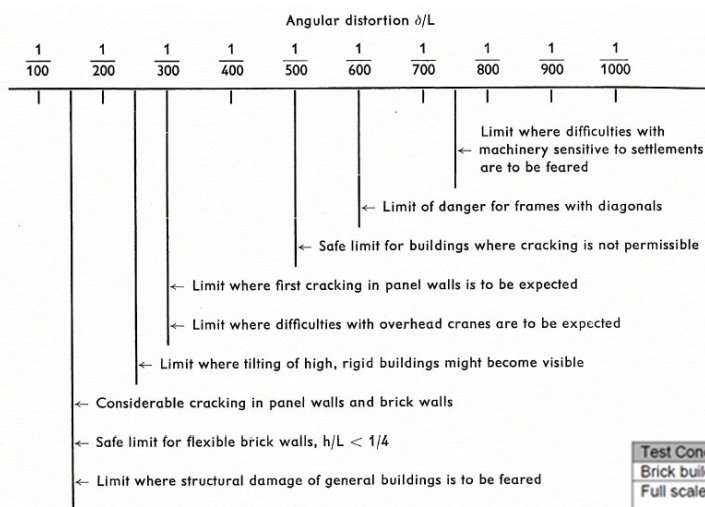


Figure 3.24 Damage criteria based on angular distortion by (Bjerrum, 1963)

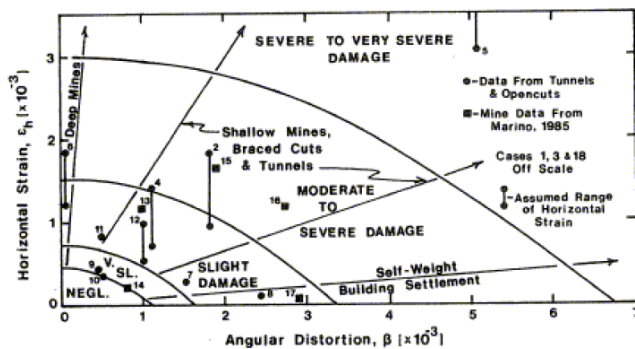


Figure 3.28 Relationship between angular distortion and horizontal strain (Boscardin and Cording, 2005)

| Test Conditions | Mode of Deformation | Critical Strain |
|--|----------------------|------------------|
| Brick buildings with L/H>3 | Tensile from flexure | 0.05% |
| Full scale frames with brick in-fill | Diagonal-tensile | 0.081% to 0.137% |
| | Shear approximation | 0.16% to 0.27% |
| Hollow tile & clinker block, brickwork | Shear distortions | 0.22% and 0.33% |
| Hollow tile & clinker block, brickwork | Diagonal-tensile | 0.11% to 0.16% |
| Full scale brick walls with supporting concrete beams, 1.2<L/H<3.0 | Tensile from flexure | 0.038% to 0.06% |
| Concrete beams supporting brick walls | Tensile from flexure | 0.035% |
| Fibreboard or plywood on wood frame | Shear strain | 0.6% to 1.66% |
| Gypsum/fiberboard/plaster on wood frame | Shear strain | 0.37% to 0.7% |
| Structural clay tiles with cement-lime mortar | Shear strain | 0.1% |
| Clay brick with cement-lime mortar | Shear strain | 0.1% to 0.2% |
| Cement-lime mortared concrete blocks | Shear strain | 0.1% |
| Core samples of brick and mortar | Tension | 0.001% to 0.01% |
| Full scale brick walls in field test | Tension | 0.02% to 0.03% |
| Re-evaluation of full scale wall panel tests | Principal tensile | 0.02% to 0.03% |

Table 3.3: Summary of critical cracking strain data (Boone, 2001)

Hieruit volgt dat bij vervormingen naast de hoekverdraaiing ook de optredende (relatieve) rek een indicatie kan geven voor het ontstaan van schade. Het monitoren van rekken tijdens optredende trillingen (waaronder treinpassages) zou mogelijk informatie kunnen geven voor de gevoeligheid van een constructie voor schade.

9.2.2 Vaststellen van schade

Als schade moet worden vastgesteld, is het van belang dat er op systematische wijze wordt nagegaan welke veranderingen in de bouwkundige toestand optreden tijdens trillingen door spoorverkeer. Voor het vaststellen van een oorzakelijk verband tussen een trilling en opgetreden schade zijn de volgende zaken relevant:

1. De bouwkundige staat is met een nulmeting (op enig moment) vastgelegd. Reeds aanwezige schades (scheurvorming, scheefstand en relatieve rotaties) zijn vastgelegd en daarnaast zijn de bouwdelen in

kaart gebracht waar geen schade is waargenomen⁵. Van aanwezige schades zijn relevante kenmerken vastgelegd zoals:

- scheurlengtes, breedtes en (indien mogelijk) dieptes;
- de positie van scheuren;
- de scheefstand van wanden en vloeren.

Technieken die hiervoor ter beschikking staan zijn:

- fotograferen van de waargenomen schades. Bij eventuele scheuren een meetlint of ander indicator van de grootte mee fotograferen.
- aanbrengen van scheurbreedtemeters waarmee visueel of digitaal de ontwikkeling van de scheurbreedte kan worden gevolgd.
- uitvoeren van een lintvoegwaterpassing. Hiermee wordt bepaald of de lintvoeg (van metselwerk) horizontaal loopt dan wel of en hoe deze vervormd is.

2. Geadviseerd wordt om mogelijke schadeoorzaken anders dan de trillingen door treinverkeer vast te leggen in de rapportage. Een procedure voor onderzoek naar gebouwschade is gegeven in TNO Rapport 2008-D-R1322/B. Dit rapport is geschreven voor onderzoek naar effecten van aardbevingen in de provincie Groningen maar de inhoud is ook goed toepasbaar voor andere schadeoorzaken.

In de SBR richtlijn A wordt voor de bepaling van de trillingsgevoeligheid van een pand (waarmee de grenswaarde wordt vastgelegd) gerefereerd aan een aantal van deze technieken.

Om een relatie te leggen met optredende trillingen moet bekend zijn (uit een meting) welke topwaarden voor de trillingen zijn opgetreden sinds de nulmeting is uitgevoerd tot het moment dat schade is geconstateerd.

9.3 Trillingsmetingen

Trillingen worden beschreven door een verplaatsing, een snelheid of versnelling te registreren in de tijd. In veel gevallen zal de meetapparatuur de trillingssnelheid of de trillingsversnelling meten. Snelheid en versnelling kunnen in elkaar worden omgerekend. SBR richtlijn A gaat uit van een trillingssnelheid als te beoordelen grootte.

Aan de hand van deze metingen wordt de trillingsbelasting van een bouwwerk geregistreerd. De trillingsmetingen leggen niet vast of er schade is opgetreden.

SBR richtlijn A geeft eisen waaraan de gebruikte meetapparatuur en de uitvoering van de metingen moeten voldoen. Deze eisen zijn afgeleid van de eisen die internationaal zijn vastgelegd, onder meer in DIN 45669. In bijlage 1 van SBR richtlijn A zijn de eisen aan de meetapparatuur omschreven.

SBR Richtlijn A geeft ook aanwijzingen voor het uitvoeren van de trillingsmetingen. De trillingsniveaus kunnen worden gemeten met een indicatieve meting, waarbij op één meetpunt op een stijf punt van de fundering wordt gemeten, of aan de hand van een beperkte of uitgebreide meting, waarbij op meerdere punten in het gebouw wordt gemeten. De mogelijkheid dat er hogere trillingsniveaus op andere locaties van het gebouw aanwezig zijn, wordt verdisconteerd in een veiligheidsfactor. Deze veiligheidsfactor wordt kleiner naarmate er met meer meetpunten wordt gewerkt.

De trillingsniveaus uit een meting worden gerelateerd aan een kans dat er schade op kan treden. Een overschrijding van de grenswaarden betekent niet dat met zekerheid schade zal ontstaan. Evenmin is uit te

⁵ Haarscheuren en andere kleine schades zijn soms alleen zichtbaar bij een bepaalde lichtinval. Daarom is het niet mogelijk om met 100% zekerheid vast te stellen dat er geen schade in een bouwdeel voorkomt. Het verdient de aanbeveling om deze toelichting op te nemen in de rapportage van het bouwkundig onderzoek.

sluiten dat er geen schade zal ontstaan als de trillingsbelasting onder de grenswaarden blijft. Een trillingsbelasting in orde grootte van de grenswaarden levert een kans op schade op van 1%.

Bij de totstandkoming van eerdere versies van de SBR richtlijn A is de relatie tussen trillingsniveaus en optreden van schade onderzocht. In de volgende TNO-rapporten zijn de resultaten vastgelegd:

- TNO Rapport B90-822 (auteurs Van Staalduinen en Smits): *Trillingscriteria m.b.t. schade aan gebouwen.*
- TNO Rapport 97-CON-R1698 (auteur Waarts): *Kans op schade aan bouwwerken door trillingen.*
- TNO Rapport 2016 R11734 (auteur Geurts): *Kans op Schade bij Trillingen - Evaluatie Database Praktijkdata.*

Deze rapporten zijn op aanvraag beschikbaar.

Deze relaties zijn bepaald aan de hand van numerieke en analytische modellen (op basis van mogelijk optredende mechanismen), dan wel uit verzamelde data over schademeldingen en afhandelingen zonder onderscheid te maken naar de aard van de schade.

In TNO Rapport B90-822 wordt, op basis van internationale literatuur, buiging in het vlak als gevolg van een passerende oppervlaktegolf als maatgevend mechanisme beschreven. Deze oppervlaktegolf resulteert in horizontale en verticale trillingsniveaus als ook in een kortstondige vervorming van muren van gebouwen. Aangevoerd is dat de vervormingen en de daarmee samenhangende spanningen in het materiaal kan worden gerelateerd aan de trillingssnelheid. Als deze spanningen groter worden dan de opneembare spanning van het materiaal, zal scheurvorming optreden en is er sprake van schade. Dit onderbouwt waarom op basis van het meten van trillingen in termen van trillingssnelheid een uitspraak gedaan kan worden over de kans dat er schade optreedt.

Ten behoeve van de revisie van SBR richtlijn A in 2017 is in 2016 een nieuwe literatuurstudie uitgevoerd door TNO. In rapport TNO 2016 R10863 (auteurs Hellebrandt en Geurts) is geconcludeerd dat er weliswaar het nodige onderzoek is gedaan naar de relatie van schade in metselwerk en de trillingsbelasting maar dat er verrassend weinig nieuwe resultaten beschikbaar zijn. Daarom is eigen onderzoek uitgevoerd waarvan de resultaten zijn verwoord in TNO Rapport 2016 R11734.

Trillingsmetingen vormen dus de basis van onderzoek naar de kans op schade door treintrillingen. Andere meettechnieken kunnen een aanvulling vormen op het onderzoek naar causaal verband.

9.4 Vervormingsmetingen

9.4.1 Lint- en vloerwaterpassing

Door het uitvoeren van lint- en/of vloerwaterpassingen kan nagegaan worden wat de reeds opgetreden zetting van een bouwwerk is. Uitgangspunt is dat het metselwerk en zijn vloeren waterpas zijn opgeleverd.

Dergelijke metingen worden uitgevoerd met een waterpastroestel of met een slang waterpas en hebben doorgaans een nauwkeurigheid van 2 tot 4 mm. Verschillen worden gepresenteerd in een lokaal stelsel waarbij het hoogste punt op nul gesteld wordt. Figuur 9.2 toont een voorbeeld van een slangenwaterpas.



Figuur 9.2: slangewaterpas

Dergelijke metingen worden onder andere uitgevoerd bij de vraagstelling of en hoeveel een bouwwerk verzakt is. Een waterpassing kan worden ingezet bij het invullen van de bouwkundige checklist uit SBR richtlijn A om de trillingsgevoeligheid van het bouwwerk te bepalen.

9.4.2 Hoogte deformatiemeting

Een lintvoegmeting wordt in veel gevallen eenmalig en handmatig uitgevoerd. Als het de bedoeling is om de zakking van een bouwwerk over langere tijd te volgen, kan beter een hoogte deformatiemeting worden ingezet die (geautomatiseerd) periodiek wordt uitgevoerd. Eerst worden meetpunten aangebracht en wordt een 0-meting uitgevoerd. De meetpunten worden geplaatst op de hoeken van de gevels aangevuld met meetpunten om de zeven meter bij lange gevels en op bouwdelen met mogelijke een andere funderingswijze of aanlegniveau. Vervolgens kan door het uitvoeren van herhalings- of eindmetingen de zetting worden bepaald. Alleen een verschilzetting kan leiden tot schade. Het hoekverdraaiingsverschil wordt bepaald tussen twee meetpunten in het zelfde geveldeel.

Een hoogtemeting wordt in de regel uitgevoerd om na te gaan of een opgetreden zetting tot rust is gekomen of om na te gaan wat het natuurlijke zettingsgedrag van de bodem is. Dergelijke metingen worden met name uitgevoerd bij bouwprojecten bijvoorbeeld in verband met grondwaterstandverlaging. In schadevraagstukken in relatie tot spoortrilling is een hoogte deformatiemeting vaak niet noodzakelijk maar de meting zou kunnen helpen als (nieuwbouw)woningen zijn gebouwd op een zettingsgevoelige bodem die bovendien in trillingen wordt gebracht door bijvoorbeeld treinpassages.

9.4.3 XYZ- deformatiemeting

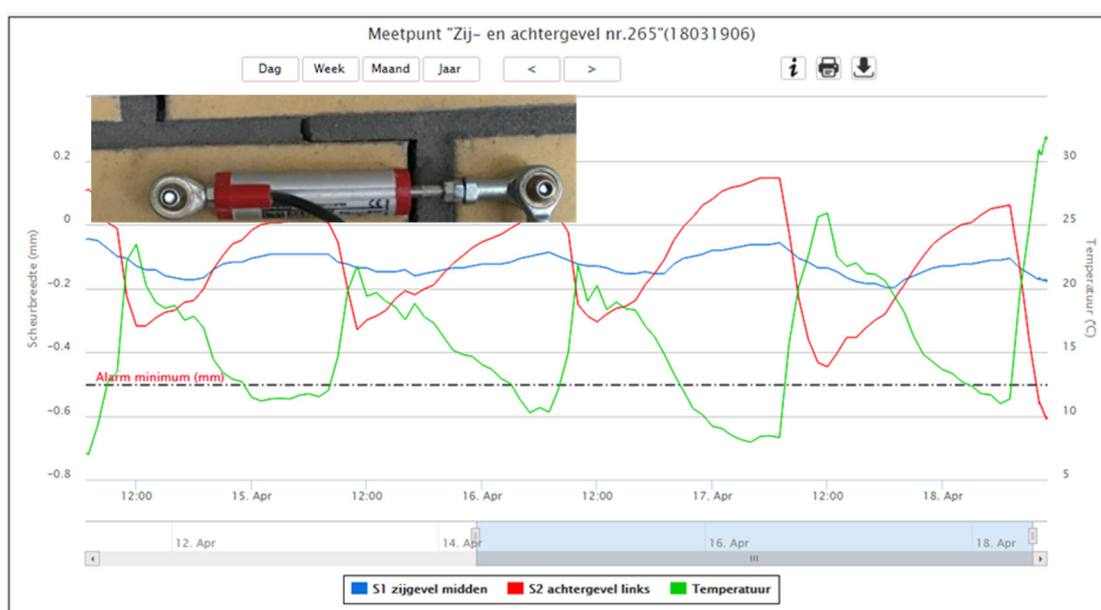
Een XYZ-meting heeft wat betreft de meetpunten en het doel grote overeenkomsten met de hoogte deformatiemeting. Bij een XYZ deformatiemetingen worden de punten in de regel hoger op de gevel aangebracht en vervolgens ook in twee richtingen in het horizontale vlak ingemeten. Nadeel is de lagere nauwkeurigheid in relatieve zin maar ook de absolute nauwkeurigheid door een grote afhankelijkheid van de benodigde positie van de referentiepunten. Indien nodig kan een dergelijke meting ook automatisch en continue worden uitgevoerd.

Een XYZ- deformatiemeting wordt in de regel uitgevoerd bij objecten die op/in een terp of dijk zijn gesitueerd. Dergelijke metingen worden met name uitgevoerd bij bouwprojecten. In schadevraagstukken in relatie tot spoortrilling is een dergelijke meting meestal niet noodzakelijk.

9.4.4 Digitale scheurmetingen

De digitale scheurmeter is met name toepasbaar om over langere termijn constructieve scheuren of dilataties te monitoren. Voordeel ten opzichte van analoge scheurmeters is een continue registratie in de tijd van zowel scheurwijdte als temperatuur. Op deze wijze kan een eventueel causaal verband tussen scheurwijdte en een mogelijk oorzaak zoals temperatuur, trilling of natuurlijk zettingsgedrag beter bepaald worden.

De metingen kunnen automatisch gepresenteerd worden via een internetportaal. De digitale scheurmeter heeft een afleesnauwkeurigheid van 0,1 mm. Met name in vraagstukken of een constructieve scheur zich verder doorzet in de tijd, is een digitale scheurmeter een goed instrument. Figuur 9.3 laat een voorbeeld van een digitale scheurmeter en de presentatie van de meetresultaten zien.



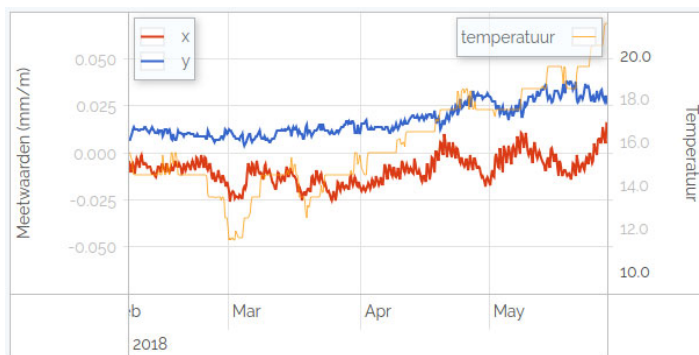
Figuur 9.3: Voorbeeld scheurmeter en presentatie automatische scheurmeters

9.5 Tiltmetingen

De inclinatiemeting of tiltmeting wordt gebruikt om de scheefstand van objecten of onderdelen van objecten te monitoren. Dit soort metingen kan volautomatisch in de X en Y richting worden uitgevoerd. De sensor verstuurt continu meetwaarden via internet naar een website waar de gegevens verwerkt en beschikbaar gesteld worden. Het betreft hier een relatieve scheefstand, gemeten vanaf het plaatsingsmoment van de sensor.

Qua nauwkeurigheid kan met deze methode een resolutie worden behaald van 0.001 mm per meter (gelijk aan een hoekverdraaiing of scheefstand van 0.5×10^{-5} graden). Omdat de herhalingsmetingen niet onderhevig zijn aan handmatige handelingen, wordt deze resolutie in de praktijk ook gehaald.

De zeer hoge nauwkeurigheid en de continue beschikbaarheid van gegevens maakt deze meettechniek een goede kandidaat voor monitoring van objecten waar verzakking een risico kan vormen of verwacht wordt. In combinatie met een trillingsmeter kan een tiltmeter aangeven of een bepaalde trilling op een bepaald tijdstip scheefstand tot gevolg heeft gehad. Met name in vraagstukken of een bepaalde scheefstand zich verder doorzet in de tijd en of hier een relatie is tussen de scheefstand en de trilling, is een tiltmeter een goed instrument.



Er zijn verschillende meetprincipes, die allen gebruik maken van de zwaartekrachtversnelling. De meter registreert de verdraaiing ten opzichte van de zwaartekrachtversnelling die geldt als natuurlijke referentie omdat deze versnelling altijd verticaal is gericht.

Tiltmeters kunnen zeer nauwkeurig hoekverdraaiingen meten. Door bijvoorbeeld elke minuut de hoekverdraaiing te registreren kan gevolgd worden of een verdraaiing toe- of afneemt.

Alle typen tilsensoren hebben een gelimiteerd frequentiebereik en zijn niet geschikt voor het meten van veranderingen in de scheefstand met hogere frequenties. De massa, dan wel vloeistof die in de sensoren aanwezig is, kan ook als gevolg van optredende trillingen (versnellingen) in beweging worden gezet. Zonder dat er sprake is van een hoekverdraaiing wordt een relatieve verandering van de massa geregistreerd. Het gegenereerde signaal van deze verandering kan geen onderscheid maken tussen een optredende versnelling of een optredende hoekverdraaiing. Als deze hoekverdraaiing blijvend is, uit zich dat in een blijvende verandering van de gemiddelde waarden. Een kortstondige fluctuatie in hoekverdraaiing kan echter niet worden onderscheiden van een optredende piek ten gevolge van trillingen. Anders verwoord: als een sensor wordt onderworpen aan een trilling, kan dit zich uiten in een schijnbare tilt: de sensor geeft een tilt-waarde die in werkelijkheid niet aanwezig is.

Het ontbreekt aan eenduidige richtlijnen of aanbevelingen voor de installatie en toepassing van tilsensoren gerelateerd aan trillingsverschijnselen.

9.6 Glasvezel

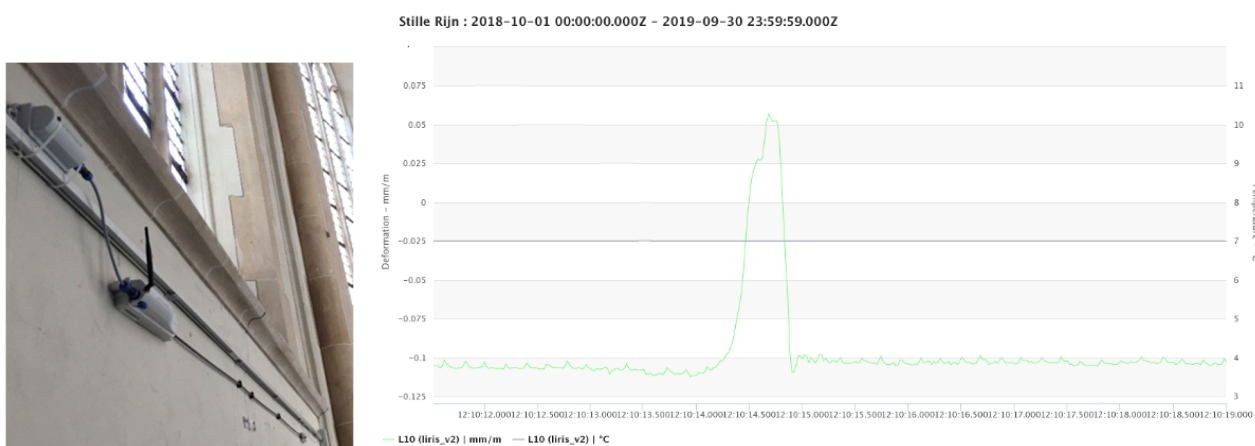
Ook met de glasvezeltechniek kunnen vervormingen van een bouwwerk worden gemeten en automatisch worden bewaakt.

Een glasvezel, ook fibre (Brits-Engels) of fiber (Amerikaans-Engels) genoemd, is een haarfijne vezel van glas. Ten behoeve van het meten van rekken en temperatuur, kan een glasvezel worden toegepaste als optische vezel, waarbij licht wordt gestuurd door lange vezels van optisch zeer helder glas om signalen betrouwbaar over grote afstanden te vervoeren. Doordat het licht in de glasvezel een bijzonder kleine hoek met de buitenkant van de vezel maakt, is de absorptie zeer gering en blijft het licht in de vezel door interne reflectie. De vezel moet hiertoe aan zeer specifieke eisen voldoen. Het meten van rek met een optische vezel gebeurt op basis van Fiber Bragg Grating (FBG) waarbij bepaalde golflengtes van licht gereflecteerd en anderen worden doorgegeven. Op basis van het gereflecteerde licht kan met behulp van een meetunit de verlenging van de vezel worden bepaald. De verlenging van de vezel kan worden omgerekend naar rek of temperatuur.

Voor kleinschalige continue monitoring met glasvezel kunnen "stand alone" Liris sensoren van Osmos worden toegepast. Het betreft hier glasvezel sensoren die lengteveranderingen tussen 2 punten in micrometers monitoren. De glasvezelsensoren meten de lichtintensiteit. Dat kan tot 100 keer per seconde, zodat real time-monitoring plaatsvindt en met een nauwkeurigheid van 0,002 millimeter. Het vervormen of in beweging zijn is

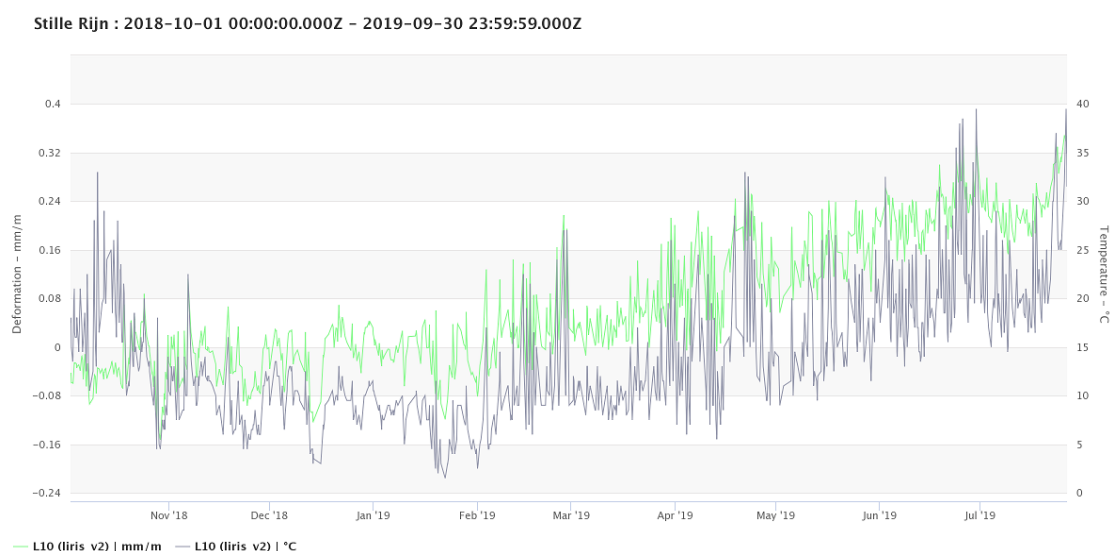
een maat voor de spanningsopbouw in de constructie. Liris sensoren tonen een spanningsopbouw al voordat breuken ontstaan en zijn daarmee een uiterst bruikbaar monitoringsmiddel.

In figuur 9.4 is links een voorbeeld gegeven van een Liris sensor op een monumentaal pand bij het intrillen van damwanden. Met de “Lirissen” is de verplaatsing gemeten. Rechts is de gemeten lengteverandering zichtbaar in de tijd. Tijdens het intrillen, verandert de lengte van de sensor. Er is sprake van vervorming. Na het intrillen is de lengteverandering weer terug op het oude niveau. Er is dan geen sprake van spanningsopbouw.



Figuur 9.4: Liris sensor (links) en grafiek van intrillen damwandplank (rechts)

Figuur 9.5 laat de absolute verandering in de tijd zijn tijdens het ontgraven van de bouwput. Hier is wel sprake van een langdurende verandering en dus van spanningsopbouw in de constructie.



Figuur 9.5: Lengteverandering in de tijd tijdens ontgraven bouwput

Ook de glasvezel techniek laat alleen relatieve veranderingen zien die vaak plaatsvinden op specifieke bouwdelen zoals torens of in combinatie met een hoogte- en/of XYZ deformatiemeting om absolute meetwaarden in beeld te krijgen. Tevens kan in combinatie met een trillingsmeter bepaald worden of een bepaalde trilling op een bepaald tijdstip leidt tot spanningsopbouw in de constructie.

10 Voorstel publieksvriendelijk versie schademelding via website

Om een schademelding zo eenvoudig mogelijk en publieksvriendelijk te maken, is verkend of een website in deze behoefte kan voorzien. De gedachte is dat een melder op basis van de postcode van het pand en de beantwoording van een aantal eenvoudige vragen direct een eerste beoordeling ontvangt van de schadeclaim. Het resultaat van de beoordeling bevat twee mogelijkheden:

1. de woning ligt buiten de afstandscontouren waarbinnen een kans op schade mogelijk is of;
2. de woning ligt binnen deze afstandscontour.

In het eerste geval ontvangt de melder de mededeling op het scherm dat ProRail de claim niet in behandeling gaat nemen. Dit betekent dat ProRail geen verder onderzoek naar de relatie tussen de gemelde schade en de trillingen van de treinen uit gaat voeren. Het staat de melder zelf vrij om alsnog een schadeclaim in te dienen alleen ligt de bewijslast (aantonen dat er een relatie bestaat tussen de treintrillingen en de geclaimde schade) nu bij de melder. De tekst op de website geeft verder suggesties welke deskundigen zouden kunnen worden ingeschakeld om het benodigde onderzoek uit te voeren.

In het tweede geval zal ProRail de melder vragen aanvullende gegevens in te vullen via de website. ProRail neemt vervolgens contact op met de melder om de schadeclaim verder te verwerken.

Om de mogelijkheden van een website te verkennen, is door Cauberg Huygen een eerste opzet voor de website gemaakt, een zogenaamde mockup. De mockup bestaat uit een aantal plaatjes met klikbare plekken waarmee links worden gesimuleerd. Het is nog geen volledig ingevulde website maar het geeft wel de mogelijkheden van de website weer.

De mockup is gedemonstreerd voor een aantal mensen van ProRail die te maken hebben met de afhandeling van schadeclaims. De algemene indruk is dat mockup een goede invulling geeft om de eerste afhandeling van de schademeldingen op een snelle en efficiënte manier te verwerken en een stuk handmatig werk uit handen te nemen. ProRail moet gaan beslissen of ze de stap wil maken om de schademelding via een website te laten verlopen. In bijlage III is een samenvattend memo opgenomen over de opzet en demonstratie van de mockup.