

ACHTERGRONDRAPPORT

PROCESVOORSCHRIFT SCHADEOPNAME SPOORTRILLINGEN



COLOFON

Auteur	Pieter Boon pieter@we-boost.nl +31 6 10 03 94 54
Controle en vrijgave	Tom van Swinderen tom@we-boost.nl
Projectcode	WBD2022-041
Versienr	1.0
Datum	1 december 2023
Status	Definitief
Opdrachtgever	Ministerie van IenW



© We-Boost 2023

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van We-Boost.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	6
1.1.	Aanleiding	6
1.2.	Schade en spoortrillingen	6
1.3.	Doel van dit rapport	8
1.4.	Leeswijzer	8
2.	METHODIEK	10
2.1.	Inleiding	10
2.2.	Het schadebeoordelingsproces	10
3.	STAP 1 - WAARNEMEN	15
3.1.	Interview	15
3.2.	Opname en vastleggen schade	15
3.3.	Trillingsmeting (SBR-A)	16
3.4.	Omgevingskenmerken vastleggen	17
4.	STAP 2 - AANVULLEN EN VERIFIEREN	19
4.1.	Controleren gebouwkenmerken	19
4.2.	Controleren en aanvullen omgevingskenmerken	19
5.	STAP 3 - INTERPRETEREN	22
5.1.	Schadebeelden koppelen aan schadepatronen	22
5.2.	Wegstrepen oorzaken o.b.v. gebouw- en omgevingskenmerken	23
5.3.	Expert judgement voor resterende oorzaken	29
6.	STAP 4 - RAPPORTEREN	33
6.1.	Vastleggen analyse en advies in rapport	33
6.2.	Controle rapport	33
6.3.	Sturen aan melder(s)	34
	ADVIEZEN EN LEEMTEN IN KENNIS	35



GEBRUIKTE LITERATUUR	39
I. BIJLAGE – MEER LEZEN	40
II. BIJLAGE – SCHADES NIET DOOR TRILLINGEN	42
II.1 Schades die niet worden opgenomen	42
II.2 Schades die niet door trillingen zijn veroorzaakt	44

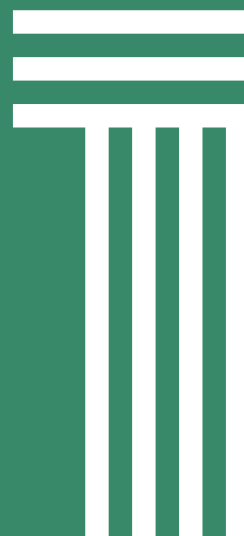




INLEIDING



In dit hoofdstuk geven we een korte omschrijving van de inhoud van dit rapport: de aanleiding, de samenhang van dit rapport binnen het proces om schade te beoordelen, het doel van het rapport en een beknopte leeswijzer om informatie snel te kunnen vinden.





INLEIDING

1.1. AANLEIDING

ProRail ontvangt regelmatig meldingen over schade door trillingen van treinverkeer. In een deel van die gevallen wordt een onderzoek naar schade uitgevoerd door daarin gespecialiseerde bureaus, die op basis van hun bevindingen ProRail adviseren over het al dan niet vergoeden en/of herstellen van de schade. De uitkomsten van deze onderzoeken zijn tot nu toe, ondanks instructies van ProRail, zowel qua detailniveau als qua uitkomsten niet uniform. Daardoor is er een (klein) risico dat een schade die door bureau A wordt afgewezen, door bureau B wel wordt toegekend. Bovendien is voor bewoners niet altijd expliciet duidelijk waarom hun schademelding wordt afgewezen.

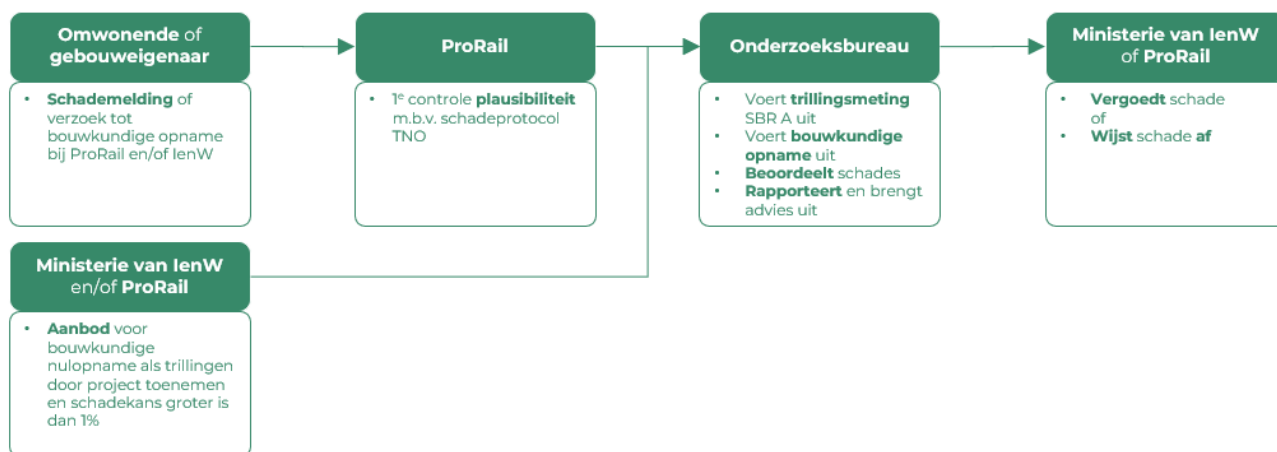
Om aan die bezwaren tegemoet te komen is een uniform schadebeoordelingsvoorschrift ontwikkeld. Door middel van een uniform stappenplan met heldere beslis- en achtergrondinformatie zijn de schadebureaus in staat om beter onderbouwde en onderling vergelijkbare conclusies te trekken, op basis van de meest recente wetenschappelijke inzichten. Dat biedt helderheid en rechtszekerheid voor bewoners.

Verder, sinds de publicatie van de *Beleidslijn kans op schade door spoortrillingen bij aanlegprojecten spoorweginfrastructuur* [IenW 2022] in 2022 zal in de toekomst bij projecten ook vaker sprake zijn van bouwkundige opnames voorafgaand en na afloop van spoorprojecten. Ook voor deze opnames is een uniforme, reproduceerbare uitkomst nodig.

1.2. SCHADE EN SPOORTRILLINGEN

1.2.1. PROCES VAN SCHADEBEOORDELING

Het proces van melding tot conclusie is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Proces bij schademelding

Het proces kan op twee manieren starten:

1. **Bij projecten** kan er sprake zijn van een toename van de trillingen in woningen waar de schadekans groter is dan 1%. In dat geval wordt op initiatief van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een bouwkundige nulopname uitgevoerd.
2. **In andere gevallen** kan een bewoner zich melden bij ProRail of het Ministerie van IenW (bijvoorbeeld bij projecten) als de bewoner van mening is dat er sprake is van schade door



trillingen van treinverkeer. Na een melding controleert ProRail via het zogenaamde TNO-protocol of de melding plausibel is (o.b.v. bijvoorbeeld afstand tot het spoor)

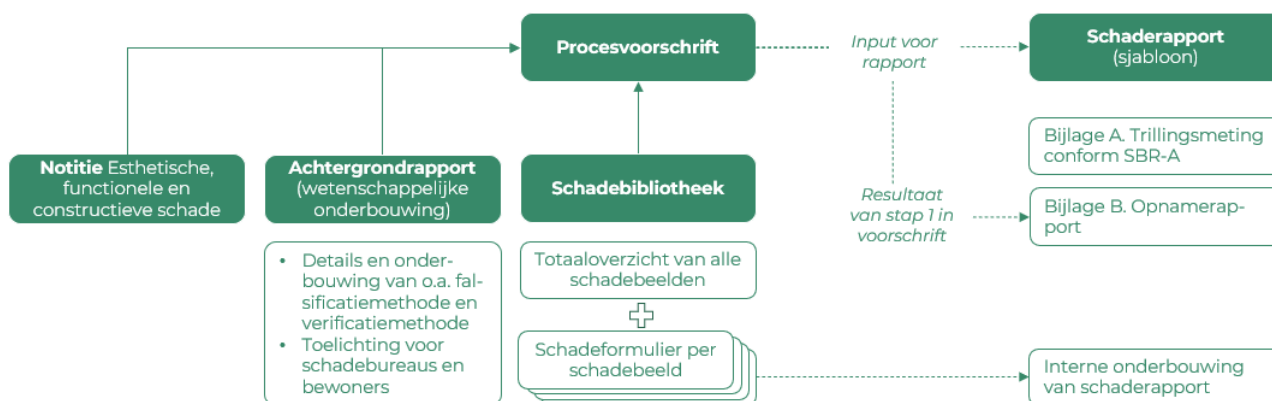
Vervolgens geeft ProRail opdracht aan een schadebureau om nader onderzoek te doen. Dit bureau neemt contact op met de melder en voert onafhankelijk het onderzoek uit, zonder verdere tussenkomst van ProRail of het Ministerie van IenW. Het onderzoeksbureau informeert ook de bewoners over de resultaten van het onderzoek, tegelijkertijd met het advies aan ProRail of het ministerie.

Op basis van het advies van het bureau beslist het Ministerie van IenW of overgegaan wordt tot (gedeeltelijke) schadevergoeding, of dat de schade wordt afgewezen.

Het procesvoorschrift wat is opgesteld geeft voorschriften en handvatten voor de activiteiten van het schadebureau (dus de derde stap in bovenstaand processchema in Figuur 1).

1.2.2. HET PROCESVOORSCHRIFT

Het procesvoorschrift is voorzien van een aantal begeleidende documenten, die nodig zijn om te komen tot een goede en uniforme beoordeling. Deze documenten zijn door middel van **donkergroene** vakken weergegeven in Figuur 2:



Figuur 2 Samenhang documenten

1. Er is een **procesvoorschrift**, wat gebruikt wordt bij het opnemen van de gebreken op een locatie en voor het vastleggen van bijvoorbeeld omgevingskenmerken van de locatie.
2. Er is een bijbehorende **schadebibliotheek**, waarin alle relevante types schade schematisch zijn vastgelegd. Deze schadebibliotheek bestaat uit een totaaloverzicht met alle schadebeelden, en vervolgens per schadebeeld een uitgebreider schadeformulier waarin achtergrondinformatie over (het ontstaan van) het schadebeeld en de verschillende mogelijke oorzaken van dit schadebeeld zijn weergegeven. De deskundige gebruikt deze formulieren om gebreken te koppelen aan schadeoorzaken en dienen als (interne) onderbouwing van het schaderapport.
3. Er is een sjabloon voor een **schaderapport**, waarin is opgenomen welke informatie moet worden verzameld. Bijlages bij dit rapport zijn een rapport van de (meestal tegelijkertijd) uitgevoerde trillingsmeting en het opnamerapport (het ingevulde procesvoorschrift zoals hierboven onder 1. benoemd).
4. Om schades te kunnen classificeren naar ernst, is er een achtergrond**notitie** over het onderscheid tussen esthetische, functionele en constructieve schade. Voor zowel schadebeoordelaar als bewoners is hierin beschreven wat de ernst van schades is, en wat de gevolgen zijn van een bepaalde ernst van de schade. De schadebeoordelaar kan dit memo gebruiken bij zijn advies, zoals hij dat beschrijft in het schaderapport (hierboven benoemd onder 3.).

5. Er is een **achtergrondrapport** (het voorliggende rapport) wat achtergronden en een wetenschappelijke onderbouwing geeft bij het opgestelde procesvoorschrift.

1.2.3. TOTSTANDKOMING VAN DIT PROCES

In het proces van de totstandkoming van de producten zoals benoemd in de voorgaande paragraaf is nauw samengewerkt met praktijkdeskundigen en andere stakeholders. Hierbij is het volgende proces gevolgd:

1. Er zijn interviews afgenomen bij diverse praktijkdeskundigen (schadebureaus, trillingsdeskundigen, experts van het Instituut Mijnbouwschade Groningen en wetenschappelijk experts van bijvoorbeeld TU Delft en TNO) en schaderapporten beoordeeld.
2. Vervolgens zijn, met als basis de opzet van [TNO 2011], modificaties en aanvullingen daarop van [TU Delft 2019] en de verdere uitwerking door [IMG 2023], de verschillende documenten opgezet.
3. De methode is getoetst op twee manieren:
 - a. in de praktijk door schadebureaus
 - b. via een review door schadebureaus en wetenschappelijke experts

1.3. DOEL VAN DIT RAPPORT

Doel van dit rapport is het verduidelijken van en context en achtergronden geven bij de verschillende documenten zoals benoemd in de voorgaande paragraaf. We motiveren de gemaakte keuzes en verwijzen naar wetenschappelijke achtergronddocumenten voor verdere informatie.

1.4. LEESWIJZER

Dit rapport is als volgt opgezet: in hoofdstuk 2 geven we een algemene toelichting op de gevolgde methodiek en de gemaakte keuzes in het procesvoorschrift. In de hoofdstukken 3 tot en met 6 gaan we in op de respectievelijke hoofdstappen uit het opnameformat: waarnemen (hoofdstuk 3), aanvullen en verifiëren (hoofdstuk 4), interpreteren (hoofdstuk 5) en rapporteren (hoofdstuk 6). Leemten en kennis en adviezen zijn na hoofdstuk 6 opgenomen.

We verwijzen naar literatuur door deze (met jaartal) tussen vierkante haken te plaatsen. Zo wordt de richtlijn SBR A:2017 als volgt genoteerd: [SBR A 2017]. In de literatuurlijst zijn vervolgens de complete gegevens te vinden van het document.





METHODIEK



In dit hoofdstuk geven we een algemene toelichting op de gevolgde methodiek en de gemaakte keuzes daarin.





METHODIEK

2.1. INLEIDING

In dit hoofdstuk geven we een algemene toelichting op de methodiek voor het beoordelen van de schades. Bij het opzetten van de systematiek is zoveel mogelijk aangesloten bij reeds bestaande methodieken om schade te beoordelen. Hoewel het beoordelen van schades al jarenlange praktijk is, zien we dat de laatste ca. 10 jaar er veel ontwikkelingen zijn geweest om deze processen verder te uniformeren en professionaliseren, vooral in het kader van de aardbevingsproblematiek in Groningen.

Bij het samenstellen van de stappen in de systematiek is daarom dankbaar gebruik gemaakt van deze reeds bestaande methodes, waarbij het hoofddoel is om te komen tot een uniform en gestroomlijnd proces, waarbij de deskundigen op een reproduceerbare, traceerbare en transparante wijze tot hun beoordeling van de schades komen.

De uiteindelijk gekozen methodiek is een combinatie van eerder onderzoek van [TNO 2011] en het onderzoek van [De Vent 2011], wat door [TU Delft 2019] verder is uitgewerkt en uiteindelijk is terecht gekomen in de processen van [IMG 2023]. Waar mogelijk hebben we dit proces in lijn gebracht met de gebruikelijke processen van schade-experts, zoals vastgesteld door branchevereniging NIVRE.

2.2. HET SCHADEBEOORDELINGSPROCES

Na een schademelding bij ProRail of het Ministerie van IenW krijgt een schadebureau opdracht om onderzoek te doen naar de oorzaken en omvang van de schade (zie stap 3 in Figuur 1).

Vervolgens start dit onderzoek een proces waarbij het bureau start met het verzamelen van gegevens over het gebouw, de omgeving en de schades. Elke schade wordt hierbij gekoppeld aan een schadepatroon (conform [De Vent 2011]). Omdat bij elk schadepatroon één of meerdere specifieke oorzaken horen (conform [TNO 2011] en [IMG 2023]), zijn daarmee ook direct de mogelijke oorzaken van die schade bekend. Omdat we uiteindelijk op zoek zijn naar de mogelijke oorzaak, start nu een proces van falsificatie (uitsluiten van schades die niet mogelijk zijn, op basis van gebouw- en omgevingskenmerken) en verificatie (onderbouwen van de meest waarschijnlijke schadeoorzaak uit de na falsificatie resterende oorzaken).

Dit proces hebben we onderverdeeld in 4 stappen, die in de volgende hoofdstukken (per stap) nader worden toegelicht:

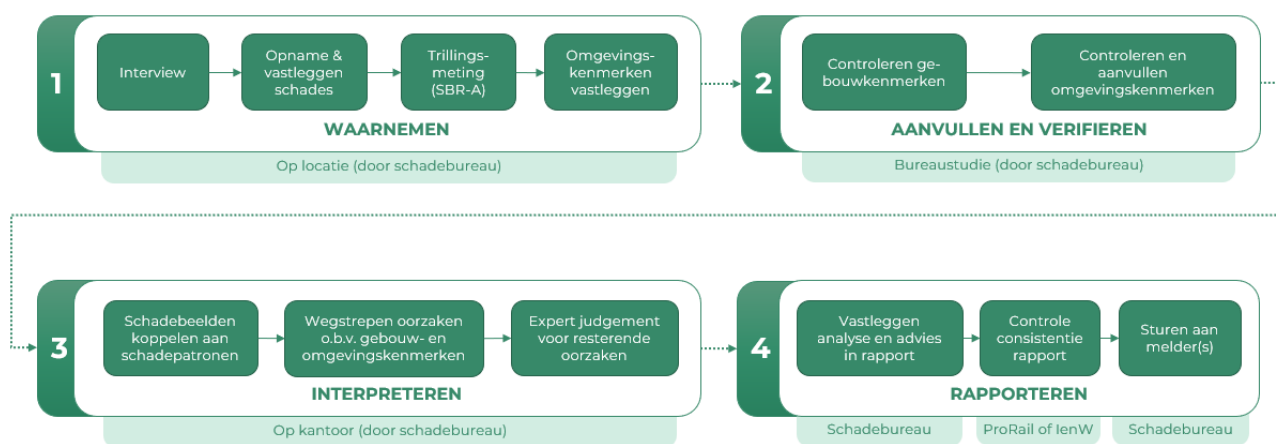
- 1. WAARNEMEN.** In deze stap worden alle relevante, op locatie zichtbare kenmerken opgenomen van de schades, het gebouw en de omgeving. Ook wordt een trillingsmeting uitgevoerd om de trillingen van de treinen vast te stellen. Deze stap wordt uitgevoerd door een deskundige op locatie. Deze stap wordt meer in detail beschreven in hoofdstuk 3.
- 2. AANVULLEN EN VERIFIËREN.** In deze stap worden bij de opname ontbrekende gebouw- en omgevingskenmerken toegevoegd (sommige dingen zijn niet ter plekke vast te stellen, zoals bijvoorbeeld historische grondwaterstanden) en gecontroleerd. Deze stap wordt meer in detail beschreven in hoofdstuk 4.
- 3. INTERPRETEREN.** In deze stap wordt elke waargenomen schade of gebrek gekoppeld aan een schadepatroon of schadebeeld. Dit schadepatroon is onderdeel van een schadebibliotheek, en bevat een schematische weergave en omschrijving van de schade. Elk schadepatroon heeft zijn eigen mogelijke specifieke oorzaken. Het is nu aan de deskundige



om in twee stappen te komen tot een meest waarschijnlijke oorzaak: (1) eerst streept de deskundige specifieke oorzaken weg die op basis van kenmerken van het gebouw, de omgeving of de schade niet mogelijk zijn, en vervolgens (2) onderbouwt hij op basis van zijn eigen kennis, kenmerken van het gebouw, de omgeving en de schade welk van de resterende mogelijke oorzaken de meest waarschijnlijke oorzaak is. Deze stap wordt meer in detail beschreven in hoofdstuk 5.

- 4. RAPPORTEREN.** In deze laatste stap worden de gegevens van gebouw, omgeving en schades vastgelegd in een rapport. Dit rapport wordt gecheckt op volledigheid door de opdrachtgever (ProRail of het Ministerie van IenW) en vervolgens naar de melder(s) gestuurd. Deze stap wordt meer in detail beschreven in hoofdstuk 6.

Het proces met de bijbehorende substappen hebben we weergegeven in Figuur 3. In de volgende hoofdstukken lichten we de stappen en de daarin gemaakte keuzes toe. Per stap geven we aan (1) waarom we deze stap doen, en (2) waarom we deze stap op deze manier doen.



Figuur 3 Het schadebeoordelingsproces

Hieronder gaan we in op de belangrijkste onderdelen van dit proces: de *opname*, de *schadebibliotheek*, de *schade-oorzaken* en het principe van *causaliteit*.

2.2.1. OPNAME

Het doel van de opname is een volledige, navolgbare, technisch juiste en objectieve vastlegging van gebouw(en) en gebreken. Tijdens de opname worden alle gegevens en kenmerken vastgelegd die nodig zijn om de schades of gebreken te beoordelen. Een goede en eenduidig vastgelegde opname legt daarnaast een basis voor gestructureerde informatievoorziening, zodat eventuele toekomstige na-opnames eenvoudiger kunnen worden doorlopen en afwijkingen of veranderingen sneller kunnen worden gedetecteerd.

Belangrijke onderdelen van de opname zijn ook het afnemen van een interview met de bewoner (om ook de meer subjectieve kant van de beleving van schade en de ervaren trillingen vast te leggen, schades in een tijdscontext te plaatsen en meer context van het gebouw, zijn omgeving en historie te krijgen) en het uitvoeren van een trillingsmeting om de trillingen van de treinen vast te leggen.

2.2.2. SCHADEBIBLIOTHEEK

Om een koppeling te leggen tussen een bepaalde schade of gebrek en de mogelijke specifieke oorzaken, is een schadebibliotheek opgesteld, waarin schadebeelden zijn gekoppeld aan hun mogelijke oorzaken. Een eerste aanzet om schadebeelden te koppelen aan schade-oorzaken is gemaakt door [De Vent 2011], dit overzicht is in de jaren daarna aangevuld door bijvoorbeeld [IMC

2023]. In dit onderzoek maken we gebruik van die schadebibliotheken om de waargenomen schadebeelden te koppelen aan één of meer mogelijke oorzaken.

Aan de hand van de locatie en kenmerken van de schade en de kenmerken van het gebouw, kan een eerste koppeling worden gelegd tussen schade en mogelijke oorzaken. Hiervoor maken we in de schadebibliotheek gebruik van schematische schadebeelden. Aan de hand van een schadebeeld wordt de deskundige geholpen om relevante oorzaken van de schade te bepalen.

Vervolgens stellen we bij elke oorzaak controlevragen om oorzaken te falsificeren: we sluiten oorzaken uit die onmogelijk tot de schade kunnen hebben geleid, gelet op de kenmerken van het gebouw en de omgeving. Daarna blijven één of meer specifieke oorzaken over. Overigens is de schadebibliotheek geen keurslijf, de deskundige oordeelt zelfstandig en kan gemotiveerd ook komen tot een andere mogelijke oorzaak. Ook kan hij tot het oordeel komen dat de oorzaak niet is vast te stellen.

2.2.3. **SCHADE-OORZAKEN**

Elke schade of gebrek heeft een oorzaak: de natuurkundige reden die tot het gebrek heeft geleid. We maken hierbij, conform het onderzoek van [TNO 2011], onderscheid tussen drie hoofdcategorieën van schade-oorzaken, de zogenaamde principe-oorzaken:

1. Belastingen op het gebouw(deel): voorbeelden hiervan zijn de normale belastingen vanuit gebruik, maar ook trillingen, stormen en sneeuwval bijvoorbeeld.
2. Vervormingen van het gebouw(deel): voorbeelden hiervan zijn het vervormen van onderdelen door bijvoorbeeld afkoelen en opwarmen.
3. Ongelijkmatige zettingen in de ondergrond: hierbij zakt (een deel van) het gebouw weg en ontstaan schades.

Elke schade of gebrek is in één van deze hoofdcategorieën in te delen. Afhankelijk van de hoofdcategorie heeft de deskundige meer of minder informatie nodig om vast te stellen of er sprake is van deze oorzaak, en zo ja, welke onderliggende specifieke oorzaak de schade kan hebben veroorzaakt. Per specifieke oorzaak geven we in Bijlage I bronverwijzingen waar verdere informatie kan worden gevonden.

2.2.4. **CAUSALITEIT**

Voor het beoordelen van de invloed van de trillingen op de waargenomen schades zijn er drie situaties te onderscheiden, afhankelijk van de hoogte van de trillingen:

1. De trillingen zijn zodanig laag, dat schade redelijkerwijs is uit te sluiten als de trillingen lager zijn dan deze waarde. In dit geval is er vrijwel altijd een andere oorzaak aan te wijzen van de schade die deze schade zelfstandig heeft veroorzaakt. Omdat in de [SBR A 2017] is gekozen voor een conservatieve (worst-case) grenswaarde, kan worden gesteld dat onder die grenswaarde redelijkerwijs geen sprake is van schade door trillingen.
2. De trillingen zijn zodanig hoog, dat redelijkerwijs mag worden aangenomen dat de trillingen de schade hebben veroorzaakt. Soms zijn er ook dan nog andere oorzaken aan te wijzen, maar dan is voldoende duidelijk dat de trillingen naast die andere oorzaken een belangrijke rol hebben gespeeld bij het ontstaan van de schade.
3. De trillingen liggen tussen beide grenzen in (grijs gebied). In dat geval is op voorhand onduidelijk welke rol de trillingen bij de fysieke schade aan het gebouw hebben gehad. In deze situatie beoordeelt de deskundige op basis van de waarschijnlijkheid van de verschillende mogelijke oorzaken of, en zo ja, in welke mate de trillingen hebben bijgedragen aan het ontstaan of verergeren van de schades. Richtlijnen hierbij zijn:



- a. Naarmate er minder overduidelijke alternatieve oorzaken zijn voor het ontstaan van de schade, neemt de kans dat de trillingen een rol hebben gespeeld, toe.
- b. Naarmate de trillingen hoger zijn (t.o.v. de grenswaarde), neemt de kans dat de trillingen een rol hebben gespeeld, toe.

Dit procesvoorschrift is met name voor situatie **3.** opgesteld. Voor het bepalen van de causaliteit dient de deskundige een logisch proces te volgen. Per schade dient de deskundige eerst van alle mogelijke oorzaken (waaronder de trillingen van treinen) aan te geven of bepaalde oorzaken kunnen worden gefalsificeerd (uitgesloten op basis van omgevings- en gebouwenkenmerken). Hiervoor heeft de deskundige de beschikking over controlevragen.

Vervolgens dienen de resterende mogelijke oorzaken te worden geverifieerd (kunnen deze in dit specifieke geval ook echt de oorzaak zijn, en hoe waarschijnlijk is die oorzaak dan?). Voor deze verificatie krijgt de deskundige handvatten, maar de deskundige zal op basis van kennis en ervaring per situatie ook zelfstandig moeten motiveren waarom een bepaalde oorzaak wel of niet waarschijnlijk is.

Het kan voorkomen dat na het proces van falsificatie en verificatie er geen oorzaken meer resteren. In dat geval is het niet mogelijk voor de deskundige om de oorzaak vast te stellen, bijvoorbeeld omdat bepaalde informatie niet meer kan worden achterhaald (wat heeft zich in het verleden afgespeeld). In dat geval is de schadeoorzaak onbekend.

Op basis van deze schadebeoordelingsmethode zijn voor het beoordelen van causaliteit drie uitkomsten mogelijk:

- 1.** De meest waarschijnlijke oorzaak van het gebrek is trillingen door treinverkeer.
Dit is het geval als
 - a. Trillingen een mogelijke specifieke oorzaak zijn bij een schadepatroon **en**
 - b. De gemeten trillingen hoger zijn dan de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn **en**
 - c. Er geen andere, meer waarschijnlijke oorzaken zijn
- 2.** De meest waarschijnlijke oorzaak van het gebrek is een andere (autonome) oorzaak, maar de invloed van trillingen door treinverkeer op het gebrek (ontstaan of verergeren van het gebrek) is niet uit te sluiten.
Dit is het geval als
 - a. Trillingen een mogelijke specifieke oorzaak zijn bij een schadepatroon **en**
 - b. De gemeten trillingen hoger zijn dan de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn **en**
 - c. Er wel andere, meer waarschijnlijke oorzaken zijn
- 3.** Het gebrek is veroorzaakt door een andere (autonome) oorzaak, en de invloed van de trillingen door treinverkeer is op basis van de metingen niet aannemelijk.
Dit is het geval als
 - a. Trillingen geen mogelijke specifieke oorzaak zijn bij een schadepatroon **of**
 - b. De gemeten trillingen lager zijn dan de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn.





STAP 1 - WAARNEMEN



In dit hoofdstuk geven wij een toelichting op stap 1 van het opnameformat: het opnemen van de gebreken en de trillingen. We lichten de daarin gemaakte keuzes toe en laten een overzicht zien van de gebruikte achtergrondinformatie.





STAP 1 - WAARNEMEN

3.1. INTERVIEW

Waarom deze stap? Doel van deze stap is om de melder(s) de mogelijkheid te geven om hun eigen interpretatie van de situatie toe te lichten, de schadehistorie van de woning toe te lichten en woningspecifieke zaken die van belang zijn voor de expert toe te lichten. Dit helpt de expert in het beoordelen van de schades, voorkomt dat hij bepaalde aspecten over het hoofd ziet en biedt hem de mogelijkheid om bepaalde stellingen (bijv. t.a.v. treinen die volgens de bewoner hoge trillingen veroorzaken of bepaald onderhoud wat is uitgevoerd) bij ProRail te controleren en in zijn afwegingen mee te nemen.

Waarom op deze manier? De vragen die gesteld worden zijn gebaseerd op vragenlijsten van deskundigen die op dit moment al worden gesteld, en zijn verder aangevuld met een aantal types vragen:

1. Vragen die helpen bij inzicht krijgen in de woning. Denk hierbij aan vragen over bijzonderheden van de woning, calamiteiten die zich hebben voorgedaan of momenten van verbouwing. Deze vragen helpen bij het beoordelen van de schades (zowel bij de falsificatie als bij de verificatie).
2. Vragen over de ervaringen van de bewoner. Denk hierbij aan vragen over de beleving van de trillingen, dit soort vragen geeft inzicht in of angst voor schade een belangrijke rol speelt in de melding.
3. Vragen over de schade, zoals eerste moment van optreden en de mate van schade. Deze vragen helpen bij het vaststellen van causaliteit tussen trillingen en schade.

Er is geen wetenschappelijke literatuur voorhanden die voorschrijft welke vragen moeten worden gesteld. De in het procesvoorschrift opgenomen vragen zijn gebaseerd op de in dit onderzoek verzamelde voorbeelden van schadebureaus, en aangevuld op basis van interviews en input van deskundigen.

3.2. OPNAME EN VASTLEGGEN SCHADE

Waarom deze stap? Doel is het objectief en herleidbaar vastleggen van de staat van de gebouwen op het perceel en alle waarneembare schades aan de gebouwen.

De schade-expert legt de staat van de gebouwen objectief vast aan de hand van een opname waarin de volgende informatie wordt vastgelegd, waar nodig ondersteund door foto's:

1. De gebouwkenmerken, aan de hand van een opname van de buitenkant van het gebouw.
2. De constructie en materialen.
3. De staat van onderhoud.

Tijdens dezelfde opname worden de waarneembare schades geïnventariseerd. Iedere schade wordt op foto's vastgelegd en voorzien van een unieke code, voor herleidbaarheid, met uitzondering van schades die niet door trillingen kunnen zijn veroorzaakt. Van deze schades is een lijst opgenomen in Bijlage II.

Waarom op deze manier? De manier van opnemen en coderen van de schades is een gangbare methode die de schadedeskundige gewend zijn te gebruiken, en gebaseerd op de praktijkrichtlijnen van branchevereniging NIVRE. De methode is overgenomen van de door [IMG 2023] gebruikte methodiek voor het opnemen van schades in het kader van de gaswinning in Groningen, en sluit daarmee aan bij de meest recente inzichten.



De schades die niet hoeven te worden opgenomen zijn schades die naar hun aard redelijkerwijs niet door trillingen van treinverkeer kunnen zijn veroorzaakt, en dus een andere oorzaak hebben. Ook kunnen deze schades niet door trillingen van treinverkeer zijn verergerd. Deze lijst is overgenomen van [IMG 2023] en te vinden in Bijlage II.

3.3. TRILLINGSMETING (SBR-A)

Waarom deze stap? Het schade-onderzoek is bedoeld om vast te stellen of de trillingen van treinen de gemelde schade kunnen hebben veroorzaakt. Zonder een betrouwbare trillingsmeting is het niet goed mogelijk om trillingen als (mede-)oorzaak van de schade aan te kunnen wijzen of uit te sluiten.

Waarom op deze manier? De meting dient te worden uitgevoerd conform de in Nederland gebruikte [SBR A 2017]. Deze richtlijn bevat de meest recente inzichten rond het uitvoeren van trillingsmetingen en het beoordelen van de gemeten trillingen. Om de onzekerheid in de uitkomsten te beperken zijn een aantal aanvullende eisen gesteld:

1. Minimaal een beperkte meting (meting op meerdere meetpunten), zodat onzekerheden in de plaatsing van meetpunten worden beperkt. Meer meetpunten plaatsen is toegestaan, maar zorgt voor hogere uitvoeringskosten en meer overlast voor bewoners.
2. Een meetduur van minimaal 7 kalenderdagen in een representatieve periode qua treinverkeer. Doel van deze meetduur is om de variatie in de trillingen van goederentreinen mee te nemen. Een langere meetduur is toegestaan en zorgt voor een hogere nauwkeurigheid, maar zorgt voor hogere uitvoeringskosten, een langere doorlooptijd en meer overlast voor bewoners. De duur van 7 dagen is in lijn met metingen voor bijvoorbeeld trillingshinder.
Bij het beoordelen van de trillingen op basis van een meting is het van belang dat de meetperiode representatief is. Dat betekent dat de meetperiode qua weersomstandigheden (hoge of lage temperaturen en zeer lange droge periodes kunnen zorgen voor hogere en lagere trillingen dan gemiddeld) en treinenbeeld (rijnsnelheid, belading, aantal treinen) representatief moet zijn voor normale situaties. Meet daarom altijd in representatieve periodes (geen extreme weersomstandigheden, geen afwijkend treinenbeeld).
3. Voor de beoordeling van het type trilling dient in principe te worden uitgegaan van *continue* trillingen (i.p.v. *herhaald kortdurend* zoals de [SBR A 2017] beschrijft, tenzij kan worden gemotiveerd dat de kans op resonantie nihil is. We doen dit omdat bij langere treinpassages resonantie niet op voorhand kan worden uitgesloten, en sommige ingezette apparatuur ook niet de mogelijkheid heeft om voldoende lange tijdssignalen van de gemeten trillingen te genereren om resonantie ook daadwerkelijk uit te sluiten.
Resonantie kan optreden als wordt voldaan aan twee voorwaarden:

- a. De eigenfrequentie van een gebouw(onderdeel) kan samenvallen met een maatgevende frequentie in het trillingsspectrum **en**
- b. Deze maatgevende frequentie houdt minimaal 10 periodes aan.

In de praktijk kunnen eigenfrequenties van gebouwonderdelen bij vrijwel alle frequenties in het frequentiegebied tussen 1 en 100 Hz voorkomen. Veel voorkomende eigenfrequenties liggen in het gebied tussen 2 en 20 Hz, frequenties die vaak dominant zijn bij trillingen van treinverkeer. De eerste conditie is daarom meestal wel van toepassing.

Het is echter ook van belang dat er voldoende aanstoting is. Er moet dus echt sprake zijn van een duidelijke, maatgevende trillingsfrequentie die minimaal 10 periodes aanhoudt. In het



tijdssignaal is dit vaak duidelijk herkenbaar. Het getal 10 is gekozen op basis van expert judgment, bij een kleiner aantal periodes is er vaak sprake van onvoldoende aanstoting om resonantie te bewerkstelligen.

3.4. OMGEVINGSKENMERKEN VASTLEGGEN

Waarom deze stap? Er zijn veel mogelijke oorzaken van waarneembare schadebeelden; naast trillingen en de staat van het gebouw hebben ondergrondse en bovengrondse omgevingskenmerken ook invloed. Daarom worden deze vastgelegd, waaronder en niet uitsluitend:

1. Ondergronds: de bodemopbouw en veranderingen in grondwaterstand en (voormalige) aanwezigheid van objecten in de bodem.
2. Bovengronds: (voormalige) aanwezigheid van bomen (i.v.m. wortels) en afstand tot (voormalige) waterpartijen zoals sloten en vijvers.

Ook wordt de afstand tot mogelijke specifieke trillingsbronnen in de omgeving vastgelegd, zoals wegen, verkeersdrempels en bouwactiviteiten met zwaar materieel (zoals heistellingen).

Waarom op deze manier? De enige manier om deze kenmerken vast te leggen is het registreren ervan tijdens een locatiebezoek, waarbij de opname achteraf wordt geverifieerd en aangevuld tijdens de bureaustudie (stap 2, zie volgende hoofdstuk). Indien de deskundige voldoende voorbereidingstijd heeft, kunnen deze stappen ook worden omgedraaid: een eerste inventarisatie tijdens een bureaustudie, waarna deze tijdens het locatiebezoek wordt geverifieerd.

De kenmerken worden door de deskundige meegenomen bij het beoordelen van de schade en schadeoorzaken (stap 3 in hoofdstuk 5). Hoe completer beeld de deskundige heeft, hoe betrouwbaarder kan worden gezegd wat de oorzaak van de schade is.

Voor de vast te leggen kenmerken is gebruik gemaakt van de opnameformulieren van [IMG 2023] en de richtlijnen van branchevereniging NIVRE, aangevuld met kenmerken die nodig zijn om de controlevragen tijdens het falsificatieproces te beantwoorden (zie hoofdstuk 5).





STAP 2 - AANVULLEN EN VERIFIEREN



In dit hoofdstuk geven wij een toelichting op stap 2 van het opnameformat: het aanvullen en verifiëren van de data uit de opname. We lichten de daarin gemaakte keuzes toe en laten een overzicht zien van de gebruikte achtergrondinformatie.





STAP 2 - AANVULLEN EN VERIFIEREN

4.1. CONTROLEREN GEBOUWKENMERKEN

Waarom deze stap? In het procesvoorschrift hebben we bewust de keuze gemaakt om de gebouwkenmerken waar mogelijk ter plekke te laten vastleggen, en dit te laten controleren (en waar nodig aanvullen) achter het bureau. Het verdient de voorkeur om dit te laten doen door iemand anders dan de opname-expert. Op deze manier garanderen we een vier-ogen-principe en zorgen we ervoor dat kenmerken die niet op locatie kunnen worden vastgelegd of niet goed kunnen worden vastgelegd op basis van andere bronnen worden aangevuld.

Waarom op deze manier? De gegevens die moeten worden vastgelegd, worden om verschillende redenen vastgelegd:

1. Sommige kenmerken (zoals draagconstructie en scheefstand) zijn essentieel om de belastingopbouw en daarmee de oorzaak van schades vast te kunnen leggen.
2. Andere kenmerken (zoals de staat van onderhoud) worden vastgelegd om schade-oorzaken te falsificeren of verifiëren.
3. Tenslotte zijn er algemene kenmerken (zoals bouwjaar en functie van het gebouw) die vooral worden vastgelegd om eventueel later meta-analyses te kunnen doen (denk aan het verifiëren van bijv. het TNO-protocol).

De te gebruiken bronnen zijn openbaar beschikbare of tijdens de opname verkregen informatie, zoals foto's en de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG). Hoewel die laatste bron niet 100 % accuraat is, geeft ze wel een goede basis om algemene kenmerken vast te leggen. We sluiten hierbij aan bij de methodiek vanuit [IMG 2023].

4.2. CONTROLEREN EN AANVULLEN OMGEVINGSKENMERKEN

Waarom deze stap? Ook de omgevingskenmerken laten we controleren en aanvullen achter het bureau, eveneens liefst door een ander dan de opname-expert om een vier-ogen-principe toe te passen. Er zijn bovendien omgevingskenmerken (denk aan (historisch) grondwaterstanden) die niet op locatie kunnen worden vastgelegd, en waarvoor aanvullende gegevens nodig zijn.

Waarom op deze manier? De gegevens die moeten worden vastgelegd in deze stap zijn nodig om schade-oorzaken te falsificeren (zie volgend hoofdstuk):

1. Gegevens over de ondergrond zijn nodig om schade-oorzaken die gerelateerd zijn aan zettingen te falsificeren.
2. Gegevens over groen in de omgeving zijn nodig om schade-oorzaken die gerelateerd zijn aan groen (schade door wortelgroei, lokale grondwaterstands dalingen of aantasting van het metselwerk) te falsificeren.
3. Gegevens over activiteiten in de omgeving zijn nodig om schade-oorzaken te falsificeren die gerelateerd zijn aan trillingsbronnen anders dan treinverkeer.

Voor elk vast te leggen aspect is in het procesvoorschrift de te gebruiken bron weergegeven. Hiervoor hebben we waar mogelijk aangesloten bij [IMG 2023], ontbrekende bronnen zijn toegevoegd indien deze openbaar toegankelijk (en dus voor iedereen verifieerbaar) zijn. Een deel van deze openbare bronnen (denk aan bodemdaling) zijn minder nauwkeurig dan betaalde data



(in dit geval InSAR-data). Het staat de deskundige vrij om waar nodig gedetailleerdere informatie te gebruiken, mits goed gemotiveerd. Sommige informatie (denk aan peilbesluiten uit het verleden) zijn alleen door intensieve afstemming met waterschappen boven water te halen, en daarom slecht toegankelijk. Het kan daardoor voorkomen dat bepaalde oorzaken niet kunnen worden gefalsificeerd of geverifieerd, of dat moet worden afgegaan op informatie van bijvoorbeeld de eigenaar van het gebouw waarvan de schademelding afkomstig is.





STAP 3 - INTERPRETEREN



In dit hoofdstuk geven wij een toelichting op stap 3 van het opnameformat: het interpreteren van de (aangevulde en geverifieerde) opname. We lichten de daarin gemaakte keuzes toe en laten een overzicht zien van de gebruikte achtergrondinformatie.





STAP 3 - INTERPRETEREN

In deze stap worden alle geconstateerde schades geanalyseerd met als doel om te komen tot een conclusie over de oorzaak en in hoeverre trillingen door treinverkeer een bijdrage hebben geleverd aan de schade.

Voordat wordt gestart met het koppelen van schadebeelden aan bekende schadepatronen, worden gebreken met overduidelijke oorzaken, waar treinverkeer geen rol kan hebben gespeeld, weggestreept. Het gaat veelal om schades waarvoor geen expertise nodig is om de schadeoorzaak vast te stellen. Deze lijst is opgenomen in Bijlage II. Dit voorkomt onnodig werk, omdat voor de resterende gebreken het proces van falsificatie en verificatie moet worden doorlopen.

Voor alle andere scheuren wordt een proces doorlopen dat bestaat uit drie stappen:

1. Op basis van de foto en schadelocatie wordt uit de schadebibliotheek (bijlage bij het procesvoorschrift) een (schematisch) schadebeeld of schadepatroon gekozen dat overeenkomt met de schade.
2. Vervolgens worden de bij dat schadepatroon behorende mogelijke oorzaken waar mogelijk gefalsificeerd op basis van gebouw- en omgevingskenmerken. Hiermee strepen we oorzaken weg die op voorhand niet mogelijk zijn.
3. De resterende oorzaken worden geverifieerd op basis van gebouw-, omgevings- en schadekenmerken. Op basis van zijn expertise onderbouwt de deskundige welke oorzaak hij het meest aannemelijk acht, gelet op de hoogte van de gemeten trillingen (zie hoofdstuk 3) en de resterende geverifieerde oorzaken.

5.1. SCHADEBEELDEN KOPPELEN AAN SCHADEPATRONEN

Waarom deze stap? In deze stap kiezen we op basis van de foto en locatie van de schade het meest gelijkende schadepatroon of schadebeeld uit de schadebibliotheek. Hierin is voor ieder schadepatroon een lijst aan mogelijke oorzaken gekoppeld. Het schadepatroon dat het meeste overeenkomt met het schadebeeld geeft de deskundige zo direct inzicht in de mogelijke oorzaken. Dit is het startpunt voor de deskundige om de meest waarschijnlijke oorzaak te achterhalen.

Waarom op deze manier? Door te starten met alle mogelijke oorzaken, wordt voorkomen dat een oorzaak over het hoofd wordt gezien in het bepalen van de meest waarschijnlijke oorzaak. Dit vergroot de betrouwbaarheid van de oorzaak die aan het eind van stap als meest waarschijnlijk wordt bestempeld. We hebben hierbij oorzaken die geen rol kunnen hebben gespeeld in het ontstaan van de schade verwijderd, zodat deze ook niet behoeven te worden gefalsificeerd. Hiermee beperken we de benodigde workload voor de deskundige.

De schadebibliotheek is samengesteld op basis van meerdere onderzoeken en publicaties, waaronder [De Vent 2011], [TNO 2011], [W+B 2017] en [IMG 2023].

Voor schades of gebreken die niet direct te koppelen zijn aan een schadepatroon uit de schadebibliotheek, hebben we ook een generiek schadepatroon opgenomen in de schadebibliotheek. Hiermee bieden we de deskundige ook de mogelijkheid om af te wijken van de schadebibliotheek (bijvoorbeeld als de deskundige van mening is dat een bepaalde oorzaak wel degelijk is te koppelen aan een schadepatroon, terwijl dat in de schadebibliotheek niet het geval is).



5.2. WEGSTREPEN OORZAKEN O.B.V. GEBOUW- EN OMGEVINGSKENMERKEN

Waarom deze stap? Om het aantal mogelijke oorzaken te reduceren, wordt eerst gewerkt met *falsificatie* in plaats van dat de deskundige meteen de meest waarschijnlijke oorzaak aanwijst. Hiermee dwingen we een systematische, onderbouwde en navolgbare aanpak af, die door alle deskundigen op identieke wijze wordt doorlopen. Hierbij wordt - op basis van de controlevraag (de falsificatiemethode) behorende bij iedere mogelijke oorzaak - bepaald of een mogelijke oorzaak afvalt. De deskundige bepaalt dit aan de hand van de gebouw- en omgevingskenmerken uit stap 1 en 2 (zie hoofdstuk 3 en 4).

Waarom op deze manier? Oorzaken die niet kunnen optreden (omdat de aanleiding voor die oorzaak niet aanwezig is) strepen we weg. Zo voorkomen we dat de deskundige onnodig tijd steekt in het motiveren van oorzaken die toch geen rol kunnen hebben gespeeld in het ontstaan van de schades. Falsificatie doen we daarom op basis van controlevragen, die de deskundige moet beantwoorden.

De gebruikte controlevragen (falsificatiemethodes) zijn gebaseerd op grote hoeveelheden praktijkdata (vanuit schade-opnames) en onderzoeken van [TNO 2011], [W+B 2017] en [IMG 2023], maar ook op basis van de review van deskundigen. In Tabel 1 is voor alle mogelijke schadeoorzaken het falsificatiecriterium met bronverwijzing en motivatie opgenomen. Belangrijk is dat voor een aantal criteria gebruik is gemaakt van documenten die in het kader van de aardbevingsproblematiek in Groningen zijn opgesteld. Een aardbeving is een ander type trilling dan de trilling van een trein, maar de schademechanismes bij andere schadeoorzaken worden daardoor natuurlijk niet anders. Deze documenten zijn daarom ook voor dit schadeprotocol gebruikt.

Tabel 1 Overzicht met falsificatiecriteria

Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
A1. Geen overbelasting; onvoldoende sterkte		
A1.1	Initieel	Dit is niet te falsificeren. Motivatie: Hiervoor is een nauwkeurige beschouwing nodig van de belastingen en de scheuren in hun samenhang. Eenvoudige falsificatie is niet mogelijk.
A1.2	Verbouwing of uitbreiding	Er heeft geen verbouwing of uitbreiding plaatsgevonden, <u>of</u> het gebrek zit niet dichtbij gewijzigde onderdelen. Motivatie: Zonder verbouwing of uitbreiding kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A1.3	Veroudering of aantasting	Er is geen sprake van zichtbare sporen van veroudering of slijtage, bijv. in de vorm van afbrokkeling of verwerking. Motivatie: Zonder zichtbare sporen van veroudering kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A2. Overbelasting vanuit gebruik		
A2.1	In normale gebruikssituatie	Dit is niet te falsificeren. Motivatie: Hiervoor is een nauwkeurige beschouwing nodig van de belastingen en de scheuren in hun samenhang. Eenvoudige falsificatie is niet mogelijk.



Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
A2.2	Veranderd gebruik	Het gebruik van de ruimte of het gebouw is niet veranderd. Motivatie: Zonder veranderd gebruik kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A2.3	Verbouwing of uitbreiding	Er heeft geen verbouwing of uitbreiding plaatsgevonden, <u>of</u> het gebrek zit niet dichtbij gewijzigde onderdelen. Motivatie: Zonder verbouwing of uitbreiding kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A3. Overbelasting door trillingen		
A3.1	Wegverkeer	Trillingen uit meting zijn lager dan grenswaarde SBR-A herhaald kortdurend <u>of</u> gebouw staat buiten 10 meter van doorgaande weg <u>en</u> buiten 20 meter van weg met drempel, put of andere oneffenheid. Motivatie: De grenswaarde is afkomstig uit de [SBR A 2017]. [W+B 2017], p. 35-47 geeft contourafstanden op basis van metingen. Deze contouren zijn aangescherpt op basis van een database met eigen metingen van trillingen van wegverkeer van We-Boost.
A3.2	Treinverkeer	Trillingen uit meting zijn lager dan grenswaarde SBR-A herhaald kortdurend/continu. Motivatie: De grenswaarde is afkomstig uit de [SBR A 2017]. Of de trillingen als continue of herhaald kortdurend moeten worden gezien, hangt af van de daadwerkelijk gemeten signalen (of er sprake is van resonantie, zie paragraaf 3.3).
A3.3	Bouwactiviteiten in omgeving	Er zijn geen palen geheid of een bouwkuip (intrillen damwanden) geplaatst binnen 100 meter. Motivatie: Berekend voor maatgevende bouwwerkzaamheden als het maken van bouwkuipen (intrillen damwanden) en het heien van paalfunderingen. Berekend o.b.v. [CUR166 2012] met een representatieve planklengte van 20 meter en een zwaar damwandprofiel van AZ36-700N, 95% bovengrensberekening voor bouwkuipen. Voor heipalen een paallengte van 20 meter, 450x450 mm, 95% bovengrensberekening.
A3.4	Industriele activiteiten	Er is geen zware industrie binnen 50 meter of zwaar transport binnen 20 meter. Motivatie: Afstanden zijn conservatief gekozen op basis van een praktijkdatabase met metingen van We-Boost.
A3.5	Aardbevingen	Geen voelbare bevingen over afgelopen 5 jaar <u>en</u> trillingssnelheid geïnduceerde bevingen over afgelopen 5 jaar is lager dan SBR-A grenswaarde kortdurende trillingen. Motivatie: Op basis van de grenswaarden voor kortdurende trillingen uit de [SBR A 2017], waarbij 'voelbaar' is gerelateerd aan de Mercalli schaal (schaal IV), waarbij volgens [EMS 1998] nog geen enkele schade optreedt. Eventueel kan gebruik worden gemaakt van de risicocontourenkaart van de Atlas Leefomgeving. Deze geeft risicocontouren voor een Mercalli schaal van VI. Volgens [EMS 1998] kan schade echter ook al optreden bij Mercalli schaal van V (af en toe schade mogelijk bij kwetsbare gebouwen). Vooral bij zwaardere tektonische bevingen kan de contour voor Mercalli V tientallen tot wel honderden kilometers ruimer liggen. Deze zwaardere bevingen (M 5.0 of hoger) komen echter vrijwel niet voor. Voor geïnduceerde bevingen geldt dat



Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
		de maximale magnitude rond de 3.5 ligt, waarvoor geldt dat de Mercalli V contour maximaal 10 kilometer verder ligt dan de Mercalli VI contour. Voor de risicolocaties uit de risicocontourenkaart in Noord-Nederland kan deze zone van 10 kilometer als extra veiligheidsgrens worden gehanteerd. Voor de gebieden rond het Groningen gasveld dient gebruik te worden gemaakt van de trillingstool van het IMG (is actueler), deze waarden kunnen getoetst aan de grenswaarden uit de [SBR A 2017]. De grens van 5 jaar is gekozen omdat oudere aardbevingen in ieder geval niet meer tot nieuwe schades kunnen leiden. Indien zeker is dat er geen sprake is van oudere schades, kan deze grens worden ingekort tot 1 jaar.
A4. Incidentele overbelasting		
A4.1	Impact van voorwerpen of materieel	Er is geen duidelijk schadebeeld voor impactschade, <u>of</u> volgens de bewoner is er geen sprake geweest van een botsing of andere impact. Motivatie: Zonder duidelijke symptomen van een impact of botsing kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A4.2	Explosie	Er is geen duidelijk schadebeeld met ontzette en gescheurde delen, <u>of</u> volgens de bewoner is er geen sprake geweest van een explosie. Motivatie: Zonder duidelijke symptomen van een explosie kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A4.3	Regen- of sneeuwval	Er zijn geen gebouwdelen (m.n. horizontale delen) waar sneeuw- of regenwater zich kan ophopen. Motivatie: Zonder locaties waar regen of sneeuw zich kan ophopen, kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
A4.4	Storm	Dit is niet te falsificeren. Motivatie: Hiervoor is een nauwkeurige beschouwing nodig van de belastingen en de scheuren in hun samenhang, in combinatie met een hogere belasting op de gevels of het dak als gevolg van storm. Eenvoudige falsificatie is niet mogelijk.
A4.5	Blikseminslag	Er is geen duidelijk schadebeeld met ontzette delen en roet- of brandschade, of volgens de bewoner is er geen sprake geweest van blikseminslag. Motivatie: Zonder duidelijke symptomen van blikseminslag kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
B1. Verhinderde vervormingen		
B1.1	Initieel	Dit is niet te falsificeren. Motivatie: Hiervoor is een nauwkeurige beschouwing nodig van de belastingen en de scheuren in hun samenhang. Eenvoudige falsificatie is niet mogelijk.
B1.2	Verbouwing/uitbreiding	Er heeft geen verbouwing of uitbreiding plaatsgevonden, <u>of</u> het gebrek zit niet dichtbij gewijzigde onderdelen. Motivatie: Zonder verbouwing of uitbreiding kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.

Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
B1.3	Veroudering/aantasting	Er is geen sprake van zichtbare sporen van veroudering of slijtage, bijv. in de vorm van afbrokkeling of verwerking. Motivatie: Zonder zichtbare sporen van veroudering kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
B2. Opgelegde vervormingen		
B2.1	Initieel	Dit is niet te falsificeren. Motivatie: Hiervoor is een nauwkeurige beschouwing nodig van de belastingen en de scheuren in hun samenhang. Eenvoudige falsificatie is niet mogelijk.
B2.2	Verbouwing/uitbreiding	Er heeft geen verbouwing of uitbreiding plaatsgevonden, <u>of</u> het gebrek zit niet dichtbij gewijzigde onderdelen. Motivatie: Zonder verbouwing of uitbreiding kan deze schade-oorzaak niet optreden, zie [TNO 2011], p. 12-13.
B2.3	Corrosie metalen onderdelen	Er zijn geen metalen onderdelen en er is geen sprake van roestvorming of signalen daarvan (vervorming/verkleuring beton rond betonstaal, sporen van roestwater). Motivatie: Op basis van [TNO 2011], p. 12-13 en [IMG 2023].
B2.4	Bomen en wortelgroei	De afstand tot bomen is groter dan 1 x de kruindiameter. Motivatie: Op basis van praktijkgegevens vanuit [KCAF 2012], p. 16.
C1. Autonome zettingen		
C1.1	Gelijkblijvende belasting	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering. Motivatie: Bij een diepe fundering is zettingsschade niet mogelijk, zie [TNO 2011], p. 12-13.
C2. Verandering van de belasting op de ondergrond		
C2.1	Verbouwing of uitbreiding	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er heeft geen verbouwing of uitbreiding plaatsgevonden, <u>of</u> het gebrek zit niet dichtbij gewijzigde onderdelen. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft een verbouwing of uitbreiding, mits vergelijkbaar gefundeerd, geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Bij verschillen in funderingswijze kan er wel sprake zijn van zettingsschade.
C2.2	Bebouwing	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er is de afgelopen 5 jaar geen nieuwe bebouwing gerealiseerd binnen 25 meter van het gebouw. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft een nieuw gebouw geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het afstandscriterium is op basis van expert judgment na analyse van een aantal praktijksituaties.
C2.3	Ophoging	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er heeft geen grondophoging plaatsgevonden binnen een afstand van 4 keer de ophogingshoogte. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft een ophoging geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het afstandscriterium is afkomstig



Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
		van [Korff 2011], p. 76 en 77, en betreft een veilige bovengrens.
C2.4	Ontgraving	Er heeft geen ontgraving plaatsgevonden binnen een afstand van 4 keer de ontgravingsdiepte. Motivatie: Het afstandscriterium is afkomstig van [Korff 2011], p. 76 en 77, en betreft een veilige bovengrens. Bij een ondiepe ontgraving en geen zettingsgevoelige fundering kan deze oorzaak ook worden gefalsificeerd, maar bij diepe ontgravingen dichtbij gebouwen kan ook bij een fundering op palen schade ontstaan.
C2.5	Weglichaam	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er ligt geen weglichaam binnen een afstand van 4 keer de ophogingshoogte. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft een grondophoging geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het afstandscriterium is gebaseerd op [Spaargaren 2014], p. 5 en [Korff 2011], p. 76 en 77, gebaseerd op onderzoek van [Deltares 2012].
C2.6	Spoorlichaam	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er ligt geen spoorlichaam binnen een afstand van 4 keer de ophogingshoogte. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft een grondophoging geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het afstandscriterium is gebaseerd op [Spaargaren 2014], p. 5 en [Korff 2011], p. 76 en 77, gebaseerd op onderzoek van [Deltares 2012].
C3. Verandering in de ondergrond		
C3.1	Lokale wijzigingen grondwaterstand	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is niet meer dan 5 cm afgenomen. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft de wijziging van de grondwaterstand geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het GLG-criterium is afkomstig uit [ACSG 2019], p. 5 en is een algemeen geaccepteerd criterium voor het ontstaan van zettingsschade door grondwaterstandsveranderingen.
C3.2	Wijziging grondwaterstand door (bouw)werkzaamheden	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er is geen bouwkuip met bronbemaling geweest binnen 1 km <u>of</u> de verlaging van de grondwaterstand t.g.v. bemaling is niet meer dan 5 cm geweest. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft de wijziging van de grondwaterstand geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het afstandscriterium van 1 km. is afkomstig van een analyse van een groot aantal praktijksituaties. Het GLG-criterium is afkomstig uit [ACSG 2019], p. 5 en is een algemeen geaccepteerd criterium voor het ontstaan van zettingsschade door grondwaterstandsveranderingen.
C3.3	Wijziging grondwaterstand door peilbesluit	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is niet meer dan 5 cm afgenomen. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft de wijziging van de grondwaterstand geen invloed op de draagkracht onder het gebouw, zie [TNO 2011], p. 12-13. Het GLG-criterium is afkomstig uit [ACSG 2019], p. 5 en is een algemeen geaccepteerd criterium voor het ontstaan van zettingsschade door grondwaterstandsveranderingen.



Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
C3.4	Trillingen door wegverkeer	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> trillingen uit meting zijn lager dan grenswaarde SBR-A herhaald kortdurend <u>of</u> gebouw staat buiten 5 meter van doorgaande weg <u>en</u> buiten 10 meter van weg met drempel, put of andere oneffenheid. Motivatie: Bij een diepe fundering hebben trillingen geen invloed op de draagkracht onder de fundering van het gebouw. De grenswaarde voor zettingsgevoelige funderingen is afkomstig uit de [SBR A 2017]. [W+B 2017], p. 35-47 geeft contourafstanden op basis van metingen. Deze contouren zijn aangescherpt op basis van een database met eigen metingen van trillingen van wegverkeer van We-Boost.
C3.5	Trillingen door spoorverkeer	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> trillingen uit meting zijn lager dan grenswaarde SBR-A zettingen. Motivatie: Bij een diepe fundering hebben trillingen geen invloed op de draagkracht onder de fundering van het gebouw. De grenswaarde voor zettingsgevoelige funderingen is afkomstig uit de [SBR A 2017].
C3.6	Trillingen door (bouw)werkzaamheden	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> er zijn geen palen geheid of een bouwkuip (intrillen damwanden) geplaatst binnen 1 x de plank- of paallengte. Motivatie: Bij een diepe fundering hebben trillingen van bouwwerkzaamheden geen invloed op de draagkracht onder de fundering van het gebouw. De zone met zettingen als gevolg van bouwwerkzaamheden is volgens [SBR CURnet 2017], p. 45 (praktijkmetingen). Op basis van de grenswaarden uit de [SBR A 2017] ontstaan soms grotere contourafstanden, maar hier is aangesloten bij praktijkervaringen.
C3.7	Aardbevingen	Geen voelbare bevingen over afgelopen 5 jaar <u>en</u> trillingssnelheid geïnduceerde bevingen over afgelopen 5 jaar is lager dan SBR-A grenswaarde zettingen. Motivatie: Op basis van de grenswaarden voor zettingsgevoelige funderingen uit de [SBR A 2017], waarbij 'voelbaar' is gerelateerd aan de Mercalli schaal (schaal IV), waarbij volgens [EMS 1998] nog geen enkele schade optreedt. Eventueel kan gebruik worden gemaakt van de risicocontourenkaart van de Atlas Leefomgeving. Deze geeft risicocontouren voor een Mercalli schaal van VI. Zettingsschade treedt doorgaans niet op bij lagere Mercalli schalen. Voor de gebieden rond het Groningen gasveld dient gebruik te worden gemaakt van de trillingstool van het IMG (is actueler), deze waarden kunnen getoetst aan de grenswaarden uit de [SBR A 2017]. De grens van 5 jaar is gekozen omdat oudere aardbevingen in ieder geval niet meer tot nieuwe schades kunnen leiden. Indien zeker is dat er geen sprake is van oudere schades, kan deze grens worden ingekort tot 1 jaar.
C3.8	Wijziging grondwaterstand door bomen	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> de afstand tot bomen is groter dan 3 x de kruindiameter. Motivatie: Bij een diepe fundering heeft de wijziging van de grondwaterstand geen invloed op de draagkracht onder het gebouw. Het criterium voor zettingsgevoelige funderingen is afkomstig van [KCAF 2012], p. 16.
C3.9	Diepe bodemdalingseffecten (rek, krommingen, scheefstand)	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering <u>of</u> diepe bodemdaling is minder dan 2 cm.



Nr.	Omschrijving	Falsificatiecriterium
		Motivatie: dit criterium is in lijn met adviezen van Staatstoezicht op de Mijnen, afgeleid uit [Boscardin 1989] en adviezen van de [CMG 2023], p. 5.
C3.10	Natuurlijk extreme variaties in grondwaterstand	Het gebouw heeft geen zettingsgevoelige fundering. Motivatie: bij een diepe fundering (op palen) hebben grondwaterstandsvariaties in de toplagen van de bodem geen invloed op de draagkracht onder het gebouw. Zie [TNO 2011], p. 12, 13 en 15.

5.3. EXPERT JUDGEMENT VOOR RESTERENDE OORZAKEN

Waarom deze stap? Van de overgebleven oorzaken - na het wegstrepen door overduidelijke oorzaak dan wel falsificatie - moet worden beoordeeld welke de meest waarschijnlijke is, gegeven de specifieke omstandigheden van het gebrek. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van *expert judgement*. De deskundige bepaalt voor iedere oorzaak de meest 'logische' verklaring, op basis van gedocumenteerde verificatiecriteria (onder andere uit [IMG 2023]) en zijn/haar kennis en ervaring.

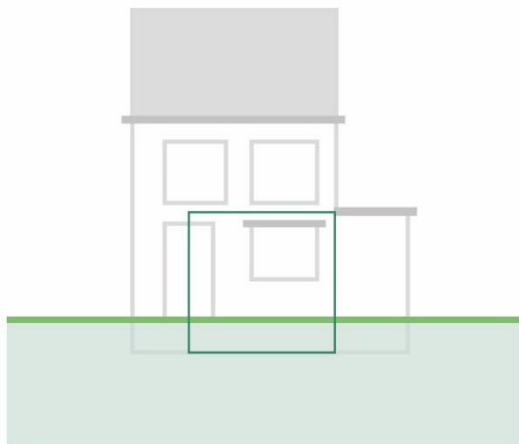
Waarom op deze manier? Deze stap is het minst eenvoudig om te uniformeren, maar om toch tot een zo eenduidig mogelijke aanpak te komen, hebben we een methode voorgeschreven voor de deskundige. Deze bestaat, conform [TNO 2011], uit de volgende 3 stappen:

1. Stel de (mogelijke) **belastingen** vast in het gebouwonderdeel waar het gebrek is geconstateerd
2. Stel vast hoe die belastingen door de constructie worden doorgegeven (**krachtsafdracht**). Een schets kan hierbij helpen, waarbij de in stap 1 geconstateerde belastingen als pijlen worden ingetekend en de ondersteuning van het gebouwonderdeel (bijvoorbeeld op de ondergrond) ook wordt weergegeven met behulp van pijlen.
3. Onderzoek of de **scheuren samenvallen** met locaties waar als gevolg van de afdracht van de krachten (zoals vastgesteld in stap 2) buig- en trekspanningen in het gebouwonderdeel ontstaan. In het procesvoorschrift zijn voor de meest voorkomende specifieke oorzaken de verificatiekenmerken weergegeven. Hiervoor is gebruik gemaakt van documenten vanuit [TNO 2011] en [IMG 2023]. Op de volgende bladzijde is voor één schadeoorzaak de toelichting op een verificatiemethode opgenomen.

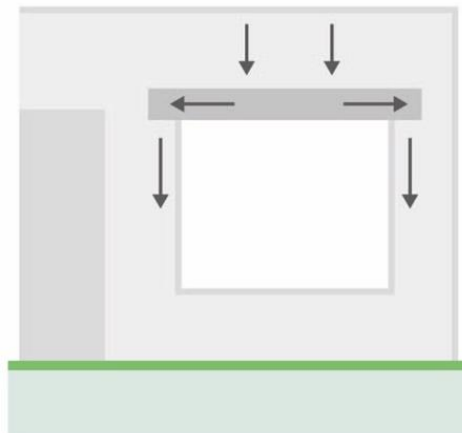
De deskundige kan de schadeformulieren in de schadebibliotheek gebruiken om de uitkomsten van de 3 stappen vast te leggen.

Verificatie van schadeoorzaak 'onvoldoende stijfheid lateiconstructie'

Het schadebeeld hier is scheurvorming boven een gevelopening. Via onderstaande 4 stappen (overgenomen uit [W+B 2017]) kan de oorzaak worden afgeleid.



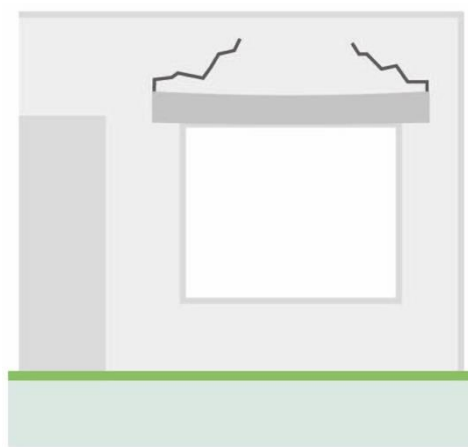
1. Boven elke opening in een gevel bevindt zich een lateiconstructie. De lateiconstructie bestaat uit een rollaag of een balk van bijvoorbeeld natuursteen, beton, staal, hout of een gemetselde constructie. Lateien kunnen zichtbaar of onzichtbaar gemonteerd zijn.



2. Een latei draagt de bovenliggende wand. De krachten uit deze wand wordt door de lateiconstructie afgedragen naar de beide zijden van de gevelopening. Daar worden de krachten doorgegeven aan de onderliggende wand.



3. Soms komt het voor dat een latei onvoldoende stijfheid heeft. Als gevolg hiervan buigt de latei door.



4. Zelfs bij een kleine doorbuiging van de latei, komt er spanning te staan op de bovenliggende wand. Hierdoor kan scheurvorming ontstaan boven en/of in de latei. De scheurvorming verloopt in de meeste gevallen trapsgewijs.

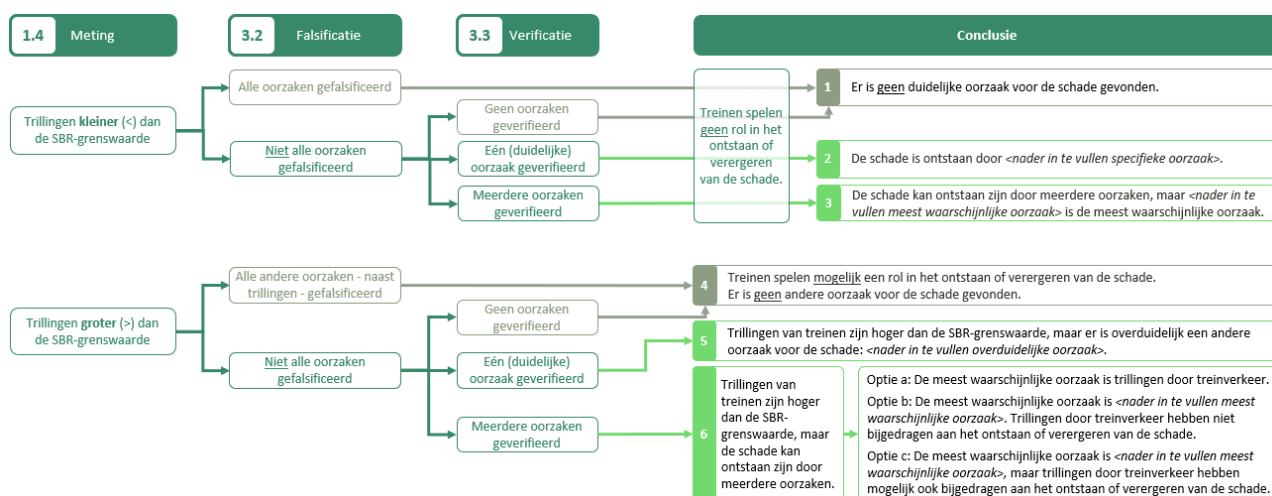
Op basis van bovenstaande stappen kan worden gemotiveerd dat de oorzaak van de schade A1 (geen overbelasting, onvoldoende sterkte). Omdat het in dit geval niet komt door een verbouwing of uitbreiding (A1.2) of door veroudering (A1.3), komt het doordat er initieel al sprake was van onvoldoende sterkte van de latei. A1.1 (onvoldoende initiële sterkte) is hier dus een mogelijke, geverifieerde oorzaak.

In veel gevallen blijven er na dit proces nog meerdere mogelijke oorzaken over voor het ontstaan van de scheurvorming. In het procesvoorschrift geven we handvaten aan de deskundige om de

meest waarschijnlijke oorzaak in te schatten (waarin ook de tijd van ontstaan of verergeren van de schade i.r.t. de oorzaken worden meegenomen). De deskundige dient te kunnen motiveren waarop het uiteindelijke oordeel per schade is gebaseerd, op basis van zijn kennis en ervaring¹.

Tenslotte kan onderaan de pagina van het schadepatroon een conclusie worden getrokken over de meest waarschijnlijke oorzaak van de schade. Hiervoor doorloopt de deskundige 4 stappen:

1. Hoe hoog de (gemeten) trillingen zijn in relatie tot de grenswaarde, en of trillingen dus een rol kunnen hebben gespeeld in het ontstaan of verergeren van de schade.
2. Of alle oorzaken al dan niet zijn gefalsificeerd.
3. Of er oorzaken zijn geverifieerd.
4. Wat de conclusie is, gelet op de geverifieerde oorzaken. De mogelijke conclusies, gegeven de resultaten van de meting, de falsificatie en de verificatie zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 Vanuit de trillingsmeting (stap 1.4, hoofdstuk 3), falsificatie (stap 3.2, hoofdstuk 5) en verificatie van overige oorzaken (anders dan trillingen) (stap 3.3, hoofdstuk 5) wordt een conclusie getrokken.

¹ [TNO 2011] en [TU Delft 2019] gebruiken een systematiek van het bouwen van scenario's om te komen tot een meest waarschijnlijke oorzaak, waarbij per scenario (met zowel enkelvoudige als meervoudige mogelijke schadeoorzaken) een historisch overzicht gegeven wordt van de verschillende oorzaken in relatie tot de schade. De praktijk laat zien dat het ook met die methode nog lastig kan zijn om een meest waarschijnlijke oorzaak aan te wijzen.



STAP 4 – RAPPORTEREN



In dit hoofdstuk geven wij een toelichting op stap 4 van het opnameformat: het rapporteren van de resultaten. We lichten de daarin gemaakte keuzes toe en laten een overzicht zien van de gebruikte achtergrondinformatie.





STAP 4 - RAPPORTEREN

6.1. VASTLEGGEN ANALYSE EN ADVIES IN RAPPORT

Waarom deze stap? Doel van deze stap is eenduidig, reproduceerbaar en onderbouwd vast te leggen welke informatie is verzameld en welke schades zijn opgenomen en hoe die zijn beoordeeld. Het rapport bevat alle benodigde informatie voor de opdrachtgever om te bepalen of deze overgaat tot schadevergoeding of niet. Voor de melder bevat het alle benodigde informatie om te kunnen volgen hoe het onderzoeksbureau tot zijn oordeel is gekomen.

Waarom op deze manier? In de gevolgde methodiek is ervoor gekozen om een sjabloonrapport op te stellen wat aansluit bij de richtlijnen van het [NIVRE] en waar mogelijk aansluit op de door [IMG 2023] gebruikte rapportsjablonen. Het rapport bevat de volgende onderdelen:

1. Een voorblad met informatie over het onderzochte object en het onderzoeksbureau.
2. Een samenvatting met de belangrijkste bevindingen van het rapport, belangrijke gegevens over het gebouw, de gemeten trillingen en het aantal schades. Ook de conclusies zijn hierin opgenomen.
Deze samenvatting is bedoeld voor iedereen die het rapport leest, zodat in één oogopslag de belangrijkste informatie uit het rapport duidelijk is. Voor verduidelijking kan de rest van het rapport worden doorgenomen.
3. Een inleidend hoofdstuk (hoofdstuk 1) waarin wordt ingegaan op treintrillingen, de taak van het onderzoeksbureau, de gevolgde methode en de mogelijke uitkomsten.
Dit hoofdstuk heeft als voornaamste doel om de melder te informeren over de gevolgde aanpak.
4. Een hoofdstuk met omgevingsinformatie (hoofdstuk 2) waarin gegevens over het gebouw, de omgeving, de trillingen van treinverkeer en een analyse daarvan zijn opgenomen. Dit hoofdstuk wordt door het onderzoeksbureau gevuld op basis van de bijlages van het rapport (trillingsonderzoek, opnamerapport).
Dit hoofdstuk heeft als voornaamste doel om de belangrijkste relevante kenmerken van het gebouw en de omgeving, die een belangrijke rol spelen in het ontstaan van de schades, toe te lichten. Het vormt dus een samenvatting met relevante zaken vanuit het opnameformat.
5. Een hoofdstuk met een overzicht met de waargenomen gebreken (hoofdstuk 3), overgenomen uit het opnamerapport in de bijlage. Per gebrek is de door de deskundige getrokken conclusie getrokken.
Dit hoofdstuk heeft als doel om een samenvattend overzicht te geven met alle schades of gebreken, inclusief een beoordeling van die schades. Dit hoofdstuk vormt de basis voor het advies t.a.v. het wel of niet accepteren van de schademelding.
6. Bijlages met een rapport van de trillingsmeting (opgesteld conform de eisen in [SBR A 2017]), het ingevulde opnameformat en de per schade ingevulde schadeformulieren.

De opzet van het rapport is zodanig gekozen dat iemand in één oogopslag de belangrijkste informatie vanuit de samenvatting kan halen.

6.2. CONTROLE RAPPORT

Waarom deze stap? Door deze stap krijgt de opdrachtgever de mogelijkheid om te controleren of het onderzoeksbureau de opdracht correct heeft uitgevoerd. Het gaat bij deze stap nadrukkelijk niet om een inhoudelijke controle, maar puur op een controle op de scope en vorm.



Waarom op deze manier? Om de onafhankelijkheid van het onderzoeksbureau te garanderen is een strikte scheiding gemaakt tussen de betrokkenheid van de opdrachtgever (de partij waar de melding is gedaan, dus ProRail of het Ministerie van IenW) en het onderzoeksbureau. De opdrachtgever heeft daardoor geen invloed op de resultaten van het onderzoek. Partijen die gevraagd worden voor de onderzoeken hebben de expertise en ervaring om dit soort onderzoeken zelfstandig uit te voeren.

Wel is de mogelijkheid opengehouden voor de opdrachtgever om aan het einde, na oplevering van het rapport, een controle te doen op scope (is het onderzoek volledig, zijn alle gebouwen opgenomen?) en vorm (voldoet het aan de vormvereisten uit het procesvoorschrift?). De opdrachtgever is namelijk ook de enige partij die alle onderzoeken (ook die door andere onderzoeksbureaus worden uitgevoerd) overziet, en dus de enige die inconsequenties kan constateren en daar met de onderzoeksbureaus over in gesprek kan gaan.

6.3. STUREN AAN MELDER(S)

Waarom deze stap? De melder(s) dient of dienen in heldere taal inzicht te krijgen in de resultaten van het onderzoek, zodat ze weten welke vervolgstappen zij kunnen verwachten of zelf kunnen zetten.

Waarom op deze manier? De melder(s) krijgt of krijgen het rapport toegestuurd. Kort daarna ontvangen zij een schrijven van de opdrachtgever (de partij waar de melding is gedaan, dus ProRail of het Ministerie van IenW) over vervolgstappen. Dat kan zijn dat de schademelding wordt afgewezen (met verwijzing naar het rapport), of dat de schade (deels) zal worden vergoed. Bij vragen of onduidelijkheden kan de melder contact opnemen met het onderzoeksbureau voor een toelichting op het rapport.



ADVIEZEN EN LEEMTEN IN KENNIS

In het proces van het beoordelen van gebreken en het koppelen van schadebeelden aan schade-oorzaken, zijn er aspecten waarvoor in de wetenschappelijke literatuur en praktijkervaringen nog onvoldoende over bekend is. Hieronder zijn deze zogenaamde 'leemten in kennis' opgenomen, met adviezen over hoe hiermee om te gaan.

1. **Communicatietraject naar melder(s).** Uit ervaring van de afgelopen jaren (door ProRail zelf, maar ook vanuit Groningen) blijkt dat het belang van goed verwachttingsmanagement over het uit te voeren onderzoek nauwelijks kan worden onderschat.

Advies is om een extra communicatiestap op te nemen tussen het moment van de melding en het bezoek van de deskundige op locatie. Belangrijke aspecten hierin:

- a. Informeer de melder(s) helder over het te doorlopen proces. Welke stappen worden er genomen, wat mag wel, en wat niet van de deskundige worden verwacht, hoe ziet het vervolg eruit? Delen hiervan zijn in het sjabloonrapport opgenomen.
- b. Benoem in deze informatie expliciet dat we op zoek zijn naar antwoord op de vraag of de waargenomen gebreken zijn te relateren aan de trillingen door treinverkeer. Daarvoor wordt het gebouw uitgebreid opgenomen, alle relevante gebreken geregistreerd en wordt een trillingsmeting uitgevoerd.
- c. Geef ook aan welke gebreken wel en welke niet worden opgenomen, en waarom wel of niet. Maak hierbij gebruik van bijlage II van dit achtergrondrapport.
- d. Zorg voor een heldere (online) brochure in B1-taal, die door iedereen is te begrijpen.

Zorg verder (op verzoek) voor een (telefonische of digitale) toelichting op het uiteindelijke rapport.

2. **Rollen binnen het beoordelingsproces.** Om gebreken te kunnen beoordelen en de eventuele causaliteit met trillingen van treinverkeer te beoordelen, wordt zowel een bouwkundige opname, trillingsmeting als een beoordeling uitgevoerd. Er zijn niet veel partijen die op al deze aspecten voldoende deskundig en ervaren zijn, dus in voorkomende gevallen kan worden gekozen voor een splitsing tussen de partij die de trillingsmeting uitvoert, en de partij die de bouwkundige opname en beoordeling uitvoert.

Advies is om eisen te stellen aan de verschillende deskundigen:

- a. Ervaring met het meten van trillingen conform de SBR A-richtlijn. Eventueel kan een BRL5023-certificaat worden gevraagd.
- b. Ervaring met het opnemen van gebouwen en gebreken. Als voorbeeld kan 2 jaar ervaring worden gevraagd.
- c. Ervaring met het beoordelen van gebouwen en gebreken. Als voorbeeld kan 10 jaar ervaring worden gevraagd. Minder ervaring is uitsluitend toegestaan als de beoordeling wordt gecontroleerd door iemand die wel aan deze ervaringseis voldoet.

3. **Heldere instructie voor deskundige.** Vaak heeft een deskundige de neiging om bij het vastleggen van de schades al zijn of haar oordeel te vellen. Dat dient altijd te worden vermeden. Daarom is in dit procesvoorschrift er ook voor gekozen om deze activiteiten ook in tijd te scheiden. De opname is objectief en oordeel loos, het oordeel wordt pas gegeven tijdens de beoordeling.

Advies is om de volgende instructies mee te geven aan de deskundige:

- a. Leg uitsluitend de bouwkundige staat en gebreken vast. Vel nooit een oordeel op locatie.
- b. Wees je bewust van de emotie van de melder(s) en luister hiernaar. Praat hierin echter niet mee, maar volg altijd het proces: objectief vastleggen op locatie, achteraf pas beoordelen als alle informatie beschikbaar is.



4. **Voorwaarden aan trillingsmeting en -rapportage.** Uit onderzoek van [TNO 2020] op basis van enkele praktijkmetingen met een lange meetduur blijkt dat bij een meetperiode van 1 maand de trillingen 10 tot 20 procent hoger kunnen zijn dan bij een onderzoeksperiode van 1 week, en bij een meetperiode van 1 jaar kunnen de trillingen 40 tot 60 procent hoger zijn dan bij een onderzoeksperiode van 1 week. Dit onderzoek van TNO is gebaseerd op slechts enkele praktijkvoorbeelden, en er zijn ook situaties bekend waarin de trillingen minder sterk varieerden, maar deze voorbeelden
5. **Duur van de trillingsmeting.** Uit onderzoek van [TNO 2020] op basis van enkele praktijkmetingen met een lange meetduur blijkt dat bij een meetperiode van 1 maand de trillingen 10 tot 20 procent hoger kunnen zijn dan bij een onderzoeksperiode van 1 week, en bij een meetperiode van 1 jaar kunnen de trillingen 40 tot 60 procent hoger zijn dan bij een onderzoeksperiode van 1 week. Dit onderzoek van TNO is gebaseerd op slechts enkele praktijkvoorbeelden, en er zijn ook situaties bekend waarin de trillingen minder sterk varieerden, maar deze voorbeelden laten zien dat de trillingen kunnen afwijken van de meetperiode van 1 week. Indicatief lijkt dit onderzoek van TNO te wijzen op een extra veiligheidsfactor van 1.5 (bij een overschrijdingskans voor 1 jaar) voor de rekenwaarde van de grenswaarde voor metingen aan treinverkeer.
- Advies** is om nader onderzoek te doen naar de variatie van de trillingen op basis van praktijkmetingen, en onderzoek te doen naar de noodzaak ende benodigde hoogte van een eventuele veiligheidsfactor bij trillingen van treinverkeer, ook in relatie tot de overschrijdingskans. Zo lang die veiligheidsfactor nog onbekend is, is het advies om in het rapport van de trillingsmeting op de volgende aspecten in te gaan:
- Relatie tussen de hoogst gemeten trilling en de overige trillingen. De mate van hoe zeer sprake is van een enkele uitschieter geeft inzicht in de representativiteit van de meting.
 - Representativiteit van de meting in relatie tot weersomstandigheden en treinenbeeld, ook in relatie tot andere perioden in het jaar.

6. **Schadeafhandeling.** In het procesvoorschrift gaan we niet in op de afhandeling van schade. Hiervoor is inzicht nodig in 3 aspecten: (1) de mate waarin de schade door trillingen is veroorzaakt of beïnvloed, (2) de omvang van de schade en (3) de daaruit voortvloeiende herstelkosten. De aspecten (1) en (2) worden in het procesvoorschrift vastgelegd, aspect (3) dient eventueel later te worden bepaald door de deskundige. Het kan nodig zijn dat hiervoor een tweede woningbezoek nodig is, omdat voor een goede vastlegging van de benodigde herstelkosten soms informatie nodig is (bijv. over de wijze van afwerking van de wanden) die niet wordt vastgelegd in het procesvoorschrift.

Advies is om een instructie op te stellen waarin specifiek wordt ingegaan op de afhandeling van schade, en waarin de volgende aspecten worden geadresseerd:

- Kentallen voor kosten van schadeherstel, op basis van schadetypologie (scheurwijdte, scheurlengte) en schadelocatie (type materiaal, type afwerking)
- Dient de schade alleen te worden hersteld (terugbrengen naar oorspronkelijke, ongescheurde situatie), of dient de schade ook te worden voorkomen (constructieve ingrepen)?
- Omgaan met achterstallig onderhoud i.r.t. schadeherstel.

Als er veelvuldig sprake blijkt te zijn van schade door trillingen van spoorverkeer, dan is het zinvol om het procesvoorschrift zodanig uit te breiden dat een tweede bezoek (om de benodigde herstelkosten gedetailleerd vast te leggen) niet meer nodig is. Hiervoor kan eventueel gebruik worden gemaakt van de procedures die hiervoor bij het IMG beschikbaar zijn.



7. **Digitaliseren van opname en rapportage.** Bij het uitvoeren van bouwkundige opnames maken veel bureaus gebruik van gedigitaliseerde systemen. Het huidige procesvoorschrift is een invuldocument wat weliswaar digitaal is, maar minder toegankelijk op een tablet tijdens de opname bijvoorbeeld. In Groningen maakt het IMG gebruik van een applicatie waarin zowel het opnameproces als de beoordeling van schades en de rapportage volledig is geautomatiseerd. Het procesvoorschrift is nu zodanig opgezet dat dit relatief eenvoudig kan worden gedigitaliseerd naar een dergelijke applicatie.

Advies is om, mocht blijken van een sterke toename in het aantal schadeopnames, dit proces in een applicatie op te nemen. Advies is om te kijken of de applicatie van het IMG daartoe bruikbaar is, eventueel met wat aanpassingen.

8. **Meervoudige schadeoorzaken.** Bij het beoordelen van trillingen op de grenswaarde uit de [SBR A 2017] wordt vaak de daar genoemde grenswaarde (behorend bij een 1% overschrijdingskans) als harde grens gehanteerd voor het optreden van schade. Dat is natuurlijk niet zo, bij lagere waarden kan er ook schade optreden, en boven deze waarde is de kans nog steeds erg groot dat er geen schade optreedt.

De natuurkundige mechanismen waardoor schade aan gebouwen door trillingen kunnen ontstaan zijn erg complex. Er is sprake van een samenspel van al bestaande spanningen in de constructie (vanuit de bouw, autonoom gedrag (bijv. krimp, zettingen) en autonome veranderingen (bijv. zettingen door grondwaterstandswijzigingen)) en kortdurende dynamische spanningen (door de trillingen). Daardoor is het erg lastig om schades direct aan optredende trillingen te koppelen. Aan een schadebeeld is bovendien niet te zien dat dit is veroorzaakt door trillingen. [TU Delft 2019] maakt in het kader van de aardbevingsschadeproblematiek in Groningen daarom onderscheid tussen 3 categorieën trillingen:

- A. Trillingen zijn zo laag dat deze geen aantoonbare invloed hebben (kleiner dan 0.5 mm/s) Motivering is dat de trillingen dan minimaal een factor 4 onder de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn vallen. In dat geval zorgen diverse trillingsbronnen binnen of buiten het gebouw (slaan van deuren, lopen, storm, passerende voertuigen) voor vergelijkbare of hogere trillingen, dus schade door treinverkeer is dan in ieder geval niet aanwijsbaar.
- B. Trillingen zijn van zodanige sterkte, dat deze alleen in combinatie met andere belastingen tot schade kunnen leiden. Dit noemt [TU Delft 2019] triggerwerking. Hiervoor wordt geen harde grenswaarde gehanteerd, maar het onderzoek suggereert een waarde tussen de 0.5 en 20 mm/s (bij kwetsbare gebouwen, bij normale gebouwen een factor 2,5 hoger). Motivatie is dat ook een kleine kans (1% bij de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn) kan leiden tot schade. Weliswaar in uitzonderlijke gevallen, maar toch. Uit modelonderzoek van bijvoorbeeld [Korswagen 2022] blijkt dat lichte trillingen een rol kunnen spelen bij het zichtbaar worden van schade (als daar tegelijkertijd een andere, meer dominante schadeoorzaak is). Deze zogenaamde triggerwerking kan een rol spelen in het ontstaan van schade in niet-constructieve afwerkingen, zoals het openen van naden in aansluitingen van niet-constructieve onderdelen. Deze naden hebben vaak een lage sterkte.
- C. Trillingen zijn zo hoog, dat deze al dan niet in combinatie met andere belastingen zelfstandig tot schade kunnen leiden (groter dan 25 mm/s voor kwetsbare gebouwen) Motivatie is vooral op basis van evaluaties van praktijksituaties en modelberekeningen, in dit geval is de kans op schade namelijk zo'n 50 procent. Hiermee zijn trillingen de meest voor de hand liggende oorzaak van de schade, en worden ze bepalend in die zin dat de invloed van de trillingen dominant is ten opzichte van de invloed van andere belastingen (denk aan krimp, zettingen en eigen gewicht).



Op basis van deze categorie-indeling komt [TU Delft 2019] tot een eerste grove indicatie van de toerekenbaarheid van trillingen, met 2 % per mm/s voor gevoelige gebouwen, en 0.8 % per mm/s voor normale gebouwen. Bovenstaande studie is gedaan in het kader van de aardbevingsproblematiek, waar vanuit de omgekeerde bewijslast dient te worden geredeneerd. Vanwege het indicatieve karakter van deze studie is dit niet overgenomen in het procesvoorschrift.

Advies is om de komende jaren de ontwikkelingen vanuit Groningen (model- en praktijkstudies) te blijven volgen en het procesvoorschrift te herijken, mocht daar aanleiding toe zijn of mocht er concrete informatie komen over de toerekenbaarheid van trillingen bij



GEBRUIKTE LITERATUUR

SBR A 2017	SBR richtlijn deel A (2017). <i>Schade aan gebouwen</i> . Stichting Bouwresearch
ACSG 2019	ACSG (2019). <i>Protocol Beschrijving behandeling verzoeken om onderzoek naar schade</i> , AdviesCommissie Schade Grondwater
Boscarding 1989	Boscardin, M. D., and Cording, E. J (1989). <i>Building response to excavation-induced settlement</i> . Journal of Geotechnical Engineering 115
TNO 2011	Borsje, H. & Richemont, S.A.J. de (2011). <i>Methodiek voor onderzoek naar de oorzaak van gebouwschade - versie 2</i> . TNO
TU Delft 2019	van Staalduinen, P. C., Rots, J. G., & Terwel, K. C. (2019). <i>Onderzoek naar de oorzaken van bouwkundige schade in Groningen: Methodologie en case studies ter duiding van de oorzaken</i> . Delft University of Technology
IMG 2023	Instituut Mijnbouwschade Groningen (2023). <i>Methodische verantwoording Programma Uniformeren</i> .
KCAF 2012	Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek (2012), <i>Bomen zijn soms een gevaar voor de fundering en riolering</i>
CGM 2023	Commissie Mijnbouwschade Groningen (2023). <i>Uitgangspunten bij de beoordeling van de effecten van bodembeweging door mijnbouw op schade aan gebouwen</i>
lenW 2022	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022). <i>Beleidslijn kans op schade door spoortrillingen bij aanlegprojecten spoorweginfrastructuur</i>
De Vent 2011	Vent, I.A.E. de (2011). <i>Structural damage in masonry, Developing diagnostic decision support</i> . Delft University of Technology
W+B 2017	Salet, T.A.M. & Bruurs, M.J.A.M. (2017). <i>Schadeonderzoek Groningen Buitengebied</i> . Witteveen+Bos
We-Boost 2023	Boon, P.M. (2023). <i>Notitie onderscheid tussen cosmetische en constructieve schade</i> . We-Boost
Korswagen 2022	Paul A. Korswagen et al (2022). <i>Fragility curves for light damage of clay masonry walls subjected to seismic vibrations</i> , Bulletin of Earthquake Engineering
TNO 2020	Geurts, C.P.W. en A. Roszas (2020). <i>A revision of ProRail's damage-protocol on train induced vibration in the light of new measurement data</i>
Spaargaren 2014	Spaargaren, G.R. (2014), <i>NWO bebouwing op regionale keringen</i>
Deltares 2012	Deltares (2012), <i>SBW-NWO Validatie eenvoudige toets</i>
NIVRE	<i>Richtlijn bouwkundige opname</i> . NIVRE
IMG 2023 2	Instituut Mijnbouwschade Groningen (2023). <i>Werkinstructie 'Schade naar zijn aard geen mijnbouw schade'</i>
SBRCURnet 2017	SBRCURnet (2017), <i>Omgevingsbeïnvloeding inbrengen en trekken van damwanden, praktijkrichtlijn</i>
Korff 2011	Korff, M. & Roggeveld, R.P. (2011), <i>Aanbevelingen voor het ontwerp van bouwkuipen in stedelijke omgeving</i>
CUR166 2012	CUR166 (2012), <i>Damwandconstructies (deel 1 en 2)</i>





BIJLAGE – MEER LEZEN

Deze bijlage bevat een overzicht met documenten of links waar meer informatie is te lezen. Deze bronnen zijn via internet te vinden.

Onderwerp	Meer lezen?
Algemeen	- Vastgoed Taxatiewijzer Bouwgebreken 2023, bevat zo'n 155 veel voorkomende gebreken met herstelwijze en herstelkosten https://www.schadedoormijnbouw.nl/over-het-img/documenten, met veel achtergronddocumenten over schade en schade-afhandeling https://www.commissiemijnbouwschade.nl/documenten, met veel achtergronddocumenten over schade en grenswaarden https://mdcs.monumentenkenis.nl/damageatlas, met een focus op monumenten, maar een handig hulpmiddel om schades te classificeren en meer te lezen over oorzaken - TU Delft Onderzoek naar de oorzaken van bouwkundige schade in Groningen Methodologie en case studies ter duiding van de oorzaken: https://d1rkab7lqy5fl.cloudfront.net/News/2018/07_Juli/TU%20Delft/Onderzoek%20oorzaken%20bouwkundige%20schade%20Groningen%20-%20TU%20Delft%20CITGCM-2018-01%2011%20juli%202018.pdf
Steenconstructies	CUR Aanbeveling 82: 2001 "Beheersing van scheurvorming in steenconstructies"
Lateien	https://www.joostdevree.nl/shtmls/latei.shtml https://www.scaldex.nl/producten https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgl/latei_11_ https://www.vebo.nl/wp-content/uploads/Vebo-verwerkingsadvies-Beton-Zelfdragende-baksteen-betonlateien-1.pdf https://www.vebo.nl/wp-content/uploads/Vebo-verwerkingsadvies-Staal-lateien.pdf https://nehobo.nl/technische-gegevens-stalton-lateien/ https://www.bouwproducten.nl/resources/upload/67s2bdf-Silka_plus_Lateien.pdf https://www.calduran.be/producten/lateien/ - NEN-EN 1996 2+NB (01-01-2011) N1 Ontwerp bepalingen Latei oplettingen en dilataties
Houten kozijnen	https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgk/kruisvenster_8_500_jaar_houten_kozijnen_www_nbvt_nl.pdf
Beglazing	Overzicht van glasbreuk oorzaken: http://www.hamglas.nl/wp-content/uploads/Glasbreuk_Info.pdf
Bijzondere belastingen	NEN-EN 1991-1-7:2006+A1:2014+NB:2019 "Stootbelastingen en ontploffingen"
Algemene belastingen	NEN-EN 1991-1-1+C11:2019/NB:2019 "Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen"
Thermische werking	- dilatatievoeg_15_brochure_06-02_dilataties_knb_b12_www_knb-baksteen_nl.pdf - dilatatievoeg_19_ontwerprichtlijnen_baksteen_in_buitengevels_knb.pdf https://www.wienerberger.nl/informatie/gevel/dilataties-metselwerk.html - knb_infoblad_27_uitzettingsco_ffici_nt_baksteenmetselwerk.pdf (knb-keramiek.nl) - knb_info_36_dilataties_op_gebouwhoeken.pdf (vandijkgevelsteen.nl) - W+B 2017 https://www.knb-keramiek.nl/media/36064/knb_infoblad_27_uitzettingsco_ffici_nt_baksteenmetselwerk.pdf



Werking van houten constructie-onderdelen	• https://www.houtinfo.nl/hout/hout-en-vocht • https://www.houtinfo.nl/sites/default/files/Hout_Hygroscopische_eigenschappen_de_c2013_0.pdf • https://www.houtinfobois.be/nl/technische-informatie/de-materialen/water-en-hout/ • “AB.B3_7. Sorptie-isothermen voor vuren en grenen” overgenomen uit de technische houtdocumentatie een publicatie uit 1994. • Timber Engineering Step 1: Basis of design, material properties, structural components and joints – Centrum Hout, 1995 • Inleiding tot het vak Houtconstructies 3 - Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)
Drogings- en uithardingskrimp	• Waaier 'Schade aan steenachtige materialen'.pdf (stichtingerm.nl) • https://www.betonlexicon.nl • Stichting Afbouwkeur - Hoe verschillende droogtijden elkaar in de weg (kunnen) zitten • BW-Gipsboek-A5-280306B.indd www.nl.gips.de/nbvg/publicat • 609095 ccc Scheurvorming door drogingskrimp – Handboek Gevelisolatie • www.febecel.be • 112-richtlijn-voor-het-aanbrengen-van-glad-of-gespaand-decoratief-stukadoorswerk.pdf (noa.nl) • 12-verwerkingsrichtlijn-voor-het-aanbrengen-van-gipsgebonden-pleistersysteem-op-kalkzandsteen-lijmblokken-en-lijmelementen.pdf (noa.nl) • Bedrijfschap Afbouw: “Het (Dek)vloerenboek – achtergronden, systemen en aandachtspunten voor in het werk vervaardigde (dek)vloeren”; C.A. van der Steen; 2010 • NEN 2741 “In het werk vervaardigde vloeren – Kwaliteit en uitvoering van cementgebonden dekvloeren”: 2011 • NEN 2742 “In het werk vervaardigde vloeren – Zwevende dekvloeren”: 2007
Corrosie	• 96_KOMO_Attest_met_Productcertificaat_Murfor_2028018_12_7cbb.pdf (bmnl.nl) • NEN-EN 845-3:2013+A1:2016 “Lintvoegwapening van staal” • https://www.betoniek.nl/betoniek-standaard-16-24-carbonatatie-onder-de-loep • https://www.heukerbeheer.nl/kwaaitaalvloeren.html • https://www.homekeur.nl/latei-rollaag/
Bomen en wortelgroei	• KCAF: “Bomen zijn soms een gevaar voor de fundering en de riolering”
Zettingsschade	• CURNET/SBR: “Handboek funderingsherstel op palen en op staal”. • SBRCURnet: “Onderzoek en beoordeling van fundering op staal (ondiepe funderingen)”. • Nienhuys: “Duurzaam herstel en versterking van woningen in Groningen”, hoofdstuk 4. • BGGG/WTCB: Proceedings, Workshop “Schade bij funderingen op kleigronden”. • KCAF: “Richtlijn funderingen onder gebouwen (officiële presentatie 22-11-2022)





BIJLAGE – SCHADES NIET DOOR TRILLINGEN

Deze bijlage bevat een overzicht met de schades die niet door trillingen van treinverkeer kunnen zijn veroorzaakt. Een deel van de schades wordt niet opgenomen, een ander deel dient wel te worden opgenomen t.b.v. een eventuele toekomstige na-opname, maar hoeft verder niet te worden verklaard omdat de oorzaak duidelijk is, of in ieder geval redelijkerwijs niet aan trillingen door treinverkeer kan worden toegeschreven.

II.1 SCHADES DIE NIET WORDEN OPGENOMEN

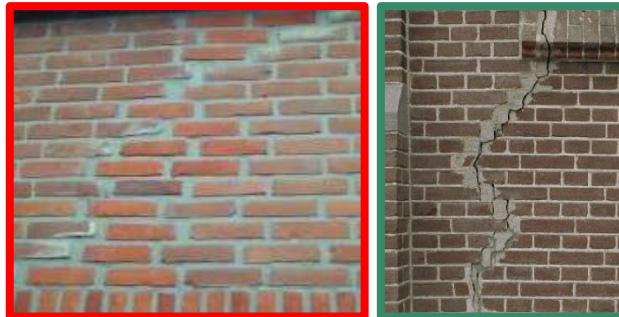
De volgende schades hoeven niet te worden opgenomen, met rechts foto's (**rood** omkaderd voorbeelden van wat niet moet worden opgenomen, **groen** omkaderd voorbeelden van wat wel moet worden opgenomen). Een deel van de foto's is overgenomen uit [IMG 2023].

Onregelmatigheid in de onderlaag/ondergrond, tenzij gebrek (deels) zichtbaar is. Denk aan oneffenheid achter behang/schilderwerk; tenzij het een achterliggende (verborgen) scheur kan zijn. Oorzaak is mechanische schade (stoten), onjuist aanbrengen van behang of geen goede voorbehandeling van de ondergrond.



Reparaties aan beschadigingen, zoals een dichtgesmeerde scheur die niet opnieuw is gescheurd, of opnieuw gevoegd metselwerk.

In de foto's links een scheur die niet hoeft te worden opgenomen, rechts een scheur die opnieuw is gescheurd en wel dient te worden opgenomen.



Witte uitslag op metselwerk, zonder dat (zout-)kristallen met het blote oog waarneembaar zijn



Naden tussen aansluiting onderliggende constructie-onderdelen. Denk aan aansluitingen tussen kozijnen onderling of tussen kozijn en aftimmering of stucwerk. Tenzij het een onbedoelde (gescheurde) naad is.



Gebrekkig of gescheurd **schilderwerk** wordt niet opgenomen, tenzij dit direct verband houdt met een schade. Denk hierbij ook aan blaasvorming in het schilderwerk.



Grindnesten in beton, dit is een afwijking tijdens het proces van beton storten, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Verkleuring of vlekvorming, bijvoorbeeld door schimmels of vochtdoorslag



Craquelé in tegel- of stucwerk is een afwijking die is veroorzaakt tijdens het productieproces van tegels, of door veroudering van tegel- of stucwerk.



Schade aan zachte of losliggende vloerafwerking wordt veroorzaakt door contact met vloeistoffen, licht of materialen die een chemische reactie veroorzaken.



Loslatend behang wordt niet opgenomen, tenzij dit direct verband houdt met een schade.



II.2 SCHADES DIE NIET DOOR TRILLINGEN ZIJN VEROORZAAKT

Een deel van de schades wordt wel opgenomen t.b.v. een eventuele na-opname, maar voor deze schades hoeft geen oorzaak te worden aangewezen. Het betreft schades die verklaarbaar zijn vanuit een overduidelijke oorzaak, en waarin de trillingen van treinverkeer geen (relevante) rol kunnen hebben gespeeld.

Afgesprongen schilfers. De oorzaak hiervan is vorstschade, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Verweerd voegwerk of algenaanslag. De oorzaak hiervan is weersinvloed, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



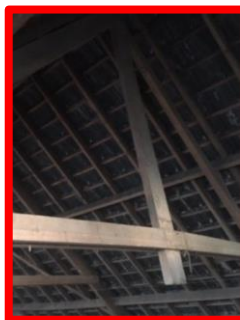
Bakscheuren. Deze zijn tijdens het bakproces in het metselwerk gekomen, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Zichtbare **corrosie van metalen.** Dit is een natuurlijk proces voor metalen, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Doorbuigen, kromtrekken, scheuren of barsten van vloer- of dakbalken. Dit is een natuurlijk proces voor houten balken onder invloed van het eigen gewicht en de belasting, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Onthechtend kitwerk, kitwerk verouderd standaard en dient eens in de zoveel tijd te worden vervangen. Onthechting heeft vaak te maken met niet goed voorbehandelen van de ondergrond, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen bijdrage aan hebben geleverd.



Thermische scheurvorming in beglazing (glasbreuk) begint vaak aan de randen, en loopt dan via een Y- of zigzagvorm door het glas. Komt vooral voor in gehard glas, en wordt veroorzaakt door te grote temperatuurschommelingen.



Lekkage in dubbele beglazing

komt vooral door veroudering, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen relevante bijdrage aan hebben geleverd.

**Mechanische schade is**

veroorzaakt door de impact van een voorwerp tegen de constructie, niet door trillingen van treinverkeer.

**Lekkage van daken, goten of loodslabben**

wordt veroorzaakt door veroudering of slecht aanbrengen, trillingen van treinverkeer kunnen hier geen relevante bijdrage aan hebben geleverd.

