

Instituut Mijnbouwschade Groningen



Titel	Richtlijn beoordeling schade aan terreinverharding in relatie tot bodembeweging door gaswinning
Auteur	Ir. J. H. van Dalen
Documenttype	Richtlijn
Datum en Versie	14-02-2022

Richtlijn beoordeling schade aan terreinverharding in relatie tot bodembeweging door gaswinning

door: ir. J.H. van Dalen

versie 14 februari 2022

Inleiding

IMG heeft gevraagd om een concept richtlijn op te stellen voor de beoordeling van schades aan terreinverharding, in relatie tot bodembeweging door gaswinning.

Van belang is dat het een praktisch uitvoerbare richtlijn moet zijn, waarmee op basis van duidelijke criteria tot een heldere conclusie kan worden gekomen. In de uitwerking is er naar gestreefd in de beoordeling recht te kunnen doen aan de relatie tussen de kosten van onderzoek en de kosten van herstel van de schade.

Voor dit type schades is het wettelijk bewijsvermoeden van toepassing. Dat betekent dat alleen aangenomen kan worden dat een schade niet in causaal verband staat met bodembeweging door mijnbouwactiviteiten, indien een andere oorzaak aantoonbaar zeer waarschijnlijk is en het bovendien zeer onwaarschijnlijk is dat trillingen door bodembeweging de schade zouden hebben veroorzaakt of verergerd.

Bij wijze van voorbeeld is tevens een case aangereikt van een gedeeltelijk verzakt terras bij een woning, genoemd 'schade 38'.

Typen verhardingsconstructies

Verharding op particulier terrein kan verschillende doelen hebben. Er kan sprake zijn van een verharding die tot doel heeft verkeer mogelijk te maken, waarbij het type verkeer kan variëren van voetgangers (bijvoorbeeld een betegeld pad door een tuin) tot zware landbouwvoertuigen (bv. een weg op eigen terrein). Er kan ook sprake zijn van een terras waarop zich voornamelijk personen en tuinmeubilair bevinden.

Het type verharding kan bestaan uit asfalt, of uit losse naast elkaar geplaatste elementen zoals betonplaten, terrastegels of straatstenen.

Verhardingsconstructies zijn over het algemeen aangebracht op een funderingslaag, bestaande uit zand en/of grof granulair materiaal. Deze funderingslaag rust vervolgens direct op de ondergrond. Er bestaan echter ook dieper gefundeerde verhardingsconstructies, zoals bijvoorbeeld een onderheid terras. Dergelijke verhardingsconstructies zijn hier niet beschouwd.

Mogelijke schadeoorzaken

Enkele typische schadebeelden zijn:

- Ontstane ruimte tussen de elementen aan de randen van een elementenverharding als gevolg van horizontale verschuiving van elementen. Dit type schade is het gevolg van onvoldoende randopsluiting van de verhardingselementen of een aflopend maaiveld naast de verharding. Bodembeweging door gaswinning kan dit niet veroorzaken.

Scheurvorming in de verharding. Deze kan het gevolg zijn van lokale overbelasting, bijvoorbeeld door een puntlast. Veel voorkomende voorbeelden daarvan zijn een (tijdelijke) steiger die nabij de gevel van een gebouw wordt geplaatst (ten behoeve van bijvoorbeeld onderhoud), of een vallend zwaar voorwerp. Ook grote lokale zettingsverschillen kunnen aanleiding hebben gegeven tot scheurvorming. Dit kan het geval zijn indien sprake is van asfalt, maar ook als het gaat om een verharding, opgebouwd uit elementen die relatief groot zijn. Als richtlijn kan worden aangehouden dat de elementen in de richting loodrecht op de scheur tenminste circa 0,5 m groot moeten zijn. Als kleinere stenen gescheurd zijn, kan dat alleen zijn veroorzaakt door de reeds genoemde lokale overbelasting.

- De vlakheid van de verharding is aangetast door opvriezen. Dit is een reële

schadeoorzaak indien de schade zou kunnen zijn ontstaan in een strenge winter, terwijl de grondwaterstand zich minder dan 0,2 m onder de verharding heeft bevonden. Vorstindringing dieper dan de genoemde waarde komt alleen voor in zeer strenge winters en die komen weinig in Nederland voor.

- De vlakheid van de verharding is aangetast door zettingsverschillen. Er is schade indien deze zettingsverschillen hebben geleid tot zichtbare en meetbare niveaoverschillen over het oppervlak van de verharding, die bovendien van dusdanige aard zijn dat de bruikbaarheid in het geding is.

Allereerst moet worden vastgesteld of er sprake is van schade die is gerelateerd aan zettingsgedrag. Schades die daar niet aan gerelateerd zijn dienen separaat te worden beoordeeld, doch aannemelijk is dat in vrijwel alle gevallen zal kunnen worden uitgesloten dat deze door trillingen zouden zijn veroorzaakt.

Zettingen en zettingsverschillen kunnen in principe veroorzaakt zijn door de volgende oorzaken:

1. Belastingen door het gebruik van de verharding. Deze oorzaak moet leiden tot verschillen in waargenomen zetting. Enkele voorbeelden:
 - Regelmatig op dezelfde plaats geparkeerde voertuigen
 - Al dan niet tijdelijke opslag van materialen
 - Eenmalige hoge belastingen zoals de wiellast van een vrachtauto tijdens een verhuizing of het steunpunt van een tijdelijke steiger langs een gevel
2. Trillingen door het gebruik van de verharding, die leidt tot verdichting van de funderingslaag direct onder de verharding. Enkele voorbeelden:
 - Spoorvorming door verkeer
 - Trillingen door op de verharding opgestelde machines
3. Verhoging bovenbelasting / ophoging voorafgaand aan het aanbrengen van de verharding
4. Verschillen in grondopbouw onder de verharding, bijvoorbeeld ontstaan als gevolg van de aanleg van leidingen of andere lokaal onder de verharding aanwezige constructies
5. Grondwaterstandswijzigingen
6. Trillingen door bouwwerkzaamheden in de omgeving
7. Trillingen door bodembeweging

Oorzaken 1 en 2 houden direct verband met het gebruik en kunnen deels het gevolg zijn van onjuiste aanleg. Oorzaken 3 en 4 komen voort uit onjuiste aanleg, waarbij het in geval van oorzaak 4 lastig kan zijn om aan te tonen dat trillingen door gaswinning niet zouden hebben bijgedragen aan de schade. Oorzaken 5 t/m 7 houden verband met omstandigheden ter plaatse, waarbij uitsluitend 7 voortkomt uit de aardgaswinning. Met name oorzaken 1 t/m 3 zijn er de reden van dat verhardingsconstructies, ook zonder aardgaswinning, veelal onderhoud behoeven.

Aanpak

Betreffende de relatie tussen trillingen door bodembeweging en zetting voor gevallen waarin het bewijsvermoeden van toepassing is, is eerder op basis van de NPR9998:2020 een relatie afgeleid voor op staal gefundeerde constructies [lit 1]. Daar kan in dit geval gebruik

van worden gemaakt omdat de situatie zeer vergelijkbaar is. Tevens zijn voor specifiek dit type constructies separaat drempelwaarden vastgesteld [lit.6].

Als eenmaal is vastgesteld dat er zettingen zijn opgetreden, is het allereerst van belang vast te stellen of deze van dusdanige aard zijn dat er ook sprake is van schade. Bij de aanleg van straatwerk is het gangbaar zeer strenge regels te hanteren als criterium. Afhankelijk van de situatie volgens [3] en [4] varieert de maximale afwijking in hoogteligging bij aanleg van 3 tot 7 mm per 3 m horizontaal gemeten afstand. Het is echter zeer de vraag of dergelijke strenge regels bij de aanleg op particulier terrein zijn gehanteerd en bovendien ontstaan normaliter in de tijd aanzienlijk grotere afwijkingen door natuurlijke oorzaken. Om die reden dient te worden uitgegaan van eisen die samenhangen met het gebruik van de verharding. Conform het gestelde in [5] dient vanuit bruikbaarheid voor alle vloeren tenminste te worden voldaan aan een maximale afwijking van 19,5 mm gemeten over een afstand van 1 m. Hierbij moet het gaan om een afwijking ten opzichte van het aangelegde afschot, zoals weergegeven in figuur 1.

Als vervolgstap wordt geadviseerd na te gaan of op voorhand duidelijk is sprake is van één van de oorzaken, hierboven genoemd onder de punten 1 t/m 6. Zeker schade die het gevolg is van de punten 1, 2 of 3 is vaak direct aanwijsbaar en kan nooit het gevolg zijn van bodembeweging door aardgaswinning.

Vervolgens dient aan de hand van de rekentool voor trillingen te worden beoordeeld wat de maximale trillingssnelheid door bodembeweging, met een overschrijdingskans van 1%, is geweest in de periode dat de schade is ontstaan:

- Indien de maximale trillingssnelheid niet aantoonbaar lager is geweest dan 100 mm/s kan, ongeacht de grondsoort, bodembeweging als oorzaak niet worden uitgesloten.
- Als de trillingssnelheid aantoonbaar nooit hoger is geweest dan 25 mm/s, staat vrijwel vast dat de trillingen door bodembeweging geen invloed kunnen hebben gehad op de zetting.
- Indien de maximale trillingssnelheid tussen 25 en 100 mm/s heeft gelegen is het zinvol de grondopbouw nader te onderzoeken en na te gaan of er sprake is van één of meerdere verdichtingsgevoelige grondlagen. Onderzoek naar verdichtingsgevoeligheid voor dit doel, is beschreven in bijlage D van [lit 2]. In principe is deze beoordeling specialistenwerk, echter op basis van het gestelde in [lit 2] kan een relatief eenvoudige methode worden afgeleid om een eerste indeling te maken voor gevallen waarin zeker wél en zeker géén sprake is van verdichtingsgevoeligheid van de ondergrond. In onderstaand stappenplan is beschreven hoe dit te doen op basis van een ter plekke uit te voeren handboring en een sondering. Dit kan leiden tot de volgende conclusies:
 - Indien er geen sprake blijkt van een verdichtingsgevoelige ondergrond kan bodembeweging als oorzaak worden uitgesloten.
 - Indien wel tenminste één verdichtingsgevoelige laag wordt gevonden en de maximale trillingssnelheid was hoger dan 40 mm/s is trilling door bodembeweging als oorzaak niet uit te sluiten.
 - Indien wel tenminste één verdichtingsgevoelige laag wordt gevonden en het maximale trillingsniveau heeft gelegen tussen 25 en 40 mm/s is trilling door bodembeweging als oorzaak minder waarschijnlijk, maar niet op voorhand volledig uit te sluiten. Dat betekent dat de waarschijnlijkheid van deze oorzaak moet worden afgewogen tegen andere mogelijke oorzaken. Een eenvoudig te onderzoeken potentiële oorzaak in dat geval is of de funderingslaag onder de verharding voldoende in staat is de belasting op de verharding te spreiden. Indien dat aantoonbaar niet het geval is, kan trilling door bodembeweging worden uitgesloten. Indien deze oorzaak niet van toepassing is, kan worden overwogen verder te zoeken naar andere oorzaken, waarbij het resultaat van de handboring en de sondering alsnog worden beoordeeld door een

specialist. Of het reëel is die stap te zetten zou afhankelijk kunnen worden gesteld van de kosten die daarmee zijn gemoeid, in relatie tot de kosten van herstel.

- De verdichtingsgevoeligheid van de ondergrond is niet met zekerheid vast te stellen. In dat geval kan ervoor worden gekozen het resultaat van de handboring en de sondering alsnog te laten beoordelen door een specialist. De beslissing om die stap te zetten zou ook in dit geval afhankelijk kunnen worden gesteld van de kosten die daarmee zijn gemoeid, in relatie tot de kosten van herstel.

In de bijlage is een stappenplan voor de beoordeling van de schade opgenomen.

Literatuur

1. Ir. P.C. van Staalduinen en Ing. H.J. Everts “Over de invloed van trillingen door bevingen op zettingen van gebouwen”; Versie 23 oktober 2020
2. NPR9998:2020
3. BRL 9334 d.d.24-11-2014 Beoordelingsrichtlijn voor straatwerk
4. Standaard RAW Bepalingen 2015
5. NEN 2747:2001 nl
6. Ir. P.C. van Staalduinen en Ir. J.H. van Dalen “Overwegingen bij de drempelwaarden voor trillingen bij schade aan verhardingen en grafmonumenten”; Versie 20 augustus 2021

Bijlage: Stappenplan

Zie bij onderstaande beschrijving ook het stroomschema in figuur 2.

Voorbereiding:

Er dient te worden vastgesteld:

- Waar de schade uit bestaat.
- Op welk tijdstip de verharding is aangelegd.
- Op welk tijdstip er met zekerheid nog geen schade was en op welk tijdstip de schade voor het eerst is geconstateerd, zodat duidelijk wordt in welke periode de schade is ontstaan.
- Hoe de verharding wordt gebruikt: Indien er bijvoorbeeld sprake is van verkeer: Welk type voertuigen passeert er?

Stap 1

Aan de hand van de daarvoor beschikbare rekentool dient de maximale trillingsnelheid als gevolg van bodembeweging door aardgaswinning met 1% overschrijdingskans als functie van de tijd te worden vastgesteld. Voor de periode waarin de schade is ontstaan, wordt vastgesteld wat de hoogste trillingsnelheid is geweest. Indien deze kleiner is geweest dan 25 mm/s kan bodembeweging door gaswinning als oorzaak worden uitgesloten; het onderzoek is afgerond.

Stap 2

Bij deze stap wordt vastgesteld of er daadwerkelijk sprake is van aan zetting gerelateerde schade. Als hiervan sprake is, bestaat de schade uit (lokale) afwijkingen in de vlakheid.

Hulpmiddelen om afwijkingen vast te stellen zijn een rechte lat en een waterpas. Bij de beoordeling dient te worden bedacht dat verharding vanwege afwatering vrijwel altijd met afschot wordt aangelegd (circa 1,5 tot 4 cm per meter), dus een dergelijk afschot is geen schade. De afwijking als gevolg van zetting dient te worden bepaald conform figuur 1. Als over een afstand van 1 m een afwijking wordt vastgesteld van 20 mm of meer, is sprake van schade.

Als er geen sprake is van zettingschade wordt doorgegaan met stap 3. Als daar wel sprake van is, met stap 4.

Stap 3

Indien er geen sprake van is dat de schade aan zetting gerelateerd is, zal er nader onderzoek moeten plaatsvinden naar de oorzaak. Voorbeelden zijn:

- Scheurvorming in verhardingselementen als gevolg van eerdere lokale overbelasting.
- Horizontale verschuiving van elementen als gevolg van onvoldoende randopsluiting van de verhardingselementen of een aflopend maaiveld naast de verharding.

In de meeste van dergelijke gevallen zal de conclusie zijn dat er geen verband is met aardgaswinning.

Stap 4

Als er sprake is van zettingsverschillen moet worden beoordeeld of deze het gevolg is van gebruik. Veel voorkomende oorzaken van zettingsverschillen door gebruik:

- Grotere zetting ter plaatse van regelmatig op dezelfde plaats geparkeerde voertuigen.
- Grotere zetting ter plaatse van locaties waar opslag van materialen heeft plaatsgevonden.
- Eenmalige overbelasting, zoals de wiellast van een vrachtauto tijdens een verhuizing of het steunpunt van een tijdelijke steiger langs een gevel.

- Spoorvorming door verkeer.
- Lokaal grotere zetting door trillingen uit op de verharding opgestelde machines.

Als de schade direct kan worden gerelateerd aan één van bovenstaande oorzaken kan gaswinning als oorzaak worden uitgesloten. Het onderzoek is daarmee afgerond.

Stap 5

De in stap 1 vastgestelde hoogste trillingssnelheid in de periode waarin de schade is ontstaan, wordt opnieuw gebruikt:

- Indien >100 mm/s:
Bodembeweging door gaswinning kan als oorzaak niet worden uitgesloten; het onderzoek is afgerond.
- Indien <25 mm/s:
In dat geval is bodembeweging door gaswinning als oorzaak al eerder (bij stap 1) uitgesloten; het onderzoek is al afgerond.
- Indien deze ligt tussen 25 en 100 mm/s wordt er vervolgd met stap 6.

Stap 6

Er moet onderzoek worden uitgevoerd naar de aard van de ondergrond. Hierbij wordt, zo dicht mogelijk bij de locatie met de grootste zetting, zo mogelijk door het lichten van één of meer tegels, allereerst een handboring uitgevoerd tot een diepte van 5 m. Hierbij:

- Wordt nagegaan wat de dikte en samenstelling van de funderingslaag is ten behoeve van stap 8.
- Het niveau van de aangetroffen grondwaterstand t.o.v. maaiveld wordt geregistreerd.
- Er worden een beschrijving en foto's gemaakt van de aangetroffen grondsoorten.
- Er wordt vastgesteld of er onder de funderingslaag, tot een diepte van 5 m één of meerdere zandlagen worden aangetroffen met een dikte van ten minste 0,1 m. De funderingslaag wordt hierbij niet meegerekend.

Indien een dergelijke zandlaag aanwezig is, wordt tevens op korte afstand (ca. 0,5 m) van de handboring een (hand)sondering uitgevoerd om de conusweerstand te meten in de aangetroffen zandlaag of -lagen.

Op basis van de gemeten conusweerstand wordt vastgesteld of de zandlaag verdichtingsgevoelig is. Hiertoe wordt de gemiddelde waarde van de gemeten conusweerstand in de betreffende zandlaag bepaald, over hoogtes van telkens 10 cm. Dat betekent dus dat een zandlaag van bijvoorbeeld 50 cm hoogte, 5 gemiddelde waarden oplevert. De laagste van de aldus verkregen gemiddelde waarden noemen we $q_{c;d}$ en deze wordt gebruikt voor de verdere beoordeling.

- Indien $q_{c;d}$ groter is dan 13,5 MPa staat vast dat er geen sprake is van verdichtingsgevoeligheid.
- Indien $q_{c;d}$ kleiner is dan 5 MPa, is er met zekerheid wel sprake van verdichtingsgevoeligheid.
- Voor tussenliggende waarden (dus indien $5 \text{ MPa} \leq q_c \leq 13,5 \text{ MPa}$) kan niet op voorhand worden uitgesloten dat sprake is van een verdichtingsgevoelige laag.

In het laatstgenoemde geval kan een uitgebreider onderzoek naar de verdichtingsgevoeligheid worden uitgevoerd door specialisten. Dit laatste geschiedt aan de hand van de theorie in NPR9998:2020, bijlage D. Afhankelijk van de hoogte van het schadebedrag zou er echter voor kunnen worden gekozen om aan te nemen dat wel sprake is van verdichtingsgevoeligheid.

Als geen verdichtingsgevoelige zandlaag is aangetroffen staat vast dat aardgaswinning geen invloed kan hebben gehad op de schade. Het onderzoek is afgerond. Indien wel tenminste één verdichtingsgevoelige zandlaag is gevonden, wordt verder gegaan met stap 7.

Stap 7

De bij stap 1 gevonden maximale trillingsnelheid wordt opnieuw gebruikt. Indien deze ≥ 40 mm/s, luidt de conclusie dat niet kan worden uitgesloten dat aardgaswinning de schade heeft veroorzaakt of verergerd. Het onderzoek is afgerond.

Indien de trillingssnelheid < 40 mm/s (maar > 25 mm/s) is de kans op schade door gaswinning zeer klein en moet een afweging worden gemaakt tussen mogelijke andere oorzaken en de trillingen. Er wordt doorgedaan met stap 8.

Stap 8

Veel schade ontstaat door een funderingslaag onder de verharding, die onvoldoende in staat is de belasting uit de verharding te spreiden. In deze stap wordt nagegaan of het realistisch is te veronderstellen dat de funderingslaag onder de verharding een schadeoorzaak kan zijn.

Hiertoe wordt gecontroleerd of er een funderingslaag aanwezig is en zo ja, of deze voldoende dikte heeft. Er dient een funderingslaag aanwezig te zijn bestaande uit zand en/of grof granulaair materiaal. De minimale dikte van deze laag, aanwezig direct onder de verharding moet zijn:

- Voor terrassen en/of voetpaden: tenminste 50 mm
- Voor wegen waarover personervoertuigen passeren tenminste 120 mm
- Voor wegen waarover zwaar verkeer (b.v. landbouwvoertuigen en vrachtauto's) passeren tenminste 200 mm

Indien niet aan deze waarden wordt voldaan kan bodembeweging door gaswinning als oorzaak worden uitgesloten, omdat er een duidelijk aanwijsbare andere oorzaak is met een veel hogere waarschijnlijkheid dan trillingen. Hiermee is het onderzoek afgerond.

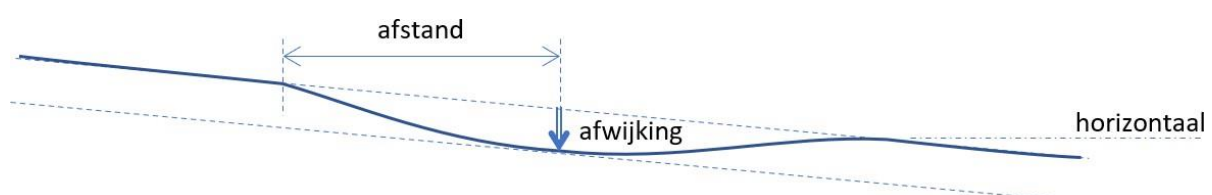
Indien wel aan deze waarden wordt voldaan, wordt overgegaan naar stap 9.

Stap 9

In deze stap kan aanvullend onderzoek plaatsvinden naar alternatieve oorzaken. Het benodigde onderzoek zal in dat geval meestal tenminste bestaan uit een aanvullende beschouwing van het grondonderzoek, onderzoek naar grondwaterstanden en analyse van de kans op zettingen door overige oorzaken, zoals ophoging van het terrein vóór aanleg van de verharding. In sommige gevallen zal door deze stap bodembeweging door gaswinning als oorzaak kunnen worden uitgesloten, omdat er een duidelijk aanwijsbare andere oorzaak blijkt te zijn met een veel hogere waarschijnlijkheid. Anderzijds zal dat in veel gevallen niet mogelijk blijken en dan zal de conclusie luiden dat bodembeweging door gaswinning niet als oorzaak kan worden uitgesloten.

Voorgesteld wordt het al dan niet uitvoeren van stap 9 te laten afhangen van het schadebedrag en de kans op aantoonbaar maken van een andere oorzaak.

Figuur 1: Meetwijze afwijking bij onder afschot aangelegde weg



Figuur 1: Stroomschema

